

Angielsko-polski i polsko-angielski
słownik terminologii membranowej z wyjaśnieniami

English-Polish and Polish-English
Explanatory Dictionary of Membrane Terminology

Polskie Towarzystwo Membranowe
2020

Angielsko-polski i polsko-angielski
słownik terminologii membranowej z wyjaśnieniami

English-Polish and Polish-English
Explanatory Dictionary of Membrane Terminology

Praca zbiorowa pod redakcją:

Aleksandry Wolińskiej-Grabczyk,
Marii Tomaszewskiej
i Wojciecha Kujawskiego

Polskie Towarzystwo Membranowe
2020

Wprowadzenie

Niniejsze opracowanie powstało na podstawie terminologii angielskiej opublikowanej, w oparciu o prace komisji ds. nomenklatury membranowej, jako zalecenia IUPAC w 1996 [1]. Pierwsza pozycja obejmująca nazewnictwo polskie w tej dziedzinie, przygotowana pod kierunkiem prof. Anny Narębskiej, ukazała się już w 1991 [2]. Pomimo, że zawarte w tej pracy podstawowe terminy dotyczące membran i procesów membranowych są nadal aktualne, zaistniała konieczność ich uzupełnienia. Wynika to przede wszystkim z faktu, że techniki membranowe rozwijają się niezwykle dynamicznie, zarówno w zakresie nowych materiałów membranowych, konstrukcji modułów, jak i nowych procesów membranowych. Jednocześnie obserwuje się coraz powszechniejsze zastosowanie tych technik w przemyśle. To stwarza potrzebę uporządkowania i ujednoczenia pojęć, a także wprowadzenia nowych terminów w miejsce używanych potocznie określeń anglojęzycznych.

Tekst zawiera zalecane nazewnictwo polskie oraz definicje dotyczące podstawowych pojęć z zakresu nauk podstawowych, technologii oraz aspektów praktycznych w dziedzinie membranologii. W tekście zachowana została zasadniczo większość sformułowanych wcześniej definicji [2], chociaż czasami zmodyfikowanych zgodnie z obowiązującymi obecnie zaleceniami. W przypadku niektórych nowych terminów odstąpiono od dosłownego tłumaczenia terminów angielskich i zaproponowano polskie odpowiedniki. Zawarte w pracy hasła, a szczególnie podane ich wyjaśnienia nie wyczerpują wiedzy w tej tematyce. Zainteresowanych odsyłamy do odpowiednich opracowań encyklopedycznych [3-4], pozycji książkowych [5-9] lub literatury specjalistycznej.

Obecny słownik terminologii membranowej powstał jako efekt zbiorowej pracy wymienionych autorów, jednak specjalne podziękowania należą się prof. Sylwii Mozia oraz prof. Stanisławowi Koterowi za ich pomoc oraz wyczerpujące dyskusje związane z definiowaniem pojęć, a także za wysiłek włożony w końcową korektę.

Aleksandra Wolińska-Grabczyk

Literatura

1. W.J. Koros, Y.H. Ma, and T. Shimidzu, *Terminology for membranes and membrane processes* Pure & Appl. Chem., Vol. **68**, No. 7, pp. 1479–1489, 1996. □□IUPAC 1996. doi: 10.1351/pac199668071479.
2. A. Narębska, T. Winnicki, M. Bodzek, N. Chlubek, E. Buczyło, W. Trochimczuk, W. Kujawski, Membrany i techniki membranowe. Nazewnictwo polskie. Polimery, 36 (1991) 158-162
3. Encyclopedia of Membranes (red. E. Drioli i L. Giorno), Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG, Berlin, Germany, 2016
4. Encyclopedia of Membrane Science and Technology (red. E. M. V. Hoek i V. V. Tarabara), John Wiley and Sons Ltd, Hoboken, United States, 2013

5. J. Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, wyd. 2, Springer, Dordrecht, Netherlands, 1996
6. R. W. Baker, Membrane Technology and Applications, wyd. 3, John Wiley and Sons Ltd, Hoboken, United States, 2012
7. M. Cheryan, Ultrafiltration and Microfiltration Handbook, wyd. 2, CRC Press, USA, 1998
8. A. I. Schäfer, A. G. Fane, Thomas D. Waite, Nanofiltration. Principles and applications, Elsevier Science and Technology, Oxford, United Kingdom, 2004
9. Electrodialysis and Water Reuse: Novel Approaches (red. A. Moura Bernardes, M. A. Siqueira Rodrigues, J. Zoppas Ferreira, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG, Berlin, Germany, 2014

Przedmowa do wydania drugiego

Pierwsze wydanie „Angielsko-polskiego i polsko-angielskiego słownika terminologii membranowej z wyjaśnieniami”, z 2017 r. spotkało się z dużym zainteresowaniem i stało się podstawą do opracowania drugiego wydania słownika. Ciągły rozwój membranologii, obejmującej zarówno otrzymywanie membran z nowych materiałów, modyfikacje właściwości membran jak i możliwości coraz szerszego ich wykorzystania w nowatorskich rozwiązaniach technologicznych narzuca konieczność ciągłej weryfikacji i uzupełniania słownika. Nowe opracowanie zostało wzbogacone w nowe hasła. Niektóre hasła z pierwszego wydania zostały nieco zmodyfikowane. Podobnie jak poprzednio, podane wyjaśnienia terminów zwracają uwagę, czego dotyczy dane hasło. Nie wyczerpują wiedzy, stanowią jedynie wskazówkę do dalszych studiów. Zwracam się z apelem do wszystkich, aby stosowali podaną polską terminologię, co przyczyni się do poprawności i ujednolicenia języka w opracowaniach i dyskusjach.

Drugie wydanie jest efektem pracy zespołu autorów, jednak szczególnie chciałabym podziękować prof. Sylwii Mozia i prof. Stanisławowi Koterowi za ogromne zaangażowanie, gorące dyskusje nad poprawnością terminów i ich wyjaśnień oraz końcową korektę opracowania.

Maria Tomaszewska

Autorzy

Michał Bodzek, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze

Marek Bryjak, Politechnika Wrocławska

Andrzej Chwojnowski, Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza PAN, Warszawa

Ludomira Granicka, Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza PAN, Warszawa

Hanna Jaroszek, Politechnika Śląska w Gliwicach

Stanisław Koter, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Wojciech Kujawski, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Dorota Lewińska, Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza PAN, Warszawa

Sylwia Mozia, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Maria Tomaszewska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Marian Turek, Politechnika Śląska w Gliwicach

Aleksandra Wolińska-Grabczyk, Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN, Zabrze

Grażyna Zakrzewska-Kołtuniewicz, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

Redaktor techniczny:

Andrzej Jankowski, Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN, Zabrze

A

Acceptor phase - Faza akceptorowa,

faza, do której przechodzi składnik przenikający przez membranę; faza odbierająca.

Active layer - Warstwa aktywna,

zewnątrzna, selektywna warstwa membran asymetrycznych i kompozytowych; pełni wyłącznie funkcję separacyjną lub separacyjną i katalityczną (membrany katalityczne).

Active membrane - Membrana aktywna,

membrana wykazująca specyficzne oddziaływanie w odniesieniu do określonego składnika nadawy (rozpuszczonego lub zdyspergowanego).

Active transport - Transport aktywny,

transport składnika przez membranę w kierunku przeciwnym do sprzężonej z nim siły napędowej - różnicy stężenia tego składnika.

Affinity membrane - Membrana powinowactwa,

membrana funkcjonalizowana ligandami (np. aminokwasami, antygenami, przeciwciałami, grupami jonowymiennymi itp.) w celu poprawy jej selektywności i właściwości separacyjnych. Ligandy związane kowalencyjnie z powierzchnią membrany wykazują specyficzne oddziaływania w odniesieniu do określonego składnika nadawy (rozpuszczonego lub zdyspergowanego), który jest przez nie wychwytywany (adsorbowany) w trakcie procesu filtracji. Składnik ten jest następnie wymywany z membrany i zatężany w celu uzyskania czystego produktu.

Ageing (aging) - Starzenie,

zmiana właściwości fizycznych, chemicznych lub użytkowych materiału (membrany) w czasie, samorzutna lub spowodowana czynnikami zewnętrznymi.

Air gap - Przerwa powietrzna, luka powietrzna, szczelina powietrzna,

przy przedzeniu membran kapilarnych, rurowych i włókien kanalikowych metodą inwersji faz, techniką mokrą – odstęp od wylotu filiiery (zob. spinneret) do powierzchni cieczy żelującej. W przypadku metody termicznej inwersji faz – odstęp pomiędzy filierą i powierzchnią cieczy chłodzącej. W przypadku otrzymywania membran płaskich metodą ciągłą – dystans od noża formującego do powierzchni cieczy żelującej. W procesie AGMD – szczelina powietrzna pomiędzy powierzchnią membrany po stronie destylatu a płytą chłodzącą.

Air gap membrane distillation (AGMD) - Destylacja membranowa ze szczeliną gazową (AGMD),

wariant MD (zob. Membrane distillation), w którym cząsteczki pary dyfundują przez pory membrany i szczelinę gazową (najczęściej powietrzną), a następnie kondensują wewnątrz modułu, na płycie chłodzonej wodą.

Amorphous structure - Struktura amorficzna,

struktura fazy skondensowanej charakteryzująca się brakiem uporządkowania dalekiego zasięgu obserwowanego w kryształach.

Anchored (bound) carrier - Przenośnik związany,

grupa funkcyjna, związana chemicznie z materiałem membrany, ułatwiająca transport jednego ze składników.

Anion-exchange membrane - Membrana anionowymienna,

membrana posiadająca ładunek dodatni wynikający z dysocjacji grup jonowych związanych kowalencyjnie z łańcuchem polimeru, umożliwiająca transport wolnych anionów.

Anisotropic (asymmetric) membrane - Membrana anizotropowa (asymetryczna),

membrana zawierająca dwie lub więcej warstw z tego samego materiału, lecz o różnej morfologii i przepuszczalności; o właściwościach transportowych i separacyjnych decyduje cienka warstwa naskórkowa (aktywna).

Antifoulant - Antyfoulant,

substancja chemiczna (najczęściej polimer, np. poli(kwas akrylowy)) lub mieszanina substancji, wprowadzana do nadawy w celu zapobiegania, ograniczania lub eliminowania blokowania porów membrany (foulingu).

Antiscalant - Antyskalant,

substancja chemiczna (najczęściej polimer, np. poli(kwas akrylowy), polifosforan sodu, itp.) lub mieszanina substancji, wprowadzana do nadawy w celu zapobiegania, ograniczania lub eliminowania skalingu (krystalizacji soli na powierzchni i w porach membrany).

Apparent value - Wartość pozorna,

wartość zastępująca wartość rzeczywistą, pomijająca niektóre lokalne właściwości wynikające z towarzyszących zjawisk.

Area conductance - Przewodnictwo powierzchniowe.

Area resistance - Oporność powierzchniowa.

Artificial membranes - Membrany syntetyczne,

zob. Synthetic membranes.

Average pore diameter - Średnia średnica porów.

B

Backflush - Płukanie wsteczne,

tryb działania modułu membranowego, w którym przez zwiększenie ciśnienia po stronie permeatu zmienia się kierunek jego przepływu przez membranę. Płukanie ma na celu odblokowanie porów membrany lub usunięcie substancji zatrzymanych na jej powierzchni (przepływ wsteczny). Może przyczynić się do wzrostu strumienia permeatu, ale jednocześnie obserwuje się obniżenie wydajności procesu z uwagi na wykorzystanie części permeatu do płukania.

Backpulsing - Impulsowe płukanie wsteczne,

tryb pracy modułu membranowego, w którym prowadzi się krótkotrwałe, powtarzalne w czasie odwracanie kierunku przepływu płynu przez membranę. Charakterystycznymi parametrami tej wersji płukania są częstotliwość (liczba impulsów w jednostce czasu) i czas trwania impulsu. Do płukania można stosować permeat (rozwiązanie analogiczne do płukania/przepływu wstecznego) lub gaz (najczęściej powietrze). Stosowanie gazu niesie ze sobą jednak ryzyko wysuszenia porów membrany, stąd zalecana jest ostrożność przy doborze parametrów płukania gazem. Płukanie impulsowe prowadzi się w celu odblokowania porów membrany lub usunięcia substancji zatrzymanych na jej powierzchni.

Backwashing - Mycie wsteczne,

tryb pracy modułu membranowego, w którym przez zwiększenie ciśnienia po stronie permeatu zmienia się kierunek przepływu strumienia przez membranę. Mycie prowadzi się w celu odblokowania porów membrany lub usunięcia substancji zatrzymanych na jej powierzchni. Mycie wsteczne może być prowadzone w taki sam sposób, jak przepływ wsteczny (płukanie wsteczne), wówczas medium myjącym jest permeat. Jako środek myjący mogą być również stosowane roztwory, np. kwasów lub zasad. Częstotliwość mycia wstecznego zależy od parametrów pracy modułu membranowego; proces jest najczęściej uruchamiany w przypadku przekroczenia określonej wartości ciśnienia transmembranowego lub obniżenia strumienia permeatu poniżej założonego poziomu.

Balance equation of species - Równanie bilansu masy składników

Barrer - Barrer,

jednostka przepuszczalności gazu przez membranę
(1 Barrer = $10^{-10} \text{ cm}^3(\text{STP}) \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm Hg}^{-1} = 3,35 \cdot 10^{-16} \text{ mol} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$).

Barrier layer - Warstwa graniczna, warstwa oddzielająca,

warstwa oddzielająca dwie fazy, zwykle utrudniająca transport składników pomiędzy nimi.

Batch (batch process) - Proces wsadowy (okresowy),

wsadowy (okresowy) sposób prowadzenia procesu; roztwór zasilający wprowadzany jest jednorazowo na początku procesu membranowego do zbiornika nadawy; permeat jest odprowadzany z modułu membranowego, natomiast retentat jest zawracany do zbiornika nadawy i krąży w obiegu przez określony czas lub do momentu uzyskania założonego efektu, np. zateżenia.

Bi-ionic potential - Potencjał dwujonowy,

stężeniowy potencjał membranowy, który powstaje na membranie jonowymiennej, oddzielającej dwa roztwory różnych elektrolitów o tym samym współjonię, którego stężenie po obu stronach membrany jest jednakowe.

Bilayer membrane - Membrana dwuwarstwowa,

w biologii: membrana komórkowa składająca się z dwóch pojedynczych warstw cząsteczek lipidów (fosfolipidów), których części hydrofobowe spajają obie warstwy, a części hydrofilowe skierowane są na zewnątrz membrany.

Biofouling (of membranes) - Biofouling,

blokowanie membrany spowodowane rozwojem biofilmu na jej powierzchni lub w porach, prowadzące do obniżenia strumienia permeatu, a w niektórych przypadkach również do degradacji membrany (np. membrany z octanu celulozy).

Biological membrane (biomembrane) - Membrana biologiczna,

selektywna membrana będąca elementem komórek organizmów żywych.

Biofilm - Biofilm (błona biologiczna),

struktura złożona z kolonii mikroorganizmów (głównie bakterii i produktów ich metabolizmu), osadzonych na powierzchniach stałych, które mają kontakt ze środowiskiem wodnym; przyjmuje na ogół postać cienkiej warstwy na stałym podłożu.

Bipolar membrane - Membrana bipolarna,

syntetyczna membrana utworzona przez szeregowe połączenie dwóch przeciwnie naładowanych warstw jonowymiennych.

Blown film - Folia wytłaczana z rozdmuchem,

Boundary layer - Warstwa graniczna,

warstwa przylegająca do powierzchni membrany, w której zachodzi największa zmiana szybkości przepływu cieczy (hydrauliczna warstwa graniczna) lub stężenia (dyfuzyjna warstwa graniczna).

Brackish water - Woda słonawa,

woda o zasoleniu do $10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (inne definicje podają górną granicę zasolenia na poziomie $30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$); określenie stosowane dla wody o całkowitej zawartości rozpuszczonych substancji stałych mniejszej niż zawartość w wodzie morskiej, ale większej niż w wodzie słodkiej (zob. Fresh water).

Brine - Solanka,

wodny roztwór soli (najczęściej chlorku sodu) o stężeniu $>50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Brine make up (BMU) - Dodatkowy roztwór w trybie obiegu koncentratu (BMU),

roztwór wprowadzany do obiegu solanki w celu zwiększenia stopnia odzysku (np. ED, RO), tj. obniżenia stężenia soli w koncentracie (utrzymania w przybliżeniu stałego stężenia); może to być czysta woda lub solanka.

Bubble point test - Metoda pęcherzykowa,

metoda wyznaczania maksymalnego promienia porów, polegająca na pomiarze ciśnienia, przy którym pierwszy pęcherzyk tłoczonego gazu obojętnego pojawi się na powierzchni membrany porowatej, będącej w kontakcie z cieczą o niskim napięciu powierzchniowym.

Bulk liquid membrane (BLM) - Membrana cieśla grubowarstwowa (BLM),

membrana w postaci warstwy ciekłej fazy organicznej, niemieszającej się z wodą, oddzielająca fazę wodną nadawy od fazy odbierającej; granice faz utrzymywane są grawitacyjnie.

Bulk structure - Struktura fazy skondensowanej,

struktura odnosząca się do całej objętości materiału, w odróżnieniu od struktury jego powierzchni.

C

Cake layer (filtration cake) - Placek filtracyjny,

warstwa składająca się z cząstek zatrzymanych przez membranę, osadzonych na jej powierzchni po stronie nadawy. W odróżnieniu od warstwy żelowej placek filtracyjny jest zbudowany z substancji nieposiadających właściwości formowania żelu.

Capillary module - Moduł kapilarny,

moduł membranowy składający się z dużej liczby kapilar (pęku) umieszczonych w płaszczu cylindrycznym, uszczelnionych na obu końcach żywicą epoksydową, poliuretanem lub kauczukiem silikonowym. W takim rozwiązaniu membrany (kapilary) nie wymagają warstwy podtrzymującej, jak w przypadku klasycznych modułów rurowych.

Capillary membrane - Membrana kapilarna,

membrana w postaci cienkiej rurki o średnicy wewnętrznej w zakresie od 0,4 do 3,0 mm (podawany jest też zakres 0,5-5,0 mm).

Capsulation/biocapsulation - Kapsułkowanie, otoczkowanie/biokapsułkowanie,

proces otoczkowania membraną substancji w celu jej kontrolowanego uwalniania do otoczenia; stosowany też do otoczkowania/powlekania materiału biologicznego, organizmów żywych, zob. Encapsulation.

Carbon membrane; Carbon molecular sieve (CMS) - Membrana węglowa; węglowe sito molekularne (CMS),

membrana o właściwościach sita molekularnego, otrzymywana na drodze pirolizy membran polimerowych; warunki procesu pirolizy dobierane są w zależności od rodzaju polimeru oraz oczekiwanych właściwości separacyjnych membrany (projektowanej średnicy porów).

Carrier - Przenośnik,

substancja lub grupa funkcyjna wprowadzona do membrany, której zadaniem jest selektywne związanie jednego ze składników nadawy oraz jego transport przez membranę; przenośnik może być związany z matrycą membrany siłami elektrostatycznymi lub wiązaniem kowalencyjnym, albo występować w postaci niezwiązanej, jako składnik rozpuszczony w membranie, a nierozpuszczalny w nadawie i permeacie.

Carrier complexation - Kompleksowanie przenośnika,

zjawisko, w którym cząsteczki przenośnika oraz cząsteczki separowanego składnika (penetranta) tworzą kompleks zdolny do transportu przez membranę.

Carrier complexation coefficient - Współczynnik kompleksowania przenośnika,

parametr definiowany jako stosunek stałych szybkości reakcji kompleksowania (reakcji drugiego rzędu) i dekompleksowania (reakcji pierwszego rzędu) pomiędzy przenośnikiem a penetrantem, K_c [$\text{kmol} \cdot \text{m}^{-3}$].

Carrier deactivation - Dezaktywacja przenośnika,

chemiczna przemiana przenośnika powodująca obniżenie jego zdolności do reakcji kompleksowania cząsteczek penetranta.

Carrier leaching - Strata (wyciek, wymywanie) przenośnika,

utrata przenośnika z membrany spowodowana jego przenikaniem do faz zewnętrznych.

Carrier-mediated (facilitated) transport - Transport wspomagany przenośnikiem,

mechanizm transportu, w którym przenośnik tworząc kompleksy z jednym ze składników nadawy zwiększa szybkość jego przepływu w stosunku do pozostałych składników.

Cascade - Kaskada,

układ składający się z wielu podobnych stopni, w którym proces separacyjny jest realizowany w ten sposób, że produkt (permeat, retentat) z jednego stopnia jest nadawą dla stopnia kolejnego (kaskada prosta). Może być również realizowany jako kaskada z zawracaniem strumienia.

Casting - Wylewanie (roztworu polimeru),

metoda formowania membran, polegająca na równomiernym rozprowadzeniu roztworu polimeru na podłożu (np. szklanej płycie; włókninie, itp.).

Casting knife - Nóż do formowania membran,

przyrząd umożliwiający formowanie membran płaskich o zadanej grubości; regulacja grubości odbywa się poprzez regulację rozmiarów szczeliny noża, przez którą roztwór polimeru rozprowadzany jest na płaskim podłożu (płycie).

Casting solution (dope) – Roztwór błonotwórczy (membranotwórczy),

roztwór polimeru lub mieszaniny polimerów służący do formowania (wylewania) membran; może zawierać substancje porotwórcze i dodatki hydrofilizujące membranę.

Casting mixture – Mieszanina membranotwórcza,

roztwór polimeru lub mieszaniny polimerów, który zawiera dodatki innych faz, np. zdyspergowane krople cieczy, żelu, kryształki soli, cząstki materiałów nieorganicznych, nanorurki węglowe, itp.

Catalytic membrane reactor (CMR) - Katalityczny reaktor membranowy (CMR),

reaktor membranowy zawierający membranę katalityczną, działającą jednocześnie jako przegroda separacyjna i katalizator reakcji. Membrana katalityczna może być w całości zbudowana z materiału o właściwościach katalitycznych, katalizator może być również osadzony na powierzchni membrany wykonanej z innego materiału lub wbudowany w jej strukturę. W katalitycznym reaktorze membranowym właściwości separacyjne membrany są wykorzystywane w celu poprawy wydajności, stopnia konwersji i selektywności układu katalitycznego. Często możliwe jest również prowadzenie procesu w łagodniejszych warunkach (niższa temperatura i ciśnienie) niż w klasycznym reaktorze katalitycznym. Na ogół stosuje się jeden z dwóch wariantów: (1) z selektywną separacją produktu lub (2) z selektywnym dodatkiem reagenta.

Catalytic non-permselective membrane reactor (CNMR) - Katalityczny nieselektywny reaktor membranowy (CNMR),

reaktor membranowy, w którym membrana nie pełni funkcji separacyjnej, a stanowi jedynie nośnik katalizatora i miejsce, w którym zachodzi reakcja katalityczna. Reagenty przepływające po obu stronach membrany katalitycznej kontaktują się ze sobą w jej wnętrzu, nie przenikając jednak na drugą stronę. Dobór warunków procesu umożliwia również kontrolowany odbiór produktu, po jednej określonej stronie membrany (w przypadku membran o przekroju kołowym

- najczęściej wewnątrz kapilary). W tej konfiguracji, w warunkach ustalonych, strumień reagenta odpowiada szybkości jego zużywania się w reakcji.

Cation-exchange membrane - Membrana kationowymienna,

membrana ze związanymi kowalencyjnie grupami jonowymi o ładunku ujemnym oraz wolnymi kationami; umożliwia transport kationów dzięki ich wymianie pomiędzy membraną a roztworem.

Cell pair - Para komór,

powtarzająca się jednostka modułu elektrodialitycznego składająca się z membrany anionowymiennej, komory odsalania, membrany kationowymiennej i komory zateżnienia.

Ceramic membrane - Membrana ceramiczna,

membrana syntetyczna, porowata lub gęsta, otrzymywana w procesie wysokotemperaturowego spiekania materiałów nieorganicznych (np. tlenku glinu, tytanu, cyrkonu lub węgla krzemu).

Ceramic support - Podłoże ceramiczne (ceramiczna warstwa nośna),

porowata, ceramiczna warstwa w membranie kompozytowej, będąca podłożem dla warstwy selektywnej i zapewniająca jej mechaniczną stabilność.

Charge number of ion - Liczba ładunkowa jonu,

współczynnik, który po pomnożeniu przez ładunek elementarny daje ładunek jonu; liczba ta jest dodatnia dla kationów, ujemna dla anionów.

Charged membrane - Membrana obdarzona ładunkiem,

membrana zawierająca związane grupy jonowe.

Charge-mosaic membrane - Membrana mozaikowa z ładunkiem,

membrana, w której występują naprzemiennie domeny kationo- i anionowymienne.

Chemical vapor deposition (CVD) - Chemiczne osadzanie z fazy gazowej (CVD),

technika nanoszenia cienkich powłok na powierzchnię materiału w celu zmiany (polepszenia) właściwości fizycznych, chemicznych lub mechanicznych powierzchni; obejmuje szereg reakcji w fazie gazowej i na powierzchni (inicjowanych termicznie lub wyładowaniami plazmy), którym ulegają lotne związki będące prekursorami tworzonego filmu.

Circulation - Obieg, cyrkulacja,

w procesach membranowych powrót retentatu (cyrkulacja) nad powierzchnię membrany.

Circulation loop - Obieg zamknięty,

przepływ cieczy nad membraną w zamkniętym przepływie krzyżowym; może być realizowany zarówno w technice rozdzielania ciągłego jak i nieciągłego.

Clarification - Klarowanie,

usuwanie zmętnienia.

Clean-in-place (CIP) - Czyszczenie na miejscu (czyszczenie bez demontażu, czyszczenie w systemie CIP),

metoda mycia instalacji w obiegu zamkniętym, bez konieczności demontażu elementów linii technologicznej (zbiorników, mieszalników, rurociągów, modułów membranowych i innych); na ogół proces jest sterowany automatycznie.

Coagulation bath (medium) - Kąpiel koagulacyjna (żelująca),

ciecz powodująca wytrącenie polimeru z jego roztworu (wylanego na podłożu lub uformowanego w postaci kapilary), które prowadzi do utworzenia stałej membrany. Najczęściej jako medium koagulacyjne (nierozpuszczalnik) stosowana jest woda, rolę tę może również pełnić nierozpuszczalnik w fazie gazowej (np. para wodna) lub ciecz w stanie nadkrytycznym (CO₂). Porowata struktura powstającej membrany zależy od mieszalności medium koagulacyjnego z cieczą użytą do rozpuszczenia polimeru (odziaływania rozpuszczalnik- nierozpuszczalnik).

Coating - Powłoka (powlekanie, otoczka),

cienka warstwa polimeru, zob. **Coating process**.

Coating process - Powlekanie,

proces nanoszenia warstwy polimeru na podłoże (warstwę pośrednią) poprzez rozproszczenie na jego (jej) powierzchni roztworu polimeru, a następnie usunięcie rozpuszczalnika; może odbywać się również poprzez zanurzenie podłoża w roztworze polimeru (zobacz: dip-coating).

Coaxial electrospray process - Proces współosiowego elektrostatycznego rozpylania cieczy,

proces elektrohydrodynamicznego formowania dwuwarstwowych kropeł z wykorzystaniem współosiowej głowicy dwudyszowej typu dysza w dyszy; polega na współprądowym tłoczeniu dwóch różnych cieczy przez metalową głowicę dwudyszową, podłączoną do generatora pola elektrostatycznego. Formowane na końcu głowicy krople wpadają następnie do uziemionej łaźni żelującej lub spadają na uziemioną metalową płytkę, gdzie ich struktura zostaje utrwalona; metoda wykorzystywana jest do jednoetapowego wytwarzania mikro- i nanokapsulek typu core/shell. (zob. Core/shell microcapsules).

Co-current flow - Przepływ współprądowy,

tryb działania modułu membranowego, w którym strumienie nadawy i permeatu płyną równolegle do powierzchni membrany oraz w tym samym kierunku.

Co-extrusion method - Metoda koekstruzji,

jednoetapowa metoda otrzymywania mikrokapsulek typu rdzeń/otoczka (zob. Core/shell microcapsules); wykorzystuje współosiową głowicę dwudyszową typu dysza w dyszy. Jej zaletą jest możliwość pokrycia rdzenia kapsułki otoczką wytworzoną z materiału, który nie wykazuje powinowactwa chemicznego, ani oddziaływań elektrostatycznych z materiałem rdzenia; umożliwia łączenie materiałów hydrofilowych z hydrofobowymi, np. w kapsułkach typu olej/alginian itp.

Co-ion - Współjon,

ruchliwy jon w membranie o tym samym znaku co związane z nią zdysocjowane grupy funkcyjne.

Compaction - Kompresja,

kompresja membrany pod wpływem ciśnienia; w jej wyniku następują zmiany w strukturze membrany (zwiększenie gęstości, zmniejszenie porowatości), powodujące obniżenie jej przepuszczalności.

Completely mixed (perfectly mixed) flow - Przepływ z całkowitym mieszaniami (z doskonałym mieszaniami),

tryb działania modułu membranowego, w którym każdy ze strumieni, zarówno nadawy, jak i permeatu, są dobrze wymieszane, tzn. dla każdego punktu aparatu właściwości przepływających płynów są jednakowe i odpowiadają właściwościom strumieni wypływających z modułu.

Composite membrane - Membrana kompozytowa,

membrana składająca się z warstw różniących się chemicznie lub strukturalnie.

Concentrate - Koncentrat,

roztwór posiadający wyższe stężenie separowanego składnika niż nadawa; zazwyczaj termin stosuje się w odniesieniu do elektromembranowych procesów odsalania.

Concentrate compartment (concentrating compartment) - Komora koncentratu,

komora w module membranowym, w której płynie koncentrat (retentat).

Concentrate stream - Strumień koncentratu,

strumień roztworu zatężonego w elektromembranowych procesach odsalania; termin stosowany czasem w odniesieniu do strumienia retentatu w ciśnieniowych procesach odsalania; strumień o wyższym stężeniu składników niż w roztworze zasilającym moduł membranowy.

Concentration factor (CF) - Współczynnik zatężenia (CF),

stosunek początkowej objętości nadawy (V_N) do objętości retentatu (V_R):

$$CF = \frac{V_N}{V_R}$$

Zamiast objętości nadawy i retentatu można stosować np. objętościowe natężenie przepływu lub masę. Jeśli retencja danej substancji jest bliska 100%, współczynnik CF określany może być również jako stosunek stężeń składnika i w retencie (c_{Ri}) i nadawie (c_{Ni}):

$$CF = \frac{c_{Ri}}{c_{Ni}}$$

Zależność między współczynnikiem zatężenia a odzyskiem (O) można przedstawić jako:

$$CF = \frac{1}{1 - O}$$

gdzie odzysk wyrażony jest jako stosunek natężenia przepływu permeatu (Q_P) do natężenia przepływu nadawy (Q_N):

$$O = \frac{Q_P}{Q_N}$$

Concentration polarization - Polaryzacja stężeniowa,

pojawienie się gradientów stężeń składników w warstwie roztworu przy powierzchni membrany (w warstwie granicznej, dyfuzyjnej), w wyniku selektywnego transportu składników przez membranę; zjawisko występujące we wszystkich procesach membranowych, powodujące obniżenie siły napędowej transportu przez membranę; w procesach GS, PV, MD, RO, a także w NF, UF i MF stężenie separowanych składników w warstwie granicznej po stronie nadawy jest wyższe niż w masie roztworu; w procesach elektrodializy stężenie elektrolitu w warstwie granicznej po stronie roztworu odsalanego jest niższe, a po stronie zatężanego – wyższe.

Concentration potential (membrane potential) - Potencjał stężeniowy (potencjał membranowy),

różnica potencjałów powstająca na membranie oddzielającej roztwory elektrolitu o różnym stężeniu.

Constitutive equations of species flow - Podstawowe równania przepływu.

Continuous membrane column - Kolumna membranowa pracująca w trybie ciągłym,

moduły membranowe połączone w sposób umożliwiający działanie układu analogicznie do działania kolumny destylacyjnej, przy czym każdy z modułów działa jako półka teoretyczna.

Continuous single-pass electro dialysis - Elektro dializa w trybie przeplywowym „single-pass”,

proces elektro dializy prowadzony w sposob ciagly, w ktorym diluat i koncentrat przeplywaja przez komory jednokrotnie (single-pass).

Convective flow (transport) - Przeplyw konwekcyjny (transport),

w odniesieniu do membran jest to przeplyw plynu przez membranę porowatą, spowodowany działaniem siły zewnetrznej (przylozonego cisnienia); jest to podstawowy mechanizm transportu w procesach mikro- i ultrafiltracji opisywany równaniami Hagena-Poiseuille'a lub Carmana-Kozeny'ego; może występować w procesie separacji gazów, gdy w strukturze membrany gęstej znajdują się defekty (pory o średnicy większej niż 2 nm).

Core - Rdzeń,

zob. Core/shell microcapsules.

Core liquid - Płyn rdzeniowy,

wykorzystywany do formowania wewnętrznej strony polimerowych membran rurowych, kapilarnych i włókien kanalikowych. Zasadniczo jest to nierozpuszczalnik polimeru; stosuje się również mieszaninę nierozpuszczalnika z rozpuszczalnikiem, aby otrzymać mniej zwartą (bardziej porowatą) strukturę wewnętrznej warstwy naskórkowej.

Core/shell microcapsules - Mikrokapsułki typu rdzeń/otoczka,

zbudowane z rdzenia (core) i otoczki (shell) pełniące funkcję membrany. Na skalę przemysłową wytwarzane są metodą emulsyjną lub koekstruzji (zob. Co-extrusion method).

Counter-current flow - Przeplyw przeciwprowodowy,

tryb działania modułu membranowego, w którym strumienie nadawy i permeatu płyną równolegle do powierzchni membrany, ale w przeciwnych kierunkach.

Counter-ion - Przeciwnjon,

ruchliwy jon w membranie jonowymiennej, o ładunku przeciwnym do ładunku grup jonowych membrany.

Coupled transport - Transport sprzężony,

proces, w którym przepływy dwóch składników przez membranę są ze sobą sprzężone.

Critical (limiting, threshold) pressure - Ciśnienie krytyczne (progowe),

ciśnienie transmembranowe, powyżej którego nie obserwuje się liniowej zależności między ciśnieniem a strumieniem permeatu; brak liniowości wynika głównie z polaryzacji stężeniowej i blokowania membrany.

Cross-flow (tangential flow) - Przepływ krzyżowy,

przepływ przez moduł membranowy, w którym roztwór zasilający (nadawa) płynie równoległe do powierzchni membrany, a permeat jest odprowadzany prostopadłe do niej (przepływ nadawy i permeatu są wzajemnie prostopadłe).

Current density - Gęstość prądowa,

w elektrodializie (ED) - natężenie prądu przeliczone na jednostkę powierzchni membrany.

Current efficiency (yield) - Wydajność prądowa,

w elektrodializie (ED) - stosunek liczby moli ładunku elementarnego przeniesionego przez jony elektrolitu, z komory odsalania do komory zateżniania, do liczby moli ładunku elementarnego rzeczywiście przepuszczonego przez moduł ED.

Current leakage - Strata prądowa,

niepożądane zjawisko w procesie elektrodializy, polegające na przepływie części prądu nie przez membranę, ale przez łączenia stanowiące elementy konstrukcyjne modułu.

Cut-off (molecular weight cut-off, MWCO) - Graniczna masa cząsteczkowa (GMC),

parametr charakteryzujący właściwości separacyjne membrany, odpowiadający najniższej masie molowej składnika, który jest zatrzymywany przez membranę (zwykle dla założonego współczynnika retencji, $R = 90\%$, rzadziej $R = 95\%$). Wartość GMC najczęściej podaje się w daltonach (Da), stosowanie $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ jest mniej powszechne. Wartość GMC, wyrażoną w obu jednostkach, należy traktować jako tożsamą. GMC odnosi się do membran ultrafiltracyjnych (UF) i nanofiltryacyjnych (NF). Związki tradycyjnie używane do wyznaczenia GMC membran UF to dekstrany, poli(glikole etylenowe), białka, w przypadku NF stosuje się na ogół polistyreny i poli(glikole etylenowe). Należy pamiętać, że wartość GMC w przypadku zastosowania różnych związków modelowych może być różna; zobacz: Molecular weight cut-off.

D

Dalton (Da) - Dalton (Da),

jednostka masy atomowej, równa jednej dwunastej masy izotopu węgla ^{12}C ; jednostka stosowana często do podawania MWCO (zob. Cut-off). Uwaga: Da nie jest jednostką układu SI.

Darcy's law - Prawo Darcy'ego,

opisuje przepływ płynu przez ośrodek porowaty; zgodnie z prawem Darcy'ego istnieje liniowa zależność pomiędzy prędkością filtracji a spadkiem ciśnienia. Prawo Darcy'ego można wykorzystać do opisu przepływu przez membrany porowate, takie jak membrany do mikro- i ultrafiltracji co przedstawia zależność:

$$J = A \cdot \Delta P$$

gdzie: J - strumień permeatu, A - współczynnik przepuszczalności uwzględniający porowatość oraz rozmiar i rozkład porów, a także lepkość filtrowanego medium, ΔP - ciśnienie transmembranowe.

Deactivation - Dezaktywacja,

pozbawienie zdolności do wykonywania danej funkcji, np. zdolności transportowania składnika przez przenośnik.

Dead-end flow - Przepływ jednokierunkowy,

tryb działania modułu membranowego, w którym cały roztwór zasilający przepływa przez membranę (prostopadle do jej powierzchni), a zagęszczana substancja gromadzi się na membranie.

Dead-end membrane separation - Separacja membranowa z przepływem jednokierunkowym,

zob. Dead-end flow.

Decomplexation rate constant - Stała szybkości rozpadu kompleksu,

stosunek szybkości rozpadu kompleksu do lokalnego stężenia kompleksowanego przenośnika.

Demineralization - Demineralizacja,

proces usuwania soli nieorganicznych z cieczy, np. z wody.

Dense (nonporous) membrane - Membrana gęsta (nieporowata),

membrana, której pory są nieidentyfikowalne, a ich rolę pełnią objętości swobodne w polimerze (zob. Free volume); transport masy odbywa się wg mechanizmu rozpuszczania-dyfuzji (zobacz: Solution-diffusion mechanism), a proces separacji jest wynikiem różnic w rozpuszczalności i szybkości dyfuzji składników separowanej mieszaniny w membranie.

Depletion compartment - Komora zubożania.

Desalination - Odsalanie,

ogólne określenie procesów mających na celu całkowite lub częściowe usuwanie z wody rozpuszczonych w niej soli.

Deswelling - Redukcja spęcznienia,

proces odwrotny do spęcznienia (zobacz: Swelling), polegający na zmniejszeniu zawartości cieczy, pary lub gazu (np. CO₂) w membranie powodujących jej spęcznienie; następuje w wyniku podwyższenia temperatury, obniżenia ciśnienia, dodania elektrolitu itp.

Diafiltration - Diafiltracja,

wieloetapowe oczyszczanie roztworów związków wielkocząsteczkowych z małowcząsteczkowych; w każdym kolejnym etapie filtracji retentat jest rozcieńczany rozpuszczalnikiem i ponownie kierowany do filtracji.

Dialysate - Dializat,

w procesie dializy strumień odbierający, zawierający składniki przechodzące przez membranę.

Dialysis - Dializa,

proces membranowy, którego siłą napędową jest różnica stężeń składników w roztworach po obu stronach membrany. Dializa jest szczególnie skuteczna przy rozdzielaniu substancji koloidalnych od związków małowcząsteczkowych.

Dialysis permeability coefficient - Współczynnik przepuszczalności w dializie,

współczynnik określający strumień masy danego składnika przez membranę, spowodowany jednostkową różnicą stężeń tego składnika.

Diffusion - Dyfuzja,

proces samorzutnego przemieszczania się cząsteczek, jonów lub atomów w każdym ośrodku (w gazie, cieczy lub ciele stałym) z obszarów o wyższym stężeniu do obszarów o niższym stężeniu, spowodowany chaotycznymi zderzeniami cząsteczek dyfundującej substancji między sobą lub z cząsteczkami otaczającego ją ośrodka; mechanizm transportu masy przez membrany gęste i mikroporowate (mechanizm rozpuszczania-dyfuzji) w takich procesach jak separacja gazów (GS), perwaporacja (PV), permeacja par (VP), odwrócona osmoza (RO) czy dializa dyfuzyjna. Dyfuzję cząsteczek w gęstych membranach polimerowych opisuje teoria objętości swobodnej; dyfuzja w membranach porowatych może zachodzić wg różnych mechanizmów w zależności od relacji między wielkością porów a tzw. średnią drogą swobodną cząsteczek (zob. Diffusion w Dodatku (Appendix)) .

Diffusion coefficient - Współczynnik dyfuzji,

wielkość charakteryzująca liczbowo ilość składnika dyfundującego przez jednostkową powierzchnię w jednostce czasu, przy jednostkowym gradiencie stężenia powodującym dyfuzję.

Diffusion dialysis - Dializa dyfuzyjna,

technika rozdzielania mieszanin elektrolitów, w której siłą napędową jest różnica stężeń pomiędzy dwoma roztworami oddzielonymi membraną jonowymienną (na ogół anionowymienną); stosowana do separacji i odzyskiwania kwasów/zasad z ich mieszanin z solami.

Diffusion flow - Przepływ dyfuzyjny,

transport masy przez dyfuzję, którego siłą napędową jest gradient stężenia (potencjału chemicznego); opisywany jest równaniem określanym jako I prawo dyfuzji Ficka (układy dwuskładnikowe); dla układów wieloskładnikowych stosuje się równanie Stefana-Maxwella.

Diffusion induced phase separation membrane formation (DIPS) - Formowanie membran poprzez inwersję faz spowodowaną dyfuzją,

(zob. Wet-phase separation/inversion membrane formation oraz Nonsolvent induced phase separation membrane formation (NIPS)).

Diffusion potential - Potencjał dyfuzyjny,

potencjał wynikający z różnych ruchliwości kationów i anionów dyfundujących od bardziej do mniej stężonego roztworu elektrolitu. Jony dodatnie i ujemne dyfundują z roztworu o aktywności wyższej do roztworu o aktywności niższej. Podczas dyfuzji jony o większej ruchliwości wyprzedzają jony o ruchliwości mniejszej, wskutek czego wytwarza się pewne rozwarstwienie jonów na dodatnie i ujemne. Powstały w ten sposób gradient pola elektrycznego hamuje dalszą wędrówkę jonów ruchliwszych, a przyspiesza ruch jonów wolniejszych, wyrównując w ten sposób ich prędkość.

Diluate - Diluat,

strumień odsalany w procesie elektrodializy.

Diluate compartment (dilution compartment) - Komora diluatu,

w procesach elektrodializy i elektrodejonizacji: komora przepływowa ograniczona od strony anody membraną anionowymienną, a od katody - kationowymienną, w której podczas przepływu prądu stałego zachodzi odsalanie przepływającego roztworu (diluatu).

Dilution mode - Metoda rozcieńczeń,

zob. Diafiltration.

Dip-coating - Powlekanie przez zanurzenie,

proces pokrywania powierzchni cienką warstwą (powłoką, membraną) polegający na zanurzeniu podłoża w roztworze i wyciąganiu go z określoną szybkością. Utworzona membrana może zawierać podłoże lub może być z niego zdjęta. Technika jest wykorzystywana m.in. do formowania membran rurowych.

Direct contact membrane distillation (DCMD) - Bezpośrednia kontaktowa destylacja membranowa (DCMD),

wariant MD (zob. Membrane distillation), w którym kondensacja permeatu zachodzi wewnątrz modułu bezpośrednio w zimnym strumieniu omywającym membranę.

Distribution coefficient - Współczynnik podziału,

jest to stosunek stężeń danej substancji chemicznej w dwóch niemieszających się ze sobą fazach, w stanie równowagi. Współczynnik ten jest miarą różnicy w rozpuszczalności substancji w obu fazach.

Donnan dialysis (DD) - Dializa Donnana (DD),

rodzaj dializy wykorzystujący równowagę Donnana; DD jest jonowymienną techniką membranową, która polega na wymianie jonów tego samego znaku, ale różniących się liczbą ładunkową, pomiędzy dwoma roztworami rozdzielonymi membraną jonowymienną. Siłą napędową procesu jest różnica potencjałów elektrochemicznych przenoszonych jonów po obu stronach membrany.

Donnan equilibrium - Równowaga Donnana,

równowaga ustalająca się między roztworami elektrolitów rozdzielonymi membraną półprzepuszczalną.

Donnan exclusion - Wykluczenie Donnana,

mechanizm ograniczający sorpcję zdysocjowanego elektrolitu w membranie jonowymienną, w wyniku obecności w niej grup jonowych.

Donnan potential - Potencjał Donnana,

- potencjał elektryczny, który powstaje pomiędzy dwoma roztworami jonowymi oddzielonymi membraną półprzepuszczalną na skutek ustalenia się równowagi Donnana,
- skok potencjału na granicy membrana półprzepuszczalna|roztwór.

Donor phase – Faza donorowa,

faza zawierająca składnik przenikający przez membranę; faza zasilająca.

Downstream - Strumień odbierający/odbierany,

strumień przepływający po stronie warstwy nośnej membrany (strona gdzie odbierany jest permeat); terminem tym określane są czasami permeat; zob. Upstream.

Downstream side - Strona odbierająca,

pojęcie określa stronę membrany, po której odbierany jest permeat; zob. Upstream side.

Driving force - Siła napędowa,

różnica ciśnienia, potencjału elektrycznego, stężenia lub temperatury, powodująca transport masy przez membranę; w przypadku szczegółowego opisu transportu w membranie jest to ujemny gradient wymienionych wyżej parametrów wzdłuż współrzędnej prostopadłej do powierzchni membrany.

Dry-phase separation membrane formation - Formowanie membran metodą inwersji faz - technika sucha,

metoda, która prowadzi do uformowania membrany w wyniku odparowania rozpuszczalnika z homogenicznego roztworu polimeru, wylanego na odpowiednim podłożu. Proces można prowadzić dwojako:

- odparowując rozpuszczalnik z roztworu polimeru, co prowadzi do powstania homogenicznej gęstej membrany,
- odparowując bardziej lotny rozpuszczalnik z roztworu polimeru zawierającego mieszaninę rozpuszczalnika i nierozpuszczalnika, co powoduje wytrącenie polimeru i prowadzi do utworzenia membrany porowatej.

Dry-wet-phase separation membrane formation - Formowanie membran metodą inwersji faz, technika sucha-mokra (technika mokra ze wstępnym odparowaniem rozpuszczalnika),

proces, w którym porowatą, asymetryczną strukturę membrany uzyskuje się przez częściowe odparowanie rozpuszczalnika z wylanego filmu na działanie powietrza), które poprzedza etap jej zanurzenia w kąpeli żelującej, gdzie następuje wytrącenie polimeru wskutek wymiany rozpuszczalnika i nierozpuszczalnika.

Dual-bath membrane formation - Formowanie membran metodą „podwójnej kąpeli,”

proces, w którym otrzymanie porowatej struktury membrany osiąga się przez stopniowe wytrącanie rozpuszczonego polimeru, zanurzając warstwę wylanego roztworu polimeru kolejno w dwóch różnych nierozpuszczalnikach.

Dual-mode sorption model (DSM) - Dualny model sorpcji (DSM),

równanie opisujące sorpcję gazów w polimerach, w temperaturach poniżej ich temperatur zeszklenia (T_g); izoterma sorpcji gazu (zależność stężenia gazu, rozpuszczonego w polimerze, od jego ciśnienia w zewnętrznej fazie gazowej) jest w tym przypadku funkcją nieliniową i ma charakter krzywej wypukłej, w odróżnieniu od liniowej izotermy, odpowiadającej sorpcji w temperaturze powyżej T_g ; równanie jest sumą członu odpowiadającego sorpcji zgodnie z prawem Henry'ego oraz członu Langmuira.

Dusty gas model (DGM) - Model gazu pyłowego,

ogólny model transportu masy przez porowatą przegrodę; bazuje na teorii kinetycznej gazu i analizie wieloskładnikowej dyfuzji przez porowatą przegrodę; bierze pod uwagę różne formy dyfuzji: molekularną, powierzchniową, Knudsena i przepływ Poiseuille'a.

Dynamic membrane formation - Formowanie membran dynamicznych,

membrany dynamiczne formowane są na odpowiednich nośnikach w procesie filtracji rozcieńczonych roztworów, zawierających substancje membranotwórcze.

Dynamic membranes - Membrany dynamiczne,

membrany, których aktywna warstwa jest formowana na powierzchni podłoża przez odkładanie się cząstek zawartych w separowanych płynach; zob. Dynamic membrane formation.

E

Electrochemical membrane reactor (EMR) - Elektrochemiczny reaktor membranowy (EMR),

reaktor membranowy z membraną jonoselektywną oddzielającą przestrzenie (komory elektrodowe), w których w procesie elektrochemicznym zachodzą jednocześnie reakcje anodowe i katodowe. Skutkuje to poprawą efektywności separacji produktów i zapobiega ich niepożądanym przemianom. Elektrody (katoda i anoda) mogą być umieszczone w komorach elektrodowych po obu stronach membrany, w pewnej odległości od niej. Anoda lub katoda, albo obie elektrody mogą też stanowić integralną część membrany.

Electrode compartment - Komora elektrodowa,

komora zawierająca elektrodę omywaną anolitem lub katolitem.

Electrode stream, Electrode rinse solution - Roztwór elektrodowy,

roztwór elektrolitu, który omywa anodę (anolit) lub katodę (katolit) i nie miesza się z innymi roztworami w procesie elektrodializy.

Electrodeionization (EDI) - Elektrodejonizacja (EDI),

wariant procesu elektrodializy, w którym komora diluatu wypełniona jest żywicą jonowymienną (komora koncentratu również może być wypełniona żywicą jonowymienną).

Electrodialysis (ED) - Elektrodializa (ED),

proces odsalania/zatężania roztworów elektrolitów za pomocą modułu z ułożonymi naprzemiennie membranami kationo- i anionowymiennymi, zachodzący pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego.

Electro-electrodialysis (EED) - Elektro-elektrodializa (EED),

proces elektromembranowy, pośredni między elektrolizą membranową a elektrodializą, pozwalający na jednoczesne otrzymywanie kwasu i ługu z roztworów soli. EED łączy transport jonów przez membrany jonowymiennie z reakcjami elektrodowymi. Kwas powstaje w wyniku rekombinacji anionu, przeniesionego przez membranę anionowymienną, z jonem hydroniowym, utworzonym w wyniku elektrolizy wody na anodzie, natomiast zasada – w wyniku rekombinacji kationu, przeniesionego przez membranę kationowymienną, z jonem wodorotlenkowym powstałym w wyniku elektrolizy wody na katodzie.

Electrodialysis metathesis (EDM) - Elektrodializa z podwójną wymianą (EDM),

wariant elektrodializy, w którym elementem powtarzalnym jest kwartet naprzemiennie ułożonych membran kationo- i anionowymiennych. Wykorzystanie dwóch strumieni nadawy o różnym składzie prowadzi do powstania dwóch różnych strumieni koncentratu, z których każdy zawiera jeden z produktów podwójnej wymiany jonów.

Electrodialysis (polarity) reversal (EDR) - Elektrodializa odwracalna (z odwracaną polaryzacją elektrod) (EDR),

proces elektrodializy, w którym w regularnych odstępach czasu zmienia się polaryzacja elektrod; odwracanie polaryzacji elektrod zmniejsza ryzyko foulingu, a w szczególności skalingu.

Electrodialysis with bipolar membrane (EDBM) - Elektrodializa z membraną dwubiegunową (bipolarną) (EDBM),

proces elektromembranowy, w którym oprócz membran kationo- i anionowymiennych stosuje się membrany bipolarne; stosowany do otrzymywania roztworów kwasów i zasad z roztworów soli.

Electrokinetic phenomena - Zjawiska elektrokinetyczne,

zjawiska związane z przepływem cieczy wzdłuż naładowanej powierzchni; są one wykorzystywane do charakterystyki membran; zob. Streaming potential, Streaming current, Electro-osmosis.

Electro-osmosis - Elektroosmoza,

przepływ wody przez membranę aniono- lub kationowymienną, spowodowany ruchem jonów pod wpływem przyłożonego z zewnątrz pola elektrycznego.

Electroosmotic transport number of water - Elektroosmotyczna liczba przenoszenia wody,

liczba moli wody przeniesiona (przez membranę) w wyniku przepływu 1 mola ładunku elementarnego (1 F) przeniesionego przez jony.

Electrophoresis - Elektroforeza,

ruch cząstek rozproszonych w płynie pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego; zjawisko jest podstawą technik analitycznych stosowanych w chemii, biochemii czy biologii molekularnej do separacji różnych substancji (białek, DNA, aminokwasów); podstawą separacji są różnice w szybkościach migracji w stałym polu elektrycznym cząstek różniących się wielkością i ładunkiem (mniejsze cząstki poruszają się szybciej niż większe).

Electrospinning - Elektrosponing,

proces formowania membran polimerowych lub kompozytowych z roztworu polimeru lub jego stopu, wykorzystujący siły elektryczne do przedzenia cienkich włókien, które tworzą cienką matę - porowatą membranę.

Electrospun membranes - Membrany formowane metodą elektrosponingu,

zob. Electrospinning.

Emulsion liquid membrane - Emulsyjna membrana ciekła,

warstwa ciekła oddzielająca fazę rozproszoną (fazę wewnętrzną) od fazy rozpraszającej (fazy zewnętrznej). Struktura emulsyjnej membrany ciekłej odpowiada podwójnej emulsji typu woda/olej/woda (W/O/W) lub olej/woda/olej (O/W/O). Emulsyjne membrany ciekłe powstają po zdyspergowaniu jednej z faz w drugiej, a następnie ponownym zdyspergowaniu otrzymanej emulsji w fazie pierwszej.

Encapsulation - Enkapsulacja,

zamknięcie materiału membraną półprzepuszczalną w formie kapsułki. Membrana zapewnia powolne, kontrolowane uwalnianie zamkniętej substancji, np. leku, nawozu do otoczenia. Można też zamykać materiał biologicznie aktywny (najczęściej komórki); membrana kontroluje wówczas jednocześnie transport substancji odżywczych do zamkniętego materiału biologicznego z otoczenia/płynów ustrojowych oraz transport składników na zewnątrz.

Enhancement factor - Współczynnik wzmocnienia,

stosunek strumienia substancji przenikającej przez membranę zawierającą przenośnik do strumienia tej samej substancji przez identyczną membranę bez przenośnika.

Enrichment factor - Współczynnik wzbogacenia,

stosunek udziału danego składnika (selektywnie transportowanego przez membranę) w permeacie do jego udziału w nadawie;

$$\beta = \frac{y_A}{x_A}$$

gdzie y_A jest udziałem składnika A w permeacie, a x_A udziałem tego składnika w nadawie.

Enzymatic membrane - Membrana enzymatyczna,

membrana zawierająca enzymy immobilizowane (unieruchomione) na powierzchni lub w jej wnętrzu. Membrany takie stosuje się szeroko w metodach analitycznych (suche testy, mikroreaktory przepływowe) oraz w biotechnologii.

Equilibration - Równoważenie,

doprowadzenie do równowagi między membraną i roztworem (potencjały chemiczne składników, w tym rozpuszczalnika, w membrane i w roztworze ją otaczającym zrównują się).

F

Facilitated transport - Transport ułatwiony,

rodzaj transportu biernego, polegający na przenoszeniu substancji przez membranę z wykorzystaniem znajdujących się w membranie przenośników.

Feed - Nadawa (roztwór zasilający),

roztwór zasilający; oznacza roztwór, mieszaninę lub zawiesinę wprowadzaną do modułu lub urządzenia membranowego.

Feed (water) conductivity equivalent (FCE) - Równoważnik przewodności nadawy (FCE),

parametr służący do oceny przewodnictwa nadawy w procesie elektrodejonizacji, uwzględniający obecność słabych elektrolitów ulegających jonizacji w tym procesie; ich stężenie wyrażane jest przez równoważną wartość przewodnictwa.

Feed pretreatment - Wstępna obróbka nadawy,

obróbka nadawy przed jej wprowadzeniem do systemu membranowego w celu usunięcia składników powodujących fouling lub skaling membranowy; zakres zależy od procesu membranowego i jakości nadawy.

Feed-and-bleed electro dialysis - Elektrodializa w trybie cyrkulacyjnym przepływowym,

proces elektrodializy prowadzony w sposób ciągły, w którym diluat lub koncentrat cyrkulują; do pętli cyrkulacyjnej w sposób ciągły doprowadzana jest nadawa, a z pętli odprowadzany jest produkt.

Feed-and-bleed process - Proces w trybie cyrkulacyjnym przepływowym (zasilania-upuszczania),

proces, w którym produkt końcowy jest w sposób ciągły odprowadzany (upuszczany, ang. bleed) z pętli recykulacyjnej, a układ w sposób ciągły jest uzupełniany (ang. feed) świeżym roztworem zasilającym.

Fingerlike structure - Struktura palczasta,

struktura membran asymetrycznych, która tworzy się w procesie inwersji faz pod warstwą naskórkową membrany, w postaci wydłużonych makroporów w kształcie „palca”.

Fixed carrier membrane (FCM) - Membrana ze związanym przenośnikiem (FCM),

membrana, w której przenośnik jest unieruchomiony w odróżnieniu od przenośnika swobodnie dyfundującego w membranie ciekłej (LM); przenośnik może być związany z łańcuchem polimeru wiązaniem kowalencyjnym lub immobilizowany w matrycy polimerowej poprzez oddziaływania międzycząsteczkowe; separacja zachodzi wg mechanizmu transportu ułatwionego,

gdzie przenośnik reaguje specyficznym z jednym z separowanych składników; istnieją dwa modele opisujące transport przez FCM: model oparty na dualistycznym modelu sorpcji (zob. Dual-mode sorption model) i model „Tarzana” w odniesieniu do kowalencyjnie związanego przenośnika.

Fixed ions - Jony związane,

jony związane kowalencyjnie z polimerową matrycą membrany lub immobilizowane w matrycy.

Fixed ions molality (FIM) - Molalność jonów związanych (FIM),

liczba moli jonów związanych w membranie przeliczona na 1 kg wody w membranie.

Flat sheet membranes - Membrany płaskie.

Flow coupling - Sprzężenie przepływów,

zjawisko wynikające z wzajemnego oddziaływania przepływów, np. przepływ przeciwjonów przez membranę jonowymienną wywołuje przepływ wody (elektroosmoza).

Flow rate - Natężenie przepływu (szybkość przepływu), (zgodnie z nomenklaturą inżynierii procesowej – strumień)

objętość lub masa płynu, która przeniknęła przez membranę w jednostce czasu; jednostki: objętościowe natężenie przepływu, $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, masowe natężenie przepływu, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$.

Flow yield (FY) - Wydajność objętościowa permeatu (FY),

oznacza stosunek objętości permeatu do objętości roztworu zasilającego wprowadzanego do modułu lub urządzenia, łącznie z objętością retentatu zawracanego do modułu, w założonych warunkach separacji; wielkość bezwymiarowa.

Fluidised-bed catalytic membrane reactor (FBCMR) - Katalityczny reaktor membranowy ze złożem fluidalnym (FBCMR),

reaktor membranowy zawierający półprzepuszczalną membranę katalityczną, umieszczoną wewnątrz fluidalnego złoża katalizatora. W porównaniu z reaktorem FBMR, który nie zawiera membrany katalitycznej, w tej konfiguracji membrana pełni zarówno funkcję separacyjną, jak i katalityczną.

Fluidised-bed membrane reactor (FBMR) - Reaktor membranowy ze złożem fluidalnym (FBMR),

reaktor membranowy zawierający membranę półprzepuszczalną (nie katalityczną), umieszczoną wewnątrz fluidalnego złoża katalizatora. Membrana w tej konfiguracji pełni tylko funkcję separacyjną. W odróżnieniu od konwencjonalnych reaktorów ze złożem fluidalnym, reaktory membranowe charakteryzują się nieznacznymi spadkami ciśnienia, dobrymi warunkami transportu masy i ciepła

oraz jednorodnością rozkładu temperatury w złożu. W tej konfiguracji ważne jest zabezpieczenie membrany przed erozją wynikającą z kontaktu z przemieszczającymi się cząstkami katalizatora.

Flushing - Przemycanie.

Flux - Strumień (zgodnie z nomenklaturą inżynierii procesowej - gęstość strumienia)

objętość, masa lub liczność materii, która przeniknęła przez jednostkową powierzchnię membrany w jednostce czasu; symbol: J ; jednostki: strumień objętościowy, $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, strumień masy, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, strumień molowy, $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, strumień gazu, $\text{Nm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Forward osmosis (FO) - Osmoza prosta (FO),

proces wykorzystujący różnicę ciśnienia osmotycznego roztworów po obu stronach membrany jako siłę napędową transportu wody przez membranę (w procesie odwróconej osmozy (RO) siłą napędową jest ciśnienie hydrauliczne). FO wymaga stosowania dwóch roztworów, różniących się znacznie stężeniem substancji rozpuszczonej i rozdzielonych membraną: nadawy oraz roztworu odbierającego o ciśnieniu osmotycznym znacznie większym od ciśnienia osmotycznego nadawy. Roztwór odbierający w trakcie procesu ulega stopniowemu rozcieńczeniu, a nadawa zateżaniu. FO stanowi alternatywę dla bardziej energochłonnych, wyparnych metod zateżania roztworów, ale też dla destylacji membranowej czy RO.

Fouling - Blokowanie (Fouling),

proces odkładania się substancji obecnych w nadawie na powierzchni lub w porach membrany, skutkujący ograniczeniem jej przepuszczalności, a czasami również fizycznym uszkodzeniem. Do substancji blokujących membrany należą:

- substancje organiczne (np. polisacharydy, białka, substancje humusowe);
- substancje nieorganiczne (np. tlenki, wodorotlenki i sole metali: Fe, Al, Ca, Mg);
- cząstki zawieszane (np. cząstki glin, szczątki organizmów, bakterie). Blokowanie membran może zachodzić według trzech mechanizmów:
- osadzanie lub adsorpcja składników na powierzchni membrany prowadzące do utworzenia warstwy żelowej lub placka filtracyjnego;
- kompletne blokowanie (zatkanie) porów membrany;
- zmniejszenie średnicy porów.

Blokowanie może być odwracalne (jeżeli można oczyścić powierzchnię i pory membrany i odtworzyć jej początkową wydajność) lub nieodwracalne (gdy zanieczyszczenia uwięzną w porach membrany i przywrócenie początkowej wydajności nie jest możliwe).

Uwagi:

Nie należy tego terminu mylić z kompresją membrany. Kompresja prowadzi do zmian w strukturze, tj. do zwiększenia gęstości i zmniejszenia porowatości, spowodowanych siłą działającą na membranę. Blokowanie natomiast wynika z odkładania się substancji obecnych w nadawie na powierzchni i w porach membrany. Pierwszym etapem prowadzącym do akumulacji składnika na powierzchni membrany jest polaryzacja stężeniowa.

Fouling index (FI) - Wskaźnik blokowania (FI),

wielkość empiryczna określająca zdolność nadawy do blokowania membrany. Zdolność roztworów do blokowania membran określa się najczęściej wykorzystując metody oparte na pomiarze szybkości zatykania filtrów membranowych. Wyróżnia się kilka rodzajów wskaźników blokowania:

- *SI* (zob. Silting index);
- *PI* (zob. Plugging index);
- *SDI* (zob. Silt density index);
- *MFI* (zob. Modified fouling index lub membrane filtration index).

Powszechnie stosowane są testy *SDI* oraz *MFI*. Często utożsamia się wskaźnik blokowania *FI* z testem *SDI*. Wskaźnikiem blokowania określa się również iloczyn oporu właściwego placka filtracyjnego (α) i stężenia cząstek w nadawie (c_b):

$$I = \alpha \cdot c_b$$

Wskaźnik blokowania (*I*) służy do wyznaczenia zmodyfikowanego indeksu blokowania *MFI*, zgodnie z zależnością (zob. Modified fouling index):

$$MFI = \frac{\eta \cdot I}{2 \cdot A^2 \cdot \Delta P}$$

gdzie: η - lepkość dynamiczna, *A* - powierzchnia membrany, ΔP – ciśnienie.

Free volume - Objętość swobodna (wolna objętość),

wolna objętość w polimerze (V_f), która może ulegać redystrybucji bez zmiany energii; powstaje na skutek termicznej ekspansji makrocząstek w stosunku do ich rozmieszczenia w temperaturze 0 K; rozumiana jako objętość w polimerze, niezajęta przez łańcuchy polimerowe.

Fractional Free Volume (FFV) - Ułamkowa objętość swobodna (FFV),

parametr charakteryzujący objętość swobodną w polimerach; definiowany jako stosunek objętości swobodnej (V_f) do objętości właściwej polimeru (V_{sp}), będącej odwrotnością jego gęstości;

$$FFV = \frac{V_f}{V_{sp}}$$

wartość V_f można obliczyć metodą Bondiego jako: $V_f = V_{sp} - V_{oc}$, gdzie V_{oc} jest objętością zajmowaną przez łańcuchy polimerowe; V_{oc} może być wyznaczona jako $V_{oc} = 1,3 V_w$, gdzie V_w jest objętością van der Waalsa powtarzalnej jednostki polimeru; *FFV* dla większości polimerów mieści się w granicach 10-25%, może osiągać wartość 35% w przypadku wybranych polimerów; *FFV* można wyznaczyć również eksperymentalnie, metodą spektroskopii anihilacji pozytonów (PALS).

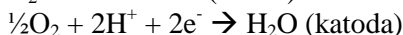
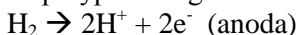
Fresh water - Woda słodka,

woda zawierająca stosunkowo niewielkie ilości soli; woda niskozmineralizowana, o zawartości substancji mineralnych poniżej $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$; w niektórych systemach woda o zasoleniu poniżej $0,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Frictional coefficient - Współczynnik tarcia.

Fuel cell - Ogniwo paliwowe,

urządzenie elektrochemiczne, które bezpośrednio przetwarza energię reakcji chemicznej w energię elektryczną. Paliwo, najczęściej wodór, rzadziej węglowodory (np. metan, butan), alkohole (metanol, etanol), kwasy organiczne (kwas mrówkowy), hydrazyna itp. oraz utleniacz są dostarczane do ogniwa w sposób ciągły. Paliwo doprowadzane jest do anody, na której zachodzi jego utlenianie, a utleniacz dostarczany jest do katody, gdzie zachodzi jego redukcja. W przypadku ogniwa wodorowego zachodzą reakcje:



W zależności od rodzaju elektrolitu wyróżnia się:

- alkaliczne ogniwa paliwowe (AFC, Alkaline Fuel Cells), elektrolitem jest na ogół roztwór KOH;

- ogniwa z elektrolitem w postaci kwasu fosforowego (PAFC, Phosphoric Acid Fuel Cells);

- ogniwa z membraną wykonaną z elektrolitu polimerowego / ogniwa z elektrolitem polimerowym / ogniwa z membraną protonowymienną (PEMFC, Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell lub Proton Exchange Membrane Fuel Cell);

- ogniwa paliwowe ze stopionymi węglanami (MCFC, Molten Carbonate Fuel Cells), elektrolitem jest na ogół mieszanina węglanów Li, K, Na;

- stałotlenkowe ogniwa paliwowe (SOFC, Solid Oxide Fuel Cells), elektrolitem jest na ogół nieporowaty stały tlenek metalu, np. ZrO_2 , stabilizowany Y_2O_3 .

Biorąc pod uwagę zasilanie, wyróżnić można:

- ogniwa wodorowe (HFC, Hydrogen Fuel Cell);

- ogniwa paliwowe bezpośrednio zasilane metanolem (DMFC, Direct Methanol Fuel Cell);

- ogniwa paliwowe bezpośrednio zasilane kwasem mrówkowym (DFAFC, Direct Formic Acid Fuel Cell);

- ogniwa paliwowe bezpośrednio zasilane paliwem węglowym (DCFC, Direct Carbon Fuel Cell).

Oddzielną grupę stanowią mikrobiologiczne ogniwa paliwowe (MFC, Microbial Fuel Cell).

Fuel cell membrane - Membrana ogniwa paliwowego,

(zob. Polymer electrolyte membrane i Proton exchange membrane);

w ogniwach paliwowych stosowane są najczęściej membrany polimerowe, ale znane są też doniesienia nt. wykorzystania membran ceramicznych.

Membrana bierze udział w przenoszeniu ładunku, zapobiega mieszaniu się paliwa i utleniacza oraz pełni funkcję separatora oddzielającego elektrody.

G

Gas-liquid displacement method - Metoda wypierania cieczy gazem,

metoda określania rozkładu wielkości porów w membranie, polegająca na wypieraniu cieczy znajdującej się w porach za pomocą gazu; dotyczy porów o wielkości $> 0,05 \mu\text{m}$.

Gas permeation (GP) - Permeacja gazów (GP),

proces przenikania cząsteczek gazu przez membranę, dla którego siłą napędową jest różnica ciśnień cząstkowych (potencjałów chemicznych) po obu stronach membrany; podstawowym równaniem transportu jest prawo Ficka. W przypadku niektórych membran dodatkową siłą napędową może być również potencjał elektryczny lub efekt wynikający z obecności przenośnika.

Gas separation (GS) - Separacja gazów (GS),

proces wykorzystujący różnice w szybkości przenikania przez membranę cząsteczek rozdzielanych gazów; różnice w szybkości transportu wynikają z właściwości materiału membranowego oraz właściwości rozdzielanych gazów, tj. wielkości ich cząsteczek oraz rozpuszczalności w materiale membrany (mechanizm rozpuszczania-dyfuzji; zob. Solution-diffusion mechanism); dla danej pary gazów efekt separacji zależy od właściwości materiału membranowego; jako materiały membranowe wykorzystywane są głównie polimery, najczęściej polimery szkliste (pierwsze komercyjne membrany otrzymano z polisulfonu i octanu celulozy) - dla tych polimerów separacja kontrolowana jest różnicami w szybkościach dyfuzji cząsteczek separowanych gazów; polimery będące w stanie wysokoelastycznym w temperaturze pracy membrany, separują cząsteczki ze względu na ich różnice w rozpuszczalności w materiale membrany; innym mechanizmem separacji może być mechanizm sita molekularnego, występujący głównie w przypadku membran nieorganicznych: zeolitowych lub węglowych o porach, których średnica jest mniejsza niż 5 \AA ($0,5 \text{ nm}$).

Gel (gel-like) layer, gel fouling layer - Warstwa żelowa,

warstwa substancji zatrzymanych na powierzchni membrany po stronie nadawcy, przypominająca swymi właściwościami trójwymiarową strukturę żelu; powstaje zwłaszcza w ultrafiltracji i mikrofiltracji. W odróżnieniu od placka filtracyjnego, warstwę żelową tworzą substancje wykazujące zdolność do tworzenia żelu, głównie koloidy, np. substancje humusowe, krzemionka koloidalna.

Glass membrane - Membrana szklana,

membrana z porowatego szkła lub krzemionki.

Glassy state (of a polymer) - Stan szklisty (polimeru),

stan, w którym występuje polimer poniżej swojej temperatury zeszklenia, gdy ruchy segmentów łańcuchów są zamrożone; w tym stanie polimer charakteryzuje się dużą twardością i sztywnością.

H

Hemodiafiltration - Hemodiafiltracja,

proces diafiltracyjnego (zob. Diafiltration) usuwania z krwi niepożądanych produktów metabolizmu.

Hemodialysis - Hemodializa,

proces dializy (zob. Dialysis), w którym z krwi usuwane są niepożądane i toksyczne produkty metabolizmu organizmu (takie jak mocznik i kreatynina).

Hemofiltration - Hemofiltracja,

proces ultrafiltracyjnego usuwania z krwi niepożądanych produktów metabolizmu.

Heterogeneous membrane - Membrana heterogeniczna,

membrana składająca się z co najmniej dwóch składników o różnej budowie chemicznej, z których jeden należy na ogół do grupy polimerów; polimer może pełnić funkcję spoiwa lub stanowić matrycę, w której zdyspergowane są cząstki drugiego składnika (zob. Mixed matrix membrane i Hybrid membrane).

High free volume polymers - Polimery o dużej objętości swobodnej,

grupa polimerów szklitych, które charakteryzują się znacznie wyższą ułamkową objętością swobodną (zob. Fractional free volume) niż większość tego typu polimerów, i które wykazują wysoką przepuszczalność dla gazów i par; związane jest to ze sztywnością łańcuchów głównych, których segmenty są względem siebie skręcone, i brakiem możliwości zmiany konformacji prowadzącej do efektywniejszego wypełnienia przestrzeni.

Hold up volume - Objętość retencyjna (modułu, urządzenia),

objętość modułu od wlotu roztworu zasilającego (nadawy) do wylotu retentatu (objętość płynu obecnego w module od wlotu do wylotu).

Hole pores - pory jamiste,

pory o kształtach zbliżonych do kształtu sferycznego; zwykle większe od dużych porów palczastych.

Hollow fiber module - Moduł z włóknami kanalikowymi,

moduł membranowy zawierający dużą wiązkę włókien kanalikowych (nawet kilka tysięcy) zamontowaną w płaszczu cylindrycznym, przypominającym wymiennik płaszczowo-rurowy, wklejoną przy użyciu żywicy epoksydowej, poliuretanu itp.

Hollow fibers - Włókna kanalikowe,

włókna w postaci bardzo cienkich kapilar, których średnica zewnętrzna mieści się na ogół w zakresie od 80 do 400 μm , a grubość ścianki wynosi około 20 μm ; czasami stosuje się większe grubości ścianek włókna, by mogły one wytrzymać dużą różnicę ciśnień, dochodzącą nawet do 8 MPa.

Przepływ przez włókna kanalikowe może być realizowany w kierunku „od zewnątrz do wewnątrz”, gdy warstwa separacyjna znajduje się po zewnętrznej stronie włókna lub „od wewnątrz na zewnątrz”, gdy warstwa separacyjna znajduje się po wewnętrznej stronie włókna. Istnieją również włókna kanalikowe mające dwie warstwy separacyjne - tzw. podwójną skórkę (ang. double-skinned hollow fiber) - po zewnętrznej i wewnętrznej stronie włókna, co poprawia jakość i wydajność filtracji.

Homogeneous membrane - Membrana jednorodna (homogeniczna),

membrana jednofazowa posiadająca zasadniczo takie same właściwości strukturalne i transportowe w każdym kierunku.

Hybrid membrane - Membrana hybrydowa,

membrana heterogeniczna zawierająca składnik polimerowy i nieorganiczny zmieszane ze sobą na poziomie molekularnym; zwykle składnik nieorganiczny powstaje *in situ* w procesie zol-żel.

Hybrid process - Proces hybrydowy,

proces, w którym technologia membranowa połączona jest z inną techniką, np. separacyjną, w celu zwiększenia wydajności i efektywności układu; efektywność procesu hybrydowego jest większa niż każdego z pojedynczych procesów.

Hydraulic diameter of the pore - Hydrauliczna średnica poru,

wielkość zastępcza przedstawiająca pory o nieregularnym kształcie jako pory o kształcie cylindrycznym; definiowana jako stosunek czterokrotnej powierzchni przekroju poru do jego zwilżanego obwodu.

I

Ideal gas selectivity - Selektowność idealna gazów,

parametr charakteryzujący membranę zdefiniowany jako stosunek współczynników przepuszczalności gazów A i B

$$\alpha = \frac{P_A}{P_B}$$

gdzie A jest szybciej przenoszonym gazem), wyznaczanych dla czystych gazów w tych samych warunkach; najczęściej selektowność membrany jest różna od selektowności idealnej, np. mniejsza, gdy separowana mieszanina zawiera gaz powodujący plastyfikację membrany (CO₂), lub większa, gdy duża sorpcja łatwiej kondensowalnego gazu w polimerach o dużej objętości swobodnej (zob. High free volume polymers) utrudnia transport wolniej przenikającego składnika.

Immobilization - Immobilizacja,

unieruchamianie katalizatorów lub biokatalizatorów na powierzchni lub w porach nośnika; wyróżnia się następujące metody immobilizacji: adsorpcyjna, pułapkowania, kapsułkowania i sieciowania, które różnią się rodzajem, siłą oraz trwałością wytworzonych oddziaływań. Funkcję nośnika może pełnić membrana (membrana katalityczna), która chroni katalizator/biokatalizator przed szkodliwym działaniem środowiska reakcji, zapewniając prowadzenie przemiany katalitycznej, a jednocześnie umożliwia selektywny transport substratów i produktów z mieszaniny reakcyjnej. Membrany katalityczne stosowane są w reaktorach membranowych, zob. Catalytic membrane reactor (CMR).

Immobilized liquid membrane (ILM) - Unieruchomiona (immobilizowana) membrana ciekła (ILM),

membranę stanowi faza organiczna (często roztwór przenośnika w rozpuszczalniku organicznym), unieruchomiona w porach hydrofobowej membrany mikrofiltracyjnej na skutek oddziaływań van der Waalsa, dyspersyjnych, lub między trwałymi dipolami.

Inorganic membrane - Membrana nieorganiczna,

membrana z materiałów ceramicznych, węglowych, szkła, metali i ich stopów; może być porowata lub gęsta.

Integrally skinned (asymmetric) membrane - Membrana asymetryczna z integralną warstwą separacyjną,

membrana składająca się z warstwy porowatego podłoża oraz warstwy separacyjnej (warstwy naskórkowej), wytworzonych z tego samego materiału w procesie jednostopniowym.

Interfacial polymerization - Polimeryzacja na granicy faz (polimeryzacja międzyfazowa),

metoda otrzymywania membran w wyniku polimeryzacji zachodzącej na styku dwóch faz, z których jedna zawiera inicjator a druga monomer (lub różne monomery w przypadku polikondensacji).

Internal concentration polarization - Wewnętrzna polaryzacja stężeniowa

polaryzacja stężeniowa tworząca się w obrębie membrany (wewnątrz porowatej warstwy nośnej) w procesie osmozy prostej, prowadząca do zmniejszenia siły napędowej procesu i obniżenia strumienia permeatu.

Inversion phase separation membrane formation - Formowanie membran metodą inwersji faz,

metoda, w której homogeniczny roztwór polimeru ulega rozdziałowi na fazę bogatą w polimer (kształtującą matrycę membrany) i bogatą w rozpuszczalnik (kształtującą pory membrany). Rozdział faz może zachodzić pod wpływem:

- odparowania rozpuszczalnika - metoda sucha; w procesie tym rozpuszczony polimer ulega wytrąceniu w efekcie odparowania określonej ilości

- rozpuszczalnika, wystarczającej do uformowania membrany. (Uwaga: do roztworu polimeru mogą być dodawane substancje, które zmieniają proces wytrącania polimeru podczas odparowania rozpuszczalnika),
- zmiany temperatury – termożelowanie; jest to proces, w którym rozpuszczony polimer jest wytrącany lub koagulowany przez kontrolowane chłodzenie roztworu,
 - dodatku nierozpuszczalnika polimeru - metoda mokra; formowanie membrany zachodzi w wyniku wytrącania polimeru, po zanurzeniu roztworu błonotwórczego w kąpeli nierozpuszczalnika; odmianą metody mokrej jest metoda mokra ze wstępnym odparowaniem rozpuszczalnika (wstępną ekspozycją wylanego filmu na działanie np. powietrza) (zob. Dry-wet-phase separation membrane formation).

Ion selectivity - Jonoselektywność,

zdolność membrany do preferencyjnego przepuszczania jednego rodzaju jonów.

Ion-exchange capacity - Pojemność jonowymienna,

liczba moli przeciwjonów w membranie lub wymienniczu jonowym, pomnożona przez wartość bezwzględną liczby ładunkowej tego jonu, w przeliczeniu na masę suchego lub spęcznionego materiału.

Ion-exchange membrane - Membrana jonowymienna,

membrana zbudowana z materiału zawierającego chemicznie wbudowane grupy jonowe, których ładunek jest zrównoważony przez ładunek ruchliwych jonów (przeciwjonów).

Ionic liquids - Ciecze jonowe,

sole organiczne, zawierające zwykle organiczny kation i organiczny lub nieorganiczny anion, o temperaturze topnienia poniżej 100 °C i zerowym lub bardzo niskim ciśnieniu par; badane jako aktywny składnik w polimerowych membranach jonowymiennych.

Ionophor - Jonofor,

organiczny związek chemiczny zdolny do przenoszenia jonów przez fazę hydrofobową oddzielającą fazy wodne. Jonofory są małymi, rozpuszczalnymi w tłuszczach cząsteczkami organicznymi, pełniącymi funkcję przenośników jonów, głównie w membranach biologicznych, ale znajdują też zastosowanie, np. w wytwarzaniu membran do elektrod jonoselektywnych.

Ion selectivity - Jonoselektywność,

zdolność membrany do preferencyjnego przepuszczania jednego rodzaju jonów.

Isotropic membrane - Membrana izotropowa,

membrana, która ma taką samą strukturę i właściwości transportowe we wszystkich kierunkach.

K

Knudsen diffusion - Dyfuzja Knudsena,

rodzaj dyfuzyjnego transportu gazu, gdy średnia średnica porów w membranie jest mniejsza niż średnia droga swobodna cząsteczek dyfundującego gazu. W takich warunkach zderzenia cząsteczek gazu ze ściankami porów są częstsze niż zderzenia z innymi cząsteczkami. Szybkość dyfuzji jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z masy molowej danego gazu, a selektywność jest jedynie funkcją stosunku mas molowych separowanych gazów.

Knudsen flow - Przepływ Knudsena,

przepływ w ośrodku mikroporowatym, np. w membranie, oparty na dyfuzji Knudsena.

L

Langmuir-Blodgett (LB) membrane - Membrana Langmuira- Blodgetta (LB),

syntetyczna membrana kompozytowa utworzona poprzez nałożenie na podłożu jednej lub kilku kolejnych monomolekularnych warstw składnika o właściwościach amfifilowych (zawierającego fragmenty hydrofilowe i hydrofobowe).

Layer-by-layer technique - Technika warstwa po warstwie,

technika formowania membran wielowarstwowych poprzez nakładanie kolejnych warstw na poprzednie, wykorzystująca oddziaływania elektrostatyczne, tworzenie wiązań kowalencyjnych, oddziaływania van der Waalsa lub oddziaływania mieszane pomiędzy warstwami; wykorzystywana najczęściej do formowania polielektrolitowych membran wielowarstwowych.

Layered-bed EDI (EDI-LB) - Elektrodejonizacja ze złożem uwarstwionym (EDI-LB),

wariant procesu elektrodejonizacji, w którym komora diluatu wypełniona jest ułożonymi naprzemiennie warstwami żywicy kationowymiennej i anionowymiennej.

Leakage - Przeciek,

zjawisko nieselektywnego przepływu roztworu zasilającego przez membranę; zjawisko szczególnie niepożądane w procesach:
- elektrodializy i elektrodejonizacji - jest efektem nieszczelności spowodowanych niedoskonałościami modułu lub np. przez tekstylne wzmocnienia membran jonowymiennych;
- destylacji membranowej - przeciek następuje wskutek zwilżenia porów membrany hydrofobowej.

Ligand - Ligand,

substancja kompleksująca w membranie, ułatwiająca specyficzny transport niektórych składników nadawy.

Limiting current, Limiting current density - Prąd graniczny, graniczna gęstość prądowa,

w układzie z membraną jonowymienną jest to natężenie prądu (gęstość prądu), odpowiadające plateau na krzywej zależności tej wielkości od przyłożonego napięcia. Przy tym natężeniu prądu stężenie odsalanego elektrolitu przy powierzchni membrany spada do zera, dlatego przy dalszym zwiększaniu napięcia opór elektryczny znacznie rośnie i mogą wystąpić niepożądane zjawiska.

Liquid-liquid displacement method - Metoda wypierania cieczy cieczą,

metoda określania rozkładu wielkości porów w membranie, polegająca na wypieraniu cieczy wypełniającej pory inną, niemieszającą się z nią cieczą; napięcie międzyfazowe ciecz-ciecz jest znacznie mniejsze niż ciecz-gaz, wobec czego tą metodą można wyznaczyć wielkość porów znacznie mniejszą niż w przypadku metody wypierania cieczy gazem (zobacz: Gas-liquid displacement method).

Liquid junction potential - Potencjał na styku cieczy,

potencjał dyfuzyjny (potencjał nierównowagowy), który powstaje na powierzchni styku dwóch elektrolitów o różnym składzie, lub tego samego elektrolitu o różnych stężeniach; pojawia się, np. w elektrodach pomiarowych wypełnionych roztworem elektrolitu, zanurzonych w elektrolicie innego rodzaju lub o innym stężeniu.

Liquid membrane (LM) - Membrana ciekła (LM),

stanowi fazę ciekłą, najczęściej organiczną, oddzielającą dwie inne fazy (na ogół roztwory wodne); w warstwie organicznej często rozpuszczona jest substancja (przenośnik), zdolna do odwracalnej reakcji z jonami obecnymi w jednym z roztworów wodnych

Rodzaje membran ciekłych:

- membrana ciekła grubowarstwowa (bulk liquid membrane, BLM) - stanowi ją faza organiczna w układzie trzech cieczy z granicami faz utrzymywanymi grawitacyjnie;
- unieruchomiona (immobilizowana) membrana ciekła (supported liquid membrane, SLM lub immobilized liquid membrane, ILM) - membranę stanowi faza organiczna (często roztwór przenośnika w rozpuszczalniku organicznym), utrzymywana w porach hydrofobowej membrany mikrofiltracyjnej dzięki oddziaływaniom hydrofobowym;
- emulsyjna membrana ciekła (emulsion liquid membrane, ELM lub liquid surfactant membrane, LSM) - membrana jest jedną z faz ciekłych, oddzielającą fazę rozproszoną (fazę wewnętrzną, najczęściej akceptorową) od występującej w nadmiarze fazy ciągłej (fazy zewnętrznej, najczęściej donorowej). Struktura emulsyjnej membrany ciekłej odpowiada podwójnej emulsji typu woda/olej/woda (W/O/W) lub olej/woda/olej (O/W/O). Wodna faza odbierająca jest zdyspergowana w fazie organicznej, a powstała emulsja W/O jest rozproszona w fazie zasilającej.

Liquid microcapsule - Mikrokapsułka z ciekłym rdzeniem,

najczęściej otrzymywana poprzez upłynnienie hydrożelowego rdzenia kapsułki.

Low pressure membrane distillation (LPMD) - Niskociśnieniowa destylacja membranowa (LPMD),

wariant MD (zob. Membrane distillation), w którym obniżone ciśnienie po stronie permeatu powoduje dyfuzję lotnych składników roztworu zasilającego przez pory membrany; kondensacja par zachodzi poza modulem.

M

Macropores - Makropory,

pory o średnicy powyżej 50 nm; membrany makroporowate stosowane są m. in. w procesach mikrofiltracji i ultrafiltracji, a także w destylacji membranowej.

Macrosolute - Makroskładnik,

składnik roztworu zasilającego, definiowany jako składnik całkowicie zatrzymywany przez membranę porowatą w procesie filtracji.

Mean pore size - Średnia wielkość poru,

odnosi się na ogół do średniej średnicy poru.

Mediated transport (Facilitated transport) - Transport wspomagany,

transport masy przez membranę, wspomagany obecnością przenośnika (mediatora) w membranie.

Membrane - Membrana,

faza oddzielająca dwie inne fazy, działająca jako przegroda aktywna lub pasywna (selektywna lub nie) względem transportu masy (energii, informacji) pomiędzy oddzielonymi fazami; transport składnika przez membranę może zachodzić pod wpływem różnych sił napędowych: różnicy ciśnienia, stężenia, prężności par wywołanej różnicą temperatury lub potencjału elektrycznego po obu stronach membrany.

Membrane bioreactor (MBR) - Bioreaktor membranowy (MBR),

układ łączący proces biologiczny wykorzystujący organizmy żywe lub substancje aktywne, pochodzące z tych organizmów, z separacją membranową. Ze względu na sposób prowadzenia procesu układy te można podzielić na bioreaktory z membranami zanurzeniowymi oraz bioreaktory z zewnętrznym modulem membranowym.

Uwzględniając rodzaj procesu biologicznego, można wyróżnić:

- bioreaktory membranowe z osadem czynnym;
- bioreaktory membranowe enzymatyczne;
- bioreaktory membranowe do hodowli tkankowych.

Ze względu na warunki tlenowe wyróżnić można bioreaktory membranowe aerobowe lub anaerobowe. Membrana w MBR może pełnić funkcję separacyjną lub być nośnikiem substancji czynnej (np. enzymu).

Membrane capacitive deionization - Membranowa dejonizacja pojemnościowa,

proces separacji, w którym jony usuwane są z roztworu do spolaryzowanych, porowatych elektrod oddzielonych od roztworu membranami jonowymiennymi.

Membrane compaction - Kompresja membrany,

zagęszczenie struktury membrany pod wpływem przyłożonego ciśnienia, powodujące spadek szybkości transportu przez membranę; obserwowane w procesach separacji gazu lub filtracji membranowej.

Membrane conditioning (pretreatment) - Kondycjonowanie membran,

proces prowadzony po uformowaniu membrany, a przed jej zastosowaniem w procesie separacji, mający na celu stabilizację właściwości membrany lub poprawienie jej właściwości transportowych i/lub separacyjnych. Może być prowadzony z wykorzystaniem nadawy lub poprzez obróbkę cieplną.

Membrane configuration - Postać membrany (forma),

termin określający postać membrany w urządzeniu separacyjnym (module): płaska, rurowa, kapilarna lub w postaci włókien kanalikowych.

Uwaga:

"Postać membrany" należy odróżnić od "kształtu membrany": okrągła lub prostokątna. Z postacią membrany wiąże się ściśle gęstość jej upakowania w module.

Membrane contactor - Kontaktor membranowy,

urządzenie, w którym porowata membrana oddziela dwie kontaktujące się fazy, natomiast sama membrana nie działa jako bariera selektywna; przenoszenie masy następuje w układach gaz/ciecz lub ciecz/ciecz bez dyspersji jednej fazy w drugiej.

Zastosowanie porowatej membrany jako powierzchni wymiany pozwala na:

- intensyfikację procesu (dzięki zwiększonej powierzchni kontaktu);
- łączenie dwóch procesów w jednym aparacie, np. ekstrakcja/odparowanie, desorpcja/adsorpcja.

Membrane controlled release - Uwalnianie kontrolowane przez membranę,

technika polegająca na regulacji /kontroli szybkości uwalniania się substancji zamkniętej w kapsułce, która zależy od szybkości jej przenikania przez membranę stanowiącą ścianki kapsułki.

Membrane cracks - Pęknięcia w membranie,

mogą być spowodowane działaniem czynników zewnętrznych lub powstać w procesie formowania membrany; ich obecność powoduje utratę właściwości separacyjnych membrany.

Membrane crystallizer - Krystalizator membranowy,

urządzenie membranowe do kontrolowanej krystalizacji substancji z roztworów macierzystych.

Membrane defects - Defekty membranowe,

zaburzenia w strukturze membrany, zwykle obniżające zdolności separacyjne membrany.

Membrane distillation (MD) - Destylacja membranowa (MD),

proces odparowania składników nadawy przez porowatą, hydrofobową membranę. Różnica prężności par wynikająca z różnej temperatury i składu roztworów przymembranowych powoduje transport cząsteczek pary rozpuszczalnika i lotnych składników nadawy przez pory membrany. Selektyność MD zależy od prężności pary poszczególnych składników roztworu zasilającego.

Warianty MD:

- bezpośrednia kontaktowa MD (ang. Direct contact MD (DCMD)) - kondensacja permeatu zachodzi wewnątrz modułu bezpośrednio w zimnym strumieniu omywającym membranę;
- MD ze szczeliną gazową (ang. Air-gap MD (AGMD)) - cząsteczki pary dyfundują przez pory membrany i szczelinę gazową (najczęściej powietrzną), a następnie kondensują na płycie chłodzonej wodą wewnątrz modułu;
- próżniowa lub niskociśnieniowa MD (ang. Vacuum MD (VMD), Low pressure MD (LPMD)) - obniżone ciśnienie po stronie permeatu powoduje dyfuzję lotnych składników roztworu zasilającego przez pory membrany; kondensacja par zachodzi poza modułem;
- MD z gazem odbierającym (ang. Sweeping gas MD (SGMD)) - zimny obojętny gaz odbiera lotne składniki przechodzące przez membranę; kondensacja par zachodzi poza modułem;
- osmotyczna MD (ang. Osmotic MD (OMD)) - transport masy przez membranę jest spowodowany różnicą prężności par wynikającą ze składu roztworów przymembranowych. W technice tej w komorze permeatu przepływa nasycony roztwór soli lub innych związków (nie powodujących zwilżenia membrany), np. glikole, gliceryna.

Membrane electrode - Elektroda membranowa,

jonowo specyficzna elektroda wyposażona w membranę, która wyraźnie preferuje transport jednego rodzaju jonów, np. elektroda szklana.

Membrane electrode assembly (MEA) - Zespół membranowo-elektrodowy (MEA),

membrana z elektrodami naniesionymi po obu jej stronach.

Membrane electrolysis - Elektroliza membranowa,

proces elektrolizy, w którym przestrzeń katodowa oddzielona jest od przestrzeni anodowej membraną jonowymienną. Umożliwia to efektywną separację produktów wydzielanych na elektrodach, co skutkuje ich wysoką czystością. Elektroliza membranowa łączy transport jonów przez membranę jonowymienną z reakcjami elektrochemicznymi, zachodzącymi na elektrodach.

Membrane module (cell) - Moduł membranowy,

najmniejsza powtarzalna jednostka instalacji, składająca się z jednej lub wielu membran wraz z konstrukcją nośną zapewniającą odpowiednią separację strumieni nadawy, retentatu i permeatu;

Do najczęściej stosowanych modułów należą:

- płytowo-ramowy (zob. plate and frame module);
- spiralny (zob. spiral wound module);
- kapilarny (zob. capillary module);
- z włóknami kanalikowymi (zob. hollow-fibre module).

Membrane packing density - Gęstość upakowania membran,

oznacza efektywną powierzchnię membrany w jednostce objętości; membrany różniące się postacią mają różną gęstość upakowania w module.

Membrane partition (distribution) coefficient - Membranowy współczynnik podziału,

stosunek równowagowego stężenia składnika i w membranie (m) do równowagowego stężenia tego składnika w fazie zewnętrznej (e), która kontaktuje się z membraną; określa się go zgodnie z równaniem:

$$K = \frac{c_i^{(m)}}{c_i^{(e)}}$$

Membrane physical aging - Starzenie membrany,

zmiana właściwości transportowych membrany w czasie, spowodowana zmianami w jej strukturze pod wpływem czynników zewnętrznych.

Membrane potential - Potencjał membranowy,

zob. concentration potential.

Membrane reactor - Reaktor membranowy,

układ, w którym jednocześnie zachodzi reakcja (chemiczna - w obecności katalizatora, biochemiczna - w obecności biokatalizatora, fotokatalityczna – w obecności fotokatalizatora) i separacja membranowa.

Separacja może być prowadzona w zewnętrznym module lub z zastosowaniem membrany stanowiącej integralną część reaktora. Membrana w reaktorze membranowym może być pasywna (obojętna) lub katalityczna. Katalizator może być rozpuszczony lub zawieszony w mieszaninie reakcyjnej, albo immobilizowany na powierzchni lub w strukturze membrany.

Membrany stosowane w reaktorach membranowych mogą być polimerowe lub nieorganiczne.

Membrana w reaktorze może służyć do:

- selektywnego usuwania produktu lub półproduktu reakcji z mieszaniny reakcyjnej;
- separacji katalizatora;
- dozowania reagentów.

Membrane relaxation - Relaksacja membrany,

zmiana właściwości transportowych membrany spowodowana relaksacją występujących naprężeń w membranie; przegrupowanie łańcuchów polimerowych w celu osiągnięcia stanu równowagi.

Membrane sensors - Czujniki membranowe,

czujniki wyposażone w membranę, selektywnie przepuszczającą ten składnik, który jest wykrywany przez czujnik.

Membrane support - Podłoże (warstwa nośna) membrany,

podłoże, wzmacniająca warstwa membrany, która zasadniczo nie wpływa na jej właściwości transportowe.

Membranology, membrane science and technology - Membranologia,

nauka o membranach i technologiach wykorzystujących membrany.

Mercury porosimetry - Porozymetria rtęciowa,

metoda wyznaczania rozmiaru i rozkładu wielkości porów w materiale porowatym/membranie. Polega na eksperymentalnym wyznaczeniu tzw. krzywej potencjału kapilarnego, przedstawiającej zmiany objętości rtęci wprowadzonej do materiału porowatego pod wpływem stopniowo rosnącego ciśnienia oraz obliczeniu wielkości i rozkładu wielkości porów. Metoda stosowana raczej dla membran o sztywnej matrycy. W przypadku membran polimerowych może nastąpić rozciąganie porów, a nawet ich rozrywanie przy wyższych ciśnieniach (mniejszych rozmiarach porów).

Mesopores - Mezopory,

pory o średnicy od 2 do 50 nm.

Metal-organic framework (MOF) - Metaloorganiczne sita molekularne (MOF),

klasa materiałów krystalicznych, których struktura odpowiada regularnej dwu- lub trójwymiarowej sieci, zawierającej kationy metali jako „węzły” sieci, połączone koordynacyjnie organicznymi elementami struktury (mostkami); MOF charakteryzują się dużą powierzchnią właściwą ($300-6000 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) i porowatością; wielkość porów zazwyczaj w zakresie mikroporów ($< 2 \text{ nm}$); stosowane jako składnik membran heterogenicznych (zob. Mixed matrix membranes) lub jako samodzielne membrany, otrzymywane poprzez krystalizację MOF na podłożu porowatym.

Microcapsule - Mikro kapsułka,

najczęściej sferyczny zbiorniczek o wymiarach ok. 0,2 – 3,0 mm, wewnątrz którego unieruchomiony jest np. materiał biologicznie aktywny; zbudowany z co najmniej dwóch warstw: rdzenia (najczęściej hydrożelowego) oraz otaczającej go membrany półprzepuszczalnej. Mikro kapsułki wytwarza się najczęściej w procesie dwuetapowym; w pierwszym etapie następuje zamknięcie (immobilizacja) materiału (np. biologicznie aktywnego) wewnątrz hydrożelowej mikro kulki; w drugim etapie na zewnętrznej powierzchni mikro kulki wytwarza się membranę, poprzez zanurzenie mikro kulek w rozcieńczonym roztworze polimeru posiadającego grupy funkcyjne o przeciwnym ładunku w stosunku do polimeru tworzącego rdzeń kapsułki.

Microfiltration (MF) - Mikrofiltracja (MF),

ciśnieniowy proces membranowy, w którym zatrzymywane są cząstki zawieszone oraz substancje rozpuszczone o średnicach większych niż 0,1 μm . Mechanizm separacji oparty jest na działaniu sitowym membran porowatych. W mechanizmie sitowym decydującą rolę odgrywa wielkość i kształt cząstek separowanych substancji oraz wielkość porów membrany.

Wobec stosunkowo dużych porów membran mikrofiltracyjnych (0,1-10 μm), możliwe jest uzyskanie wysokich strumieni permeatu przy niewielkim ciśnieniu transmembranowym (0,1-0,3 MPa).

Micropores - Mikropory,

pory o średnicy poniżej 2 nm.

Microsolute - Mikrośladnik,

śladnik roztworu zasilającego, definiowany (roboczo) jako zdolny do transportu przez membranę w danym procesie membranowym; w zależności od typu procesu mogą nim być np.: makrocząsteczki (mikrofiltracja), sole dwuwartościowe (ultrafiltracja), sole jednowartościowe (nanofiltracja), woda (odwrócona osmoza).

Mixed matrix membrane (MMM) - Membrana o mieszanej matrycy (MMM),

membrana składająca się z fazy ciągłej (zwykle matrycy polimerowej), w której rozproszone są cząstki napelnacza (zazwyczaj nieorganiczne cząstki porowate lub nieporowate); łączenie obu materiałów ma na celu poprawę właściwości transportowych membrany na skutek synergicznego działania obu składników.

Mixed-bed EDI (EDI-MB) - Elektrodejonizacja ze złożem mieszanym (EDI-MB),

wariant procesu elektrodejonizacji, w którym komora diluatu wypełniona jest mieszaniną żywicy aniono- i kationowymiennej.

Mobile carrier - Przenośnik ruchomy,

substancja rozpuszczona i poruszająca się swobodnie w membranie ciekłej (ale nie rozpuszczająca się ani w roztworze zasilającym ani w permeacie), zdolna do

odwracalnej reakcji z wybranym składnikiem roztworu zasilającego, który w postaci kompleksu z tym przenośnikiem jest transportowany przez membranę i uwalniany po stronie permeatu, po czym zregenerowany przenośnik rozpoczyna nowy cykl separacyjny; por. Fixed carrier.

Modified fouling index (MFI) - Indeks MFI (zmodyfikowany indeks blokowania),

wielkość empiryczna, będąca miarą liczby cząstek zawieszonych, obecnych w filtrowanym roztworze. Jest jednym ze wskaźników blokowania (*FI*).

Zasada wyznaczania *MFI* jest zbliżona do określania *SDI* (zob. Silt density index (*SDI*)), z tym że objętość filtratu mierzy się co 30 sekund przez cały czas trwania pomiaru (15 minut).

U podstaw *MFI* leży model placka filtracyjnego (ang. cake filtration model):

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\eta} \frac{A\Delta p}{(R_m + R_c)}$$

gdzie: *t* - czas filtracji, *V* - objętość permeatu, Δp - ciśnienie, η - lepkość dynamiczna, *A* - powierzchnia membrany, *R_m* - opór hydrauliczny membrany, *R_c* - opór placka filtracyjnego, którego zależność od *V* przyjmuje się za liniową:

$$R_c = \frac{V}{A} I$$

I w powyższym równaniu określany jest czasem terminem „wskaźnik blokowania” (ang. fouling index). Po scałkowaniu i przekształceniu równania na szybkość filtracji, *dV/dt*, otrzymuje się:

$$\frac{t}{V} = a + MFI \cdot V$$

gdzie *MFI* i *a* są zdefiniowane odpowiednio:

$$MFI \equiv \frac{\eta I}{2A^2 \Delta P}$$

$$a \equiv \frac{\eta R_m}{A \Delta P}$$

MFI określa się na podstawie nachylenia prostoliniowego odcinka krzywej wykreślonej w układzie *t/V = f(V)*.

Molecular diffusion - Dyfuzja molekularna,

zob. Diffusion.

Molecular sieving - Przesiewanie molekularne,

rozdzielanie składników z wykorzystaniem efektu sita molekularnego.

Molecular sieving membrane - Membranowe sito molekularne,

membrana rozdzielająca składniki z wykorzystaniem efektu sitowego na poziomie molekularnym.

Molecular-weight cut-off (MWCO) - Graniczna masa cząsteczkowa (GMC)

zob. Cut-off (molecular weight cut-off).

Mosaic membrane - Membrana mozaikowa,

membrana zawierająca mikroobszary kationo- i anionowymienne, odizolowane od siebie, ułożone względem siebie równolegle, przechodzące przez całą grubość membrany. Stosowana w piezodializie, ciśnieniowym transporcie soli w celu zatężenia roztworu elektrolitu.

Multichannel membrane - Membrana wielokanałowa,

rodzaj membrany ceramicznej, mającej postać rury z wieloma równoległymi kanałami. Taka konstrukcja umożliwia zwiększenie powierzchni roboczej membrany bez konieczności łączenia w jednym module wielu pojedynczych membran.

Multistage recirculation - Obieg wielostopniowy,

tryb działania systemu membranowego, w którym proces membranowy odbywa się w kilku stopniach; w skład jednego stopnia wchodzi moduły połączone równolegle, z zamkniętym obiegiem retentatu wymuszonym pompą recyrkulacyjną.

N

Nanocomposite - Nanokompozyt,

kompozyt zawierający co najmniej jeden odrębny materiał o wielkości cząstek mniejszej niż 100 nm.

Nanofiltration (NF) - Nanofiltracja (NF),

ciśnieniowy proces membranowy, w którym zatrzymywane są substancje o średnicach cząsteczek większych niż 2 nm. Membrany NF skutecznie separują jony wielowartościowe (np. SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) oraz związki organiczne o masie cząsteczkowej większej niż 200-300 Da. Membrany polimerowe stosowane w NF nie mają porów w znaczeniu konwencjonalnym; przyjmuje się, że są to membrany nieporowate (zob. Dense membrane). Pory takich membran można przedstawić jako przestrzenie pomiędzy łańcuchami polimeru tworzącego membranę (zob. Free volume). Nanofiltracyjne membrany nieorganiczne zawierają pory o średnicach 0,5-2 nm.

Mechanizm separacji w procesie NF jest bardzo złożony i różny dla membran nieporowatych i porowatych, zależy także od rodzaju separowanych substancji. W przypadku gęstych membran polimerowych separacja przebiega według mechanizmu rozpuszczania - dyfuzji. Membrany polimerowe mogą zawierać na swojej powierzchni grupy naładowane ujemnie (np. sulfonowe, karboksylowe) lub dodatnio (np. amoniowe), co nadaje tym membranom właściwości jonoselektywne. W takim przypadku mechanizm separacji oparty jest na efekcie Donnana.

W przypadku membran porowatych (nieorganicznych) separacja cząsteczek nienaładowanych o masie cząsteczkowej powyżej 200-300 Da (np. polisacharydów, pestycydów, itp.) zachodzi, podobnie jak w MF i UF, zgodnie z mechanizmem sitowym. Ciśnienia transmembranowe stosowane w procesie NF mieszczą się na ogół w zakresie 0,5 - 2,0 MPa.

Neutral cell - Komora obojętna,

w procesie elektrodializy, komora sąsiadująca z komorą elektrodową, ograniczona przez dwie identyczne membrany.

Non-permselective membrane reactor (NMR) - Reaktor membranowy z membraną nieselektywną (NMR),

reaktor membranowy zawierający obojętną, tj. nie wykazującą właściwości katalitycznych, nieselektywną membranę. Rolą membrany w tym układzie jest dystrybucja reagentów.

Nonsolvent induced phase separation membrane formation (NIPS) - Formowanie membran poprzez inwersję faz indukowaną nierozpuszczalnikiem,

(zob. Wet-phase separation membrane formation)

Nonwoven fabric - Włóknina,

służy jako bardzo porowate podłoże do wzmocnienia membrany; w wielu wypadkach włókniny stanowią samoistne membrany półprzepuszczalne (włókninowe filtry świecowe, filtry szklane i kwarcowe, filtry z włókien metalicznych - najczęściej ze stali kwasoodpornej). Włókniny są również używane jako nieklasyczne prekursorzy porów przy otrzymywaniu membran szerokoporowatych stosowanych jako rusztowania komórkowe (zob. scaffold).

O

Off-specification product (OSP) - Produkt poza specyfikacją (OSP),

w elektrodializie odwracalnej roztwór, zazwyczaj diluat, który przez pewien czas po zmianie polaryzacji elektrod nie spełnia wymogów dotyczących składu i jest zawracany lub odrzucany.

Osmosis - Osmoza,

proces dyfuzji rozpuszczalnika (np. wody) przez membranę półprzepuszczalną, która oddziela dwa roztwory o różnym stężeniu; zachodzi spontanicznie i prowadzi do wyrównania stężeń (potencjałów chemicznych) obu roztworów.

Osmotic distillation (osmotic membrane distillation) (OD, OMD) - Osmotyczna destylacja membranowa (OMD),

rodzaj destylacji membranowej, w której transport masy przez membranę porowatą spowodowany jest różnicą prężności par wynikającą ze składu roztworów przymembranowych; w technice tej w komorze permeatu przepływa nasycony

roztwór soli (lub innych związków nie powodujących zwilżenia membrany), charakteryzujący się niską prężnością pary.

Outside-in - „Z zewnątrz do wewnątrz”,

sposób zasilania modułu kapilarnego, gdy nadawa przepływa po stronie zewnętrznej, a permeat jest odbierany wewnątrz włókien.

P

Packed-bed catalytic membrane reactor (PBCMR) - Katalityczny reaktor membranowy ze stałym złożem katalizatora (PBCMR),

reaktor membranowy zawierający półprzepuszczalną membranę katalityczną, znajdującą się w kontakcie ze stałym złożem katalizatora. Oprócz funkcji katalitycznej, rolą membrany jest selektywne usuwanie produktu lub selektywne dodawanie reagenta. W rozwiązaniu tym można prowadzić jednocześnie różne reakcje po obu stronach membrany, przy czym produkt reakcji 1 powstający po jednej stronie membrany, po przejściu na jej drugą stronę używany jest jako substrat w reakcji 2.

Packed-bed membrane reactor (PBMR) - Reaktor membranowy ze stałym złożem katalizatora (PBMR),

reaktor membranowy zawierający półprzepuszczalną, ale nie katalityczną membranę, znajdującą się w kontakcie z katalizatorem w formie stałego złoża. W najprostszej konfiguracji złożo katalizatora wypełnia wnętrze membrany rurowej. Rolą membrany jest selektywne usuwanie produktu, co przyczynia się do poprawy stopnia konwersji, lub selektywne dodawanie reagenta, wpływające korzystnie na wzrost selektywności.

Packed-bed reactor containing permselective membrane coated catalyst particles (PLMR) - Reaktor membranowy ze stałym złożem zawierający cząstki katalizatora pokryte membraną półprzepuszczalną (PLMR),

reaktor membranowy, w którym każda z cząstek katalizatora jest pokryta membraną półprzepuszczalną (nie katalityczną), stanowiąc mikroreaktor membranowy. Takie mikroreaktory tworzą w reaktorze membranowym stałe złożo, analogicznie jak w przypadku reaktora ze stałym złożem katalizatora. Zaletą rozwiązania jest możliwość zapobieżenia zatruciu katalizatora. Ponadto selektywne usuwanie produktu lub dozowanie reagenta przyczynia się do poprawy selektywności i stopnia konwersji.

Packing density - Gęstość upakowania,

zob. Membrane packing density.

Partition coefficient - Współczynnik podziału,

zob. Distribution coefficient.

Passive transport - Transport pasywny,

transport substancji przez membranę wywołany różnicą potencjałów chemicznych po obu stronach membrany; por. Coupled transport, Facilitated transport.

Penetrant (permeant) - Penetrant (permeant),

składnik przechodzący przez membranę z fazy będącej z nią w kontakcie (nadawy).

Permeability - Przepuszczalność,

zdolność membrany do przepuszczania płynów (cieczy i/lub gazów); w odniesieniu do określonego składnika płynu jest to strumień tego składnika przez membranę w przeliczeniu na jednostkę siły napędowej powodującej przepływ; zob. Permeability coefficient.

Permeability coefficient - Współczynnik przepuszczalności,

ilościowe określenie szybkości permeacji substancji przez membranę. Ilość substancji, która została przetransportowana w jednostce czasu przez jednostkową powierzchnię membrany, odniesiona do jednostkowej wartości siły napędowej i przeliczona na grubość membrany; w procesie permeacji gazów jednostką jest Barrer ($1 \text{ Barrer} = 10^{-10} \text{ cm}^3(\text{STP}) \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm Hg}^{-1} = 3,35 \cdot 10^{-16} \text{ mol} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$).

Permeance - Permeancja,

wielkość strumienia danego składnika odniesiona do jednostkowej wartości odpowiadającej mu siły napędowej procesu membranowego; w procesie permeacji gazów jest to strumień odniesiony do jednostkowej różnicy ciśnień cząstkowych; jednostką jest GPU (gas permeation unit; $1 \text{ GPU} = 10^{-6} \text{ cm}^3(\text{STP}) \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm Hg}^{-1} = 3,35 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$).

Permeate - Permeat,

stanowi objętość, masę lub licznosc materii transportowaną przez membranę, składającą się z substancji niezatrzymanych przez nią; np. podczas oczyszczania roztworów wodnych w procesach ciśnieniowych permeatem jest woda zawierająca zanieczyszczenia, w stosunku do których membrana nie wykazała właściwości separacyjnych.

Uwaga: termin zalecany dla wszystkich procesów membranowych.

Permeate post-treatment - Obróbka permeatu,

uzupełniająca obróbka permeatu w celu nadania mu pożądanych właściwości; może polegać na usunięciu z niego niepożądanych składników (doczyszczaniu) lub wprowadzeniu pożądanych składników (np. remineralizacja permeatu RO).

Permeation - Permeacja,

proces transportu cząsteczek płynów (permeatu) przez membranę, zachodzący pod wpływem różnych sił napędowych i według różnych mechanizmów.

Permporometry - Permporometria,

technika pomiaru wielkości porów polegająca na kontrolowanym blokowaniu porów wskutek kondensacji kapilarnej przy jednoczesnym pomiarze strumienia gazu przepływającego przez pory, które są otwarte (przelotowe). Jako pary ulegające kondensacji stosowane są na ogół pary wody, etanolu, metanolu, izopropanolu, a gazem nośnym jest zwykle azot.

Permselective membranes - Membrany selektywne, membrany permselektywne,

membrany separujące składniki mieszanin na skutek istnienia różnic we właściwościach tych składników, takich jak wielkość cząsteczek, rozpuszczalność, szybkość dyfuzji lub ładunek elektryczny (w odniesieniu do jonów). Dawniej: membrany półprzepuszczalne.

Uwagi:

Historycznie biorąc, termin "półprzepuszczalne" był używany bez znajomości podstaw teoretycznych. W okresie późniejszym oznaczał głównie membrany separujące cząsteczki o różnej wielkości i różnym kształcie. Termin "selektywne" (permselektywne) był używany w odniesieniu do membran do elektrodializy, które separują jony o różnych ładunkach elektrycznych. W miarę postępu wiedzy stało się zrozumiałe, że podstawą selektywnego przenoszenia mogą być również inne właściwości składników i membran, takie jak różna rozpuszczalność składników w polimerze oraz różna szybkość dyfuzji. Termin "membrany selektywne" ma szersze znaczenie i nie zależy od mechanizmu rozdziału.

Permselectivity - Permselektywność,

zdolność membrany do preferencyjnego transportu wybranych składników nadawy; określana jest poprzez stosunek strumienia danego składnika do całkowitego strumienia przenikającego przez membranę pod wpływem określonej siły napędowej; w przypadku membran gęstych określana jest dla mieszaniny dwuskładnikowej jako stosunek współczynników przepuszczalności obu składników

$$S_{A,B}^P = \frac{P_A}{P_B}$$

dla membran porowatych określana jest za pomocą współczynnika zatrzymania (zob. Rejection coefficient (factor); Retention coefficient (factor) (R)); dla membran jonowymiennych określa stopień, w jakim jon danego rodzaju jest przez membranę przepuszczony, a jon o znaku przeciwnym zatrzymany; obliczana jest na podstawie odpowiednich liczb przenoszenia dla przeciwjonów i współjonów w membranie i roztworach zewnętrznych (zob. Transfer number).

Pertraction - Pertrakcja,

proces polegający na ekstrakcji związków organicznych (lotnych i nielotnych) z cieczy przy pomocy membrany; wykorzystuje się hydrofobowe membrany mikrofiltracyjne, które nie są selektywne, ale zapewniają dużą powierzchnię kontaktu pomiędzy separowaną cieczą i cieczą ekstrahującą oraz zapobiegają mieszanii się obu faz (zob. Membrane contactor).

Pervaporation (PV) - Perwaporacja (PV),

proces membranowej separacji składników mieszaniny cieczy, w którym strumienie nadawy i retentatu są w fazie ciekłej, natomiast permeat odbierany jest w postaci par; selektywny transport przez membranę gęstą (lub mikroporowatą) zachodzi według mechanizmu rozpuszczania-dyfuzji (zob. Solution-diffusion model), a o selektywności decyduje materiał membrany; siłą napędową procesu jest różnica ciśnień cząstkowych po obu stronach membrany (zasadniczo różnica potencjałów chemicznych); rozróżniane są trzy obszary separacji mieszanin cieczy metodą PV: odwadnianie cieczy organicznych, gdzie wykorzystuje się membrany o właściwościach hydrofilowych; usuwanie lotnych związków organicznych (zob. Volatile organic compounds) z wody z wykorzystaniem membran o właściwościach hydrofobowych; separacja mieszanin cieczy organicznych, w tym separacja rozpuszczalników bliskowrzących i mieszanin azeotropowych.

Pervaporation separation factor - Współczynnik separacji w perwaporacji,

selektywność membrany perwaporacyjnej wyrażana jest zazwyczaj za pomocą współczynnika separacji (zob. Separation coefficient), który dla mieszaniny dwuskładnikowej przyjmuje postać:

$$\alpha = \frac{\frac{y_A}{y_B}}{\frac{x_A}{x_B}}$$

gdzie y_A i y_B są udziałami składników A i B w permeacie, a x_A i x_B udziałami tych składników w nadawie. Innym parametrem wyrażającym selektywność membrany PV jest współczynnik wzbogacenia β (zob. Enrichment factor).

Pervaporation separation index (PSI) - Perwaporacyjny indeks separacyjny (PSI),

stosowany jest jako miara zdolności separacyjnej membrany; definiowany jako:

$$PSI = J_{cat} \cdot \alpha_{AB}$$

gdzie α_{AB} jest współczynnikiem separacji definiowanym powyżej, a J_{cat} jest strumieniem całkowitym przez membranę.

Phase separation (inversion) membrane formation - Formowanie membran metodą inwersji faz,

metoda, w której homogeniczny roztwór polimeru (faza ciekła) ulega przekształceniu w membranę (faza stała). Proces jest często inicjowany przejściem jednego homogenicznego roztworu ciekłego w dwa roztwory ciekłe różniące się stężeniem polimeru (segregacja ciecz- ciecz). Kontrola parametrów procesu w początkowym etapie przemiany fazowej umożliwia projektowanie morfologii membran, tzn. możliwe jest otrzymanie struktury porowatej lub nieporowatej. Inwersja faz może zachodzić pod wpływem:

- odparowania rozpuszczalnika - metoda sucha; w procesie tym rozpuszczony polimer ulega zestaleniu w efekcie odparowania rozpuszczalnika, co prowadzi do otrzymania membrany gęstej (zob. Dry-phase separation membrane

formation). Uwaga: do roztworu polimeru mogą być dodawane substancje, które zmieniają proces formowania matrycy membrany podczas odparowania rozpuszczalnika,

- odparowania bardziej lotnego rozpuszczalnika z roztworu polimeru zawierającego mieszaninę rozpuszczalnika i nie rozpuszczalnika - metoda sucha; proces ten powoduje wytrącenie polimeru i prowadzi do utworzenia membrany porowatej (zob. Dry-phase separation membrane formation),
- termozelowania lub wytrącenia polimeru spowodowanego kontrolowaną zmianą temperatury (zob. Thermally induced phase separation membrane formation (TIPS)),
- dodatku nierozpuszczalnika będącego w fazie gazowej do roztworu polimeru co powoduje jego wytrącenie (formowanie symetrycznych membran porowatych),
- dodatku nierozpuszczalnika polimeru - metoda mokra; formowanie membrany zachodzi w wyniku wytrącania polimeru, po zanurzeniu roztworu błonotwórczego w kąpeli nierozpuszczalnika (zob. Wet-phase separation membrane formation); odmianą metody mokrej jest metoda mokra ze wstępnym odparowaniem rozpuszczalnika (wstępną ekspozycją wylanego filmu na działanie np. powietrza) (zob. Dry-wet-phase separation membrane formation).

Photocatalytic membrane reactor (PMR) - Fotokatalityczny reaktor membranowy (PMR),

układ hybrydowy, w którym jednocześnie zachodzą proces fotokatalityczny oraz separacja membranowa. Ze względu na sposób wprowadzenia fotokatalizatora do układu, fotokatalityczne reaktory membranowe można podzielić na: (I) reaktory z fotokatalizatorem immobilizowanym na powierzchni lub wewnątrz struktury membrany (FRM z membranami fotokatalitycznymi) i (II) reaktory z fotokatalizatorem w zawiesinie. W przypadku, gdy proces fotokatalityczny prowadzony jest w fazie gazowej, zastosowanie znajdują FRM typu (I), natomiast gdy środowiskiem reakcji jest faza ciekła, stosowane są oba rodzaje reaktorów. W FRM z membranami fotokatalitycznymi (typ I) membrana jest nośnikiem fotokatalizatora oraz może pełnić funkcje separacyjne, czyli stanowić barierę dla substancji obecnych w roztworze (np. zanieczyszczeń i produktów ich rozkładu lub substratów reakcji syntezy organicznej). W tego rodzaju FRM reakcje fotokatalityczne zachodzą na powierzchni membrany lub w jej porach, dlatego konieczne jest naświetlanie samej membrany (w zależności od konfiguracji - od strony nadawy lub permeatu). W FRM z fotokatalizatorem w zawiesinie (typ II) membrana pełni funkcję separacyjną przede wszystkim w stosunku do cząstek fotokatalizatora. Ponadto, w zależności od zastosowanej techniki membranowej i właściwości samej membrany, może ona również działać jako bariera dla substancji obecnych w nadawie i produktów ich fotokatalitycznego rozkładu. W FRM typu (II) wykorzystywane są zarówno techniki ciśnieniowe (mikrofiltracja (MF), ultrafiltracja (UF), nanofiltracja (NF)), jak i dyfuzyjne (perwaporacja (PV), dializa, destylacja membranowa (MD)).

Piezodialysis; Pressure dialysis - Piezodializa, dializa ciśnieniowa,

technika odsalania polegająca na ciśnieniowym tłoczeniu roztworu elektrolitu przez membrany mozaikowe; zob. Mosaic membrane.

Pin hole (pinhole) - Otworek, „dziurka od szpilki”,

mały defekt w membranie powodujący utratę jej selektywności.

Plasma-enhanced chemical vapor deposition (PE-CVD) - Plazmowo wspomagane chemiczne osadzanie z fazy gazowej,

proces stosowany do otrzymywania cienkich filmów (10-10 000 nm) metodą chemicznego osadzania na podłożu reaktywnych monomerów z fazy gazowej z wykorzystaniem plazmy; w zależności od rodzaju prekursora oraz warunków eksperymentalnych powłoki mogą być nieorganiczne lub organiczne; w przypadku powłok organicznych proces nazywany jest polimeryzacją plazmową, jednak w odróżnieniu od polimerów otrzymane w ten sposób filmy nie posiadają jednostek powtarzalnych, są amorficzne i usieciowane. Cechuje je wysoka adhezja do podłoża oraz brak defektów.

Plate-and-frame module - Moduł płytowo-ramowy,

układ płaskich membran, oddzielonych przekładkami dystansowymi, łączonych w stosy pionowe lub poziome.

Plugging index (PI) - Indeks zatykania (PI),

wielkość empiryczna będąca miarą liczby cząstek zawieszonych, obecnych w filtrowanym roztworze. Jest jednym ze wskaźników blokowania (FI).

PI określa się podobnie jak SDI (zobacz: Silt density index), z tym że stosuje się różne czasy filtracji.

PI oblicza się z zależności:

$$PI = 1 - \frac{\Delta t_1 \cdot \Delta V_2}{\Delta t_2 \cdot \Delta V_1}$$

gdzie V - objętość, t - czas.

Polymer electrolyte membrane (PEM) - Membrana wykonana z elektrolitu polimerowego (PEM),

element ogniwa paliwowego PEMFC (zob. Fuel cell) oddzielający katodę od anody, umożliwiający przenoszenie jonów H^+ (zobacz: Proton-exchange membrane) albo OH^- . Membrany w ogniwach z elektrolitem polimerowym mogą być wykonane np. z:

- polimerów fluorowanych,
- polimerów sulfonowanych,
- polimerów aromatycznych.

W ogniwach PEMFC jako elektrolit stosowane są najczęściej membrany jonowymiennie znane pod komercyjną nazwą Nafion® (DuPont). Nafion® jest kopolimerem tetrafluoroetenu i perfluorowanego eteru oligowinyloвого zakończonego silnie kwasową resztą sulfonową. Na rynku dostępne są również inne polimery, np. Flemion® (Asahi Glass Co.), Fumion® (Fumatech) i Tosflex® (Tosoh Co. Ltd.). Membrany formowane są na ogół w postaci cienkiej folii.

Polymer inclusion membrane (PIM) - Polimerowa membrana inkluzyjna (PIM),

membrana będąca alternatywą dla immobilizowanej membrany ciekłej (zobacz: Supported liquid membrane); składa się z polimeru bazowego, najczęściej trioctanu celulozy (CTA), polichloru winylu (PVC), plastyfikatora oraz ekstrahującego nośnika, np. tri-butylofosforanu (TBN), którego rolą jest kompleksowanie określonego składnika i następnie jego transport przez membranę.

Polymerisable ionic liquids - Ciecze jonowe zdolne do polimeryzacji.

Polymers of intrinsic microporosity (PIM) - Polimery z wewnętrzną mikroporowością (PIM),

amorficzne polimery szkliste zawierające system połączonych ze sobą porów o średnicy mniejszej niż 2 nm, co bezpośrednio wynika z kształtu i sztywności ich makrocząsteczek; polimery te zachowują się jak sita molekularne w niskotemperaturowych pomiarach adsorpcji azotu; cechą charakterystyczną jest struktura łańcucha głównego zawierającego sztywne jednostki oraz centra kontorsji, które uniemożliwiają efektywne upakowanie łańcuchów i prowadzą do wysokich wartości FFV (zob. Fractional free volume).

Pore - Por,

jeden z wielu małych otworów w membranie składający się na jej porowatość. Pory mogą być zamknięte lub przelotowe. Z punktu widzenia transportu membranowego tylko te ostatnie są istotne. Stąd do wyznaczania porowatości membran powinny być stosowane metody przepływowe, np. permoporometria (zob. Permporometry) lub metoda pęcherzykowa (zob. Bubble point test), a nie porozymetria rtęciowa (zob. Mercury porosimetry).

Pores precursor - Prekursor porów,

substancja dodawana do roztworów membranotwórczych w celu generowania porów w membranie. Mogą być to dodatki polimerów, takich jak np. poli(winylopirolidon), czy poli(glikole etylenowe), ale również np. kryształki chlorku sodu, chlorku litu, włókniny z polimerów naturalnych i syntetycznych, włókna celulozowe; używano też kulek z zamrożonej wody i z lodowatego kwasu octowego.

Porosity - Porowatość,

miara objętości pustej przestrzeni w materiale/membranie; stosunek objętości wolnych przestrzeni do całkowitej objętości materiału.

Porous - Porowaty.

Potable water - Woda pitna,

woda o zasoleniu mniejszym niż $500 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3}$, spełniająca wymagania mikrobiologiczne i standardy bezpieczeństwa (zawartości specyficznych zanieczyszczeń określone odpowiednimi przepisami); bezpieczna i nadająca się do picia; używana w przemyśle spożywczym.

Pressure Driven Membrane Operations (Processes, Techniques) - Ciśnieniowe operacje (procesy, techniki) membranowe,

techniki membranowe, w których siłą napędową jest różnica ciśnień po obu stronach membrany (ciśnienie transmembranowe); do tego rodzaju technik należą: odwrócona osmoza, nanofiltracja, ultrafiltracja, mikrofiltracja.

Pressure retarded osmosis (PRO) - Proces osmotyczny z ograniczonym ciśnieniem (PRO),

technika membranowa wykorzystywana do wytwarzania energii elektrycznej w wyniku osmotycznego przepływu wody przez membranę półprzepuszczalną rozdzielającą roztwory o różnym ciśnieniu osmotycznym. Woda przepływająca przez membranę z roztworu mniej zasolonego do roztworu o większym stężeniu soli (roztworu odbierającego) powoduje jego sprężanie. Rozprężany rozcieńczony roztwór odbierający napędza turbinę wytwarzając energię elektryczną.

Proton-exchange membrane (PEM) - Membrana protonowymienna (PEM),

element ogniwa paliwowego PEMFC (zob. Fuel cell i Polymer electrolyte membrane).

Proton leakage - Wsteczny przepływ protonów,

niepożądany transport utrudniający zażęzanie kwasów, spowodowany niską selektywnością membran anionowymiennych wobec protonów.

R

Recovery (recovery rate) - Odzysk (stopień odzysku),

część strumienia nadawy, która została przetransportowana przez membranę. Oblicza się go jako stosunek natężenia przepływu permeatu (Q_P , np. w $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) do natężenia przepływu nadawy (Q_N , np. w $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) i wyraża w zakresie wartości od 0 do 1 lub od 0 do 100%:

$$O = \frac{Q_P}{Q_N} \quad \text{lub} \quad O(\%) = \frac{Q_P}{Q_N} \cdot 100$$

Czasami odzysk odnosi się tylko do wybranego składnika nadawy. Wówczas w ww. zależności zamiast natężeń przepływu permeatu i nadawy uwzględnia się natężenia przepływu danego składnika w permeacie i nadawie; zob. Concentration factor.

Relative recovery (substance efficiency) - Względny odzysk (wydajność składnika),

współczynnik wskazujący na efektywność odzyskiwania określonego składnika z nadawy; w odniesieniu do składnika B, względny odzysk $\eta_{n,B}$ definiowany jest jako stosunek ilości tego składnika ($\eta_{B, \text{wylot}}$) w strumieniu, który staje produktem (może to być retentat lub permeat), do ilości tego składnika w strumieniu wprowadzonym do procesu membranowego ($\eta_{B, \text{wlot}}$)

$$\eta_{n,B} = \frac{\eta_{B,wylot}}{\eta_{B,wlot}}$$

W przypadku, gdy produktem jest permeat, względny odzysk $\eta_{n,B}$ odpowiada wartości odzysku O (zob. Recovery (recovery rate)).

Reflection Coefficient (σ) - Współczynnik odbicia (σ),

jest miarą selektywności membrany w odniesieniu do składnika A. Osiąga wartości w przedziale $0 \leq \sigma \leq 1$. Gdy $\sigma = 0$, membrana jest nieselektywna, czyli w jednakowym stopniu przenikają przez nią rozpuszczalnik i składnik rozpuszczony A (membrana nie zatrzymuje składnika A). W przypadku $\sigma = 1$ membrana wykazuje idealną selektywność, czyli nie zachodzi przez nią transport składnika A. Określenie „współczynnik odbicia” wskazuje zatem, w jakim stopniu dany składnik jest „odbijany” (zatrzymywany) przez membranę w porównaniu z rozpuszczalnikiem.

Współczynnik odbicia dla procesu odwróconej osmozy, gdy strumień objętościowy permeatu $J = 0$, można obliczyć z zależności:

$$\sigma = \frac{\Delta P}{\Delta \pi}$$

gdzie ΔP - ciśnienie transmembranowe, $\Delta \pi$ - różnica ciśnień osmotycznych po obu stronach membrany.

σ jest górną granicą rzeczywistego współczynnika retencji, R_{intr} ; przy strumieniu objętościowym przez membranę dążącym do nieskończoności R_{intr} dąży do σ .

Dlatego σ szacowane jest czasem na podstawie R :

$$\sigma > R_{intr} > R = 1 - \frac{c_p}{c_R}$$

gdzie c_p - stężenie składnika w permeacie, c_R - stężenie składnika w retentacie.

Współczynnik odbicia można również wyznaczyć graficznie, na podstawie równania:

$$J_s = P_m \cdot (C_m - C_p) + J_v \cdot (1 - \sigma) \cdot C^* \quad (x)$$

gdzie: J_s - strumień składnika A, J_v - strumień rozpuszczalnika, P_m - przepuszczalność składnika A (dyfuzyjny transport składnika przez membranę), C_m - stężenie składnika A przy powierzchni membrany, C_p - stężenie składnika A po stronie permeatu, C^* - średnia logarytmiczna stężeń:

$$C^* = \frac{(C_m - C_p)}{\ln\left(\frac{C_m}{C_p}\right)}$$

Przekształcając zależność (x) do postaci:

$$\frac{J_s}{C_m - C_p} = P_m + J_v \cdot (1 - \sigma) \cdot \frac{C^*}{(C_m - C_p)}$$

oraz wykreślając krzywą w układzie $y = f(x)$, gdzie $y = \frac{J_s}{C_m - C_p}$, a $x = \frac{C^* \cdot J_v}{(C_m - C_p)}$, wartość P_m można określić z przecięcia z osią y , natomiast nachylenie krzywej odpowiada wartości $(1 - \sigma)$.

W przypadku membran porowatych, np. ultrafiltracyjnych, o separacji substancji decyduje w znacznym stopniu ich wielkość (efekt sitowy). Zatem wartość współczynnika odbicia na ogół wzrasta wraz ze wzrostem wielkości cząsteczek substancji rozpuszczonych.

Reinforcing fabric - Tkanina wzmacniająca.

Rejection - Odrzucenie, usunięcie.

Rejection coefficient (factor) (R) - Współczynnik usunięcia (R),

jest ilościową miarą retencji; wyrażany poprzez stosunek stężeń zatrzymanego składnika w permeacie (C_P) i nadawie (C_N);

$$R = 1 - \frac{C_P}{C_N}$$

przy określonych parametrach separacji; zob. Retention factor.

Retentate (concentrate) - Retentat (koncentrat),

roztwór opuszczający układ membranowy, stanowiący część roztworu zasilającego (nadawy) po oddzieleniu permeatu; wzbogacony o składniki zatrzymane przez membranę (pozbawiony składników przechodzących przez membranę).

Retention - Retencja, zatrzymanie,

zdolność membrany do zatrzymywania separowanego składnika.

Retention coefficient (factor) (R) - Współczynnik retencji (R),

jest ilościową miarą retencji; wyrażany poprzez stosunek stężeń zatrzymanego składnika w permeacie (C_P) i retentacie (C_R);

$$R = 1 - \frac{C_P}{C_R}$$

przy określonych parametrach separacji.

Zdefiniowany wyżej współczynnik jest często nazywany doświadczalnym współczynnikiem retencji. Jest on różny od rzeczywistego współczynnika retencji (R_{intr}) obliczanego na podstawie stężenia składnika przy powierzchni membrany (C_m);

$$R_{intr} = 1 - \frac{C_m}{C_R}$$

R_{intr} - rzeczywisty (lub wewnętrzny) współczynnik retencji; wielkość używana w modelach teoretycznych i w badaniach polaryzacji stężeniowej.

Reverse electro dialysis (RED) - Elektrodializa odwrócona (RED),

proces służący do pozyskiwania energii pochodzącej z różnicy potencjałów chemicznych dwóch roztworów o różnych stężeniach soli.

Reverse osmosis (RO) - Odwrócona osmoza (RO),

ciśnieniowy proces membranowy, w którym pod wpływem zastosowanego ciśnienia transmembranowego odbywa się selektywny ruch cząsteczek rozpuszczalnika w kierunku przeciwnym do kierunku wynikającego z wartości

ciśnienia osmotycznego, tj. od roztworu o wysokim ciśnieniu osmotycznym do roztworu o niskim ciśnieniu osmotycznym (wody). W procesie RO zatrzymywane są substancje małowczątkowe (m.in. sole jednowartościowe, kwasy niezdisocjowane, związki organiczne); wykorzystuje się membrany asymetryczne z gęstą warstwą naskórkową. Mechanizm separacji ma charakter rozpuszczania-dyfuzji. Ciśnienie transmembranowe stosowane w procesie RO musi przekraczać wartość ciśnienia osmotycznego nadawy i mieści się na ogół w zakresie 1,0 - 8,0 MPa.

S

Salinity - Zasolenie,

zasolenie wód jest miarą zawartości soli w wodzie. Jest to łączna masa substancji rozpuszczonych z pominięciem gazów, koloidów, zawiesiny i materii organicznej, wyrażona w procentach lub promilach.

Scaling - Skaling,

zarastanie powierzchni i porów membrany kryształami soli wydzielającymi się w warstwie przymembranowej wskutek przekroczenia iloczynu rozpuszczalności składników roztworu zasilającego; prowadzi do zmiany właściwości transportowych membrany, a czasami do jej uszkodzenia.

Secondary membrane - Membrana wtórna,

warstwa osadzona na powierzchni membrany, która zachowuje się jak kolejna warstwa separacyjna.

Selectivity - Selektowność,

zob. Permselectivity.

Self-diffusion - Samodyfuzja (dyfuzja własna),

dyfuzja zachodząca w przypadku, gdy gradient potencjału chemicznego równy jest zero.

Semipermeable membrane - Membrana półprzepuszczalna,

membrana, która w sposób selektywny zatrzymuje jedne, a przepuszcza inne substancje znajdujące się w mieszaninie; zob. Permselective membrane.

Separated-bed EDI (EDI-SB) - Elektrodejonizacja ze złożem rozdzielonym (EDI-SB),

wariant procesu elektrodejonizacji, w którym komora wypełniona żywicą kationowymienną poprzedza komorę wypełnioną żywicą anionowymienną.

Separation coefficient (factor) - Współczynnik separacji,

parametr określający stosunek udziałów składników A i B w permeacie do ich udziałów w nadawie lub retentacie. Jeżeli stężenia składników wyrażone są w postaci ułamków molowych (X_A i X_B), można go obliczyć następująco:

$$S_{c\left(\frac{A}{B}\right)} = \frac{\left(\frac{x_A}{x_B}\right)_{permeat}}{\left(\frac{x_A}{x_B}\right)_{nadawa}} \quad \text{lub} \quad S_{c\left(\frac{A}{B}\right)} = \frac{\left(\frac{x_A}{x_B}\right)_{permeat}}{\left(\frac{x_A}{x_B}\right)_{retentat}}$$

Współczynnik ten może być określony na podstawie dowolnie wyrażonych stężeń, ponieważ oblicza się ich stosunki.

Uwaga: parametr ten odnosi się do lokalnych stężeń składników po obu stronach membrany.

Shell - Otoczka,

zob. Core/shell microcapsules.

Shell-side feed design (module) - Moduł (rurowy, kapilarny, z włóknami kanalikowymi) z zasilaniem po zewnętrznej stronie membrany,

rozwiązanie, w którym w module rurowym, kapilarnym lub z włóknami kanalikowymi roztwór zasilający opływa zewnętrzną ściankę membrany.

Silt density index (SDI) - Indeks SDI (indeks koloidalny),

wielkość empiryczna będąca miarą liczby cząstek zawieszonych, obecnych w filtrowanym roztworze. Jest jednym ze wskaźników blokowania (*FI*).

SDI określa się na podstawie pomiaru stopnia zablokowania filtra membranowego o średnicy 47 mm i wielkości porów 0,45 μm. Filtrację roztworu w układzie z przepływem jednokierunkowym prowadzi się przy stałym ciśnieniu $p = 207$ kPa. *SDI* oblicza się na podstawie pomiaru czasu niezbędnego do przefiltrowania 500 cm³ roztworu na początku filtracji (t_1) i następnie po upływie 15 minut (t_{15}) pracy filtra:

$$SDI_{15} = \frac{\left(1 - \frac{t_1}{t_{15}}\right)}{15} \cdot 100$$

W przypadkach, gdy blokowanie filtra zachodzi bardzo szybko, można stosować krótszy czas testu - 5 lub 10 minut. *SDI* podaje się jako wielkość bezwymiarową. Wyznaczenie *SDI* w przypadku nanofiltracji (NF) i odwróconej osmozy (RO) umożliwia ocenę, czy konieczna jest obróbka wstępna nadawy. Indeksu *SDI* nie stosuje się w przypadku mikrofiltracji (MF) i ultrafiltracji (UF), gdyż są to techniki z założenia stosowane do usuwania zawiesin.

SDI wyznacza się, gdy mętność badanego roztworu nie przekracza 1,0 NTU (ang. nephelometric turbidity unit - jednostka nefelometryczna mętności). Nadawa o mętności >1,0 NTU przed zastosowaniem w NF lub RO powinna być poddana obróbce wstępnej.

Silting index (SI) - Indeks SI (indeks zamulania),

wielkość empiryczna będąca miarą liczby cząstek zawieszonych, obecnych w filtrowanym roztworze. Jest jednym ze wskaźników blokowania (FI). Obecnie rzadko stosowany.

SI określa się na podstawie pomiaru stopnia zablokowania filtra membranowego o wielkości porów 0,8 μm . Filtrację roztworu w układzie z przepływem jednokierunkowym prowadzi się przy stałym ciśnieniu $p = 345 \text{ kPa}$. SI oblicza się na podstawie pomiaru czasu (t_1, t_2, t_3) niezbędnego do przefiltrowania trzech różnych objętości roztworu ($V_1=1 \text{ cm}^3, V_2=5 \text{ cm}^3, V_3=10 \text{ cm}^3$):

$$SI = \frac{t_3 - 2t_2}{t_1}$$

Test prowadzi się przez 12 minut, przy czym mierzy się czas odpowiadający objętościom V_1 - V_3 zbieranym przez końcowe 10 minut.

Sintering - Spiekanie,

metoda formowania membran przez spiekanie ziaren materiału o określonej wielkości cząstek (mogą to być cząstki polimeru, ceramiczne, grafitu, szkła lub metalowe).

Size exclusion - Wykluczenie cząstek ze względu na ich wielkość,

cząstki są eliminowane z procesu (adsorpcji, transportu itd.) na podstawie ich wielkości.

Skin (skin layer, separation layer) - Skórka (warstwa naskórkowa, warstwa separacyjna),

cienka (0,1-1,0 μm) warstwa membrany naniesiona na porowate podłoże (membrana kompozytowa) lub będąca integralną częścią membrany asymetrycznej, stykająca się z nadawą, odpowiedzialna za przepuszczalność i właściwości separacyjne membrany.

Sol-gel membrane formation - Formowanie membran metodą zol-żel,

proces wytwarzania membran polegający na przejściu układu z ciekłego zolu w fazę stałego żelu. W pierwszym etapie przygotowuje się koloidalną zawiesinę (zol) z substancji takich jak organiczne sole metali, alkoholany krzemu, itp., poddanych hydrolizie i polimeryzacji. Powstająca struktura usieciowana zawiera rozpuszczalnik, który usuwany jest w kolejnym etapie w celu przeprowadzenia zolu w żel (na ogół jest to obróbka termiczna) i osiągnięcia pożądanej struktury porowatej.

Solid polymer electrolyte - Stały elektrolit polimerowy,

układ o wysokim przewodnictwie jonowym, składający się z matrycy polimerowej zawierającej elektrolit w różnych postaciach; stosowany do budowy ogniw paliwowych, elektrochemicznych sprężarek gazów, czy akumulatorów.

Solubility (sorption) coefficient (S) - Współczynnik rozpuszczalności (sorpcji) (S),

oznacza ilość substancji rozpuszczonej (zaabsorbowanej) w membranie w stanie równowagi w warunkach standardowych; dla prostych gazów S [$\text{cm}^3(\text{STP}) \cdot \text{cm}^{-3}$ (polimeru) $\cdot \text{bar}^{-1}$] jest wyrażone za pomocą równania

$$S = \frac{C}{p}$$

(prawo Henry'ego), gdzie C jest stężeniem gazu, a p ciśnieniem; dla par organicznych rozpuszczalność jest wyrażana jako stosunek masy penetranta do masy polimeru przy równowagowym ciśnieniu par.

Solution-diffusion (sorption-diffusion) process (transport, mechanism, model) - Proces rozpuszczania-dyfuzji (sorpcyjno-dyfuzyjny), (transport, mechanizm, model),

mechanizm opisujący transport masy w membranach gęstych, w procesach separacji gazów, par, perwaporacji, odwróconej osmozie; proces przebiega w trzech etapach: w pierwszym, cząsteczki penetranta ulegają rozpuszczeniu (sorpcji) w membranie po stronie będącej w kontakcie z nadawcą, następnie dyfundują przez membranę zgodnie z gradientem potencjału chemicznego i w trzecim etapie ulegają desorpcji po drugiej stronie membrany do fazy zewnętrznej, którą może być gaz, para, ciecz lub próżnia; współczynnik permeacji P jest iloczynem współczynników rozpuszczania (sorpcji) S i dyfuzji D :

$$P = S \cdot D$$

S jest współczynnikiem termodynamicznym (zob. Solubility (sorption) coefficient), natomiast D (zob. Diffusivity coefficient) jest współczynnikiem kinetycznym i określa szybkość z jaką penetrant dyfunduje przez membranę.

Sorption - Sorpcja,

określa wnikanie cząsteczek penetranta do matrycy polimerowej i ich rozproszenie w matrycy; termin obejmuje różne rodzaje sorpcji, takie jak adsorpcja, absorpcja, wnikanie do mikroporów czy tworzenie klastrów; różne rodzaje sorpcji mogą przebiegać jednocześnie w danym układzie; udział penetranta w poszczególnych typach sorpcji może ulegać zmianie w zależności od stężenia, temperatury, stopnia spęcznienia polimeru i czasu.

Sorption isotherms - Izotermy sorpcji,

zależność wielkości sorpcji od ciśnienia penetranta lub stężenia (w roztworze) przy danej, stałej temperaturze; rodzaje izoterm sorpcji wynikają ze struktury polimeru i różnicy pomiędzy oddziaływaniami polimer/ penetrant oraz penetrant/penetrant. Sorpcji prostych gazów w polimerach w stanie wysokoelastycznym (powyżej T_g) odpowiada liniowa zależność stężenia od ciśnienia gazu, zgodnie z prawem Henry'ego. Przypadek ten dotyczy układów, gdzie zarówno oddziaływania pomiędzy cząsteczkami penetranta, jak i oddziaływania penetrant/polimer są słabe w porównaniu z oddziaływaniem polimer/polimer. Do opisu sorpcji par w tych polimerach zastosowanie mają teorie Flory'ego-Hugginsa, Flory'ego-Rehnera, czy model ENSIC. Ten typ izotermy (krzywa wypukła do dołu) występuje dla układów, gdzie oddziaływania pomiędzy cząsteczkami penetranta są silniejsze niż pomiędzy penetrantem i polimerem. Dla polimerów szklitych (poniżej T_g), sorpcja

prostych gazów opisywana jest za pomocą dualnego modelu sorpcji (zob. Dual-mode sorption model), natomiast izotermy sorpcji par mają kształt krzywych S i do ich opisu stosowany jest model GAB. Izoterma sorpcji Langmuira jest charakterystyczna dla znacznej sorpcji przy względnie niskich ciśnieniach, która odpowiada immobilizacji cząsteczek penetranta w mikroporach lub specyficznych miejscach adsorpcji.

Spacer - Przekładka dystansowa.

Spin coating - Rozwirowanie z roztworu,

metoda (zasadniczo laboratoryjna) formowania cienkich warstw; stosowana głównie dla potrzeb mikroelektroniki; polega na równomiernym rozprowadzeniu roztworu polimeru, wylanego centralnie na wirującą płytkę, na całej powierzchni płytki poprzez gwałtowne zwiększenie szybkości wirowania; wirowaniu towarzyszy stopniowe odparowanie rozpuszczalnika; szybkość i czas wirowania oraz lepkość roztworu pozwalają kontrolować grubość warstwy.

Spinneret - Filiera, dysza przędzalnicza,

urządzenie do formowania membran rurowych, kapilarnych i włókien kanalikowych. Zwykle stosowane są filiere dwudyszowe, rzadziej filiere trójdyszowe, za pomocą których otrzymuje się kapilary dwuwarstwowe (z dwóch różnych mieszanin membranotwórczych) lub mikrokapsułki o złożonej budowie.

Spiral wound module - Moduł spiralnie zwijany, moduł spiralny,

jest modernizacją konstrukcji modułów płytowo-ramowych. Płaska membrana wraz z przekładką dystansową jest nawinięta spiralnie na centralną rurę zbiorczą. Przekładki dystansowe od strony nadawy i permeatu są następnie zgrzewane z trzech stron tworząc kopertę/kieszęń dla membrany. Koperta taka składa się zatem z dwóch membran, pomiędzy którymi znajduje się przekładka dystansowa i odprowadzająca permeat. Roztwór zasilający płynie osiowo przez cylindryczny moduł, równoległe do rury centralnej, natomiast permeat promieniowo do rury centralnej. Moduły spiralne stanowią zatem wielowarstwowy układ arkuszy membran płaskich, materiałów dystansowych i porowatych materiałów do odprowadzania permeatu, nawiniętych na rurę. Zwykle 6-8 identycznych modułów spiralnych, połączonych szeregowo centralnymi rurami odprowadzającymi permeat, montuje się w jednym cylindrycznym płaszczu ciśnieniowym. Kanały mają wysokość około 1,0 mm, a stosowana prędkość przepływu stwarza na ogół warunki laminarne; gęstość upakowania modułów może wynosić nawet około $1000 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$.

Stack, membrane stack - Stos membranowy,

utworzony z regularnie, naprzemiennie ułożonych membran i przekładek dystansowych. Pojęcie stosowane głównie w elektrodializie; odnosi się do modułu złożonego z szeregu komór tworzonych przez naprzemiennie ułożone membrany aniono- i kationowymienne rozdzielone przekładkami; stos membranowy umieszcza się między elektrodami.

Sterile filtration - Filtracja sterylizująca,

filtracja membranowa, w której wszystkie mikroorganizmy są usuwane ze strumienia zasilającego.

Sterilization-in-place, sanitation-in-place (SIP) - Sterylizacja na miejscu, sanityzacja na miejscu,

proces sterylizacji lub sanityzacji urządzeń bez konieczności ich demontażu.

Stream - Strumień,

ciągły ruch lub przepływ płynu (cieczy lub gazu).

Streaming current - Prąd strumieniowy,

prąd elektryczny wywołany przepływem cieczy przez pory membrany (lub wzdłuż jej powierzchni); zob. Streaming potential.

Streaming potential - Potencjał przepływowy,

potencjał, który powstaje na naładowanej membranie w wyniku przesunięcia przeciwjonów w podwójnej warstwie elektrycznej pod wpływem przepływu cieczy przez pory membrany (lub wzdłuż jej powierzchni) wywołanego różnicą ciśnienia.

Stretching - Rozciąganie,

metoda formowania membrany porowatej. Folia wytłoczona z materiału polimerowego częściowo krystalicznego (polipropylen (PP), politetrafluoroetylen (PTFE), polietylen (PE)) jest rozciągana w sposób kontrolowany, w kierunku prostopadłym do kierunku jej wytłaczania.

Strip solution - Roztwór odbierający,

ciecz znajdująca się po stronie permeatu, która odbiera substancje przechodzące przez membranę.

Submerged membrane bioreactor (SMBR) - Zanurzeniowy bioreaktor membranowy (SMBR),

bioreaktor membranowy wyposażony w zanurzeniowy moduł membranowy (zob: Submerged module).

Submerged membrane module - Zanurzeniowy moduł membranowy,

moduł membranowy zanurzony bezpośrednio w nadawie, zwykle moduł z włóknami kapilarnymi lub membranami płaskimi.

Supercritical drying - Suszenie nadkrytyczne,

metoda suszenia z wykorzystaniem płynu nadkrytycznego (głównie ditlenku węgla), który służy do ekstrakcji rozpuszczalnika z membrany; usuwanie CO₂ odbywa się poprzez jego przemianę w gaz.

Supported liquid membrane (SLM) - Unieruchomiona (immobilizowana) membrana ciekła (SLM),

membranę stanowi faza organiczna (często roztwór przenośnika w rozpuszczalniku organicznym), utrzymywana w porach hydrofobowej membrany mikrofiltracyjnej w wyniku oddziaływań typu: van der Waalsa, dyspersyjnych lub między trwałymi dipolami.

Surface diffusion - Dyfuzja powierzchniowa,

mechanizm dyfuzji w membranach mikroporowatych o średnicy porów mniejszej niż w przypadku dolnego zakresu charakterystycznego dla dyfuzji Knudsen'a i większej niż dla górnego zakresu w przypadku dyfuzji aktywowanej; przepuszczalność membrany zależy wówczas zarówno od współczynnika dyfuzji jak i rozpuszczalności, którą przedstawia zależność stężenia penetranta w fazie zaadsorbowanej od ciśnienia zewnętrznego (zwykle w postaci izotermi Langmuira).

Sweep - Strumień odbierający (odprowadzający, wymywający)

strumień cieczy lub gazu wprowadzany do modułu membranowego po stronie permeatu, płynący wzdłuż powierzchni membrany. Stosowanie strumienia odbierającego ma na celu obniżenie stężenia składnika przenikającego przez membranę, w sąsiedztwie jej powierzchni. Prowadzi to do zwiększenia gradientu stężenia tego składnika przez membranę i wzrostu siły napędowej procesu. Wadą tego rozwiązania jest znaczne rozcieńczenie (zanieczyszczenie) produktu składnikami strumienia odbierającego.

Sweep gas membrane distillation (Sweeping gas membrane distillation) (SGMD) - Destylacja membranowa z gazem odbierającym (SGMD),

wariant MD (zob. Membrane distillation), w którym zimny obojętny gaz odbiera lotne składniki przechodzące przez membranę, kondensacja par zachodzi poza modulem.

Swelling - Spęcznienie,

wzrost objętości polimeru w wyniku kontaktu z cieczą, parą lub gazem spowodowany penetracją ich cząsteczek w głąb matrycy polimerowej; proces ten zachodzi wówczas, gdy siła oddziaływań pomiędzy cząsteczkami penetranta i polimeru jest większa niż pomiędzy samymi makrocząsteczkami; pęcznienie ogranicza chemiczne usieciowanie polimeru (im wyższy stopień usieciowania tym mniejsze spęcznienie), obecność fizycznych węzłów sieci, np. krystalitów, lub obecność wiązań wodorowych.

Swelling degree (SD) - Stopień spęcznienia (SD),

wyznaczany jest jako stosunek przyrostu masy polimeru po osiągnięciu stanu równowagi, m , do masy suchego polimeru, m_0 :

$$SD(\%) = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100$$

Synthetic membranes - Membrany syntetyczne,

wszystkie rodzaje membran wytwarzanych w procesach nie występujących w naturze; pojęcie obejmuje zarówno membrany wytwarzane z materiałów syntetycznych (polimerów syntetycznych lub materiałów nieorganicznych), jak i membrany z materiałów naturalnych, modyfikowanych chemicznie lub fizycznie.

T

Temperature polarization - Polaryzacja temperaturowa,

zjawisko występujące w warstwach przymembranowych w destylacji membranowej, gdzie temperatura roztworu zasilającego, wskutek odparowania lotnych składników nadawy przez membranę hydrofobową i przewodzenia energii cieplnej przez tę membranę, jest niższa niż w głębi roztworu. Po stronie permeatu temperatura w warstwie przymembranowej jest wyższa niż w masie permeatu wskutek wydzielania ciepła podczas kondensacji pary przechodzącej przez pory membrany hydrofobowej. Polaryzacja temperaturowa prowadzi do obniżenia siły napędowej transportu masy (różnicy prężności pary) przez membranę.

Thermal (membrane) potential - Termiczny potencjał membranowy,

potencjał, który powstaje na naładowanej membranie znajdującej się w kontakcie z dwoma roztworami elektrolitu o tym samym składzie i stężeniu, ale o różnej temperaturze. Powstający w takich warunkach gradient temperatury powoduje przepływ jonów przez membranę (przy zachowaniu warunku elektroobojętności), mimo że do układu nie został doprowadzony prąd elektryczny – zjawisko nazywane jest termofuzją.

Thermally induced phase separation membrane formation (TIPS) - Formowanie membran poprzez inwersję faz indukowaną termicznie (termożelowanie, TIPS),

proces, w którym struktura membrany powstaje na skutek wytrącenia się (żelowania) polimeru z jego homogenicznego roztworu pod wpływem kontrolowanego chłodzenia.

Thermo-osmosis - Termoosmoza,

przepływ cieczy przez membranę spowodowany różnicą temperatur i ciśnienia osmotycznego.

Thermo-pervaporation (Thermo-PV) - Termoperwaporacja (Termo-PV),

proces, w którym siłą napędową, podobnie jak w perwaporacji (PV), jest różnica ciśnień cząstkowych pomiędzy nadawą i permeatem, wynikająca jednak w tym przypadku z różnicy temperatur pomiędzy oboma roztworami, a nie z zastosowania próżni po stronie permeatu. Taka konfiguracja umożliwia wykorzystanie w jednym module energii kondensacji do wstępnego podgrzania nadawy i efektywne odzyskanie ciepła procesu PV. W procesie, podobnie jak w PV, wykorzystuje się membrany gęste.

Thermoporometry - Termoporometria,

miar wielkości porów oparty na założeniu, że temperatura krzepnięcia wody w porach obniża się wraz ze zmniejszeniem wielkości poru; w pomiarach wykorzystuje się skaningową kalorymetrię różnicową (DSC).

Thin-film composite (TFC) membrane - Membrana kompozytowa cienkowiecowa (TFC),

membrana składająca się z ciennej warstwy selektywnej polimeru (materiał A) naniesionej (np. metodą polimeryzacji na granicy faz) na porowate podłoże z materiału B; nowoczesny typ membran używany w modułach spiralnych w nanofiltracji i odwróconej osmozie.

Thin-film nanocomposite (TFN) membrane - Membrana nanokompozytowa cienkowiecowa (TFN),

membrana kompozytowa, której warstwa selektywna w postaci ciennej warstwy zawiera rozproszone nanocząstki.

Time lag - Opóźnienie czasowe,

czas przepływu substancji przez membranę; jest wykorzystywany do obliczania współczynnika dyfuzji (D) na podstawie pomiarów wzrostu ciśnienia w zamkniętej komorze permeatu w funkcji czasu; odpowiada on wartości θ wynikającej z ekstrapolacji liniowej części krzywej permeacyjnej (gdy osiągnięty został stan ustalony) do $P = 0$ (przecięcie z osią czasu);

$$\theta = \frac{l^2}{6D}$$

gdzie l jest grubością membrany.

Tortuosity factor - Współczynnik krętości,

parametr charakteryzujący drogę (l), którą pokonuje penetrant podczas przejścia przez membranę porowatą, membranę heterogeniczną zawierającą nieprzepuszczalne cząstki lub membranę zawierającą inne nieprzepuszczalne obszary (np. kryształy) w porównaniu z odległością bezpośrednią l_0 (nominalną grubością membrany); w membranie porowatej pory mają różny kształt i ułożenie, dlatego droga penetranta jest znacznie dłuższa niż nominalna grubość membrany; współczynnik krętości:

$$\tau = \frac{l}{l_0}$$

Track-etch (track-etched) membrane - Membrana trekowa,

membrana porowata charakteryzująca się jednorodnością porów o ściśle zdefiniowanej średnicy; wytwarzana techniką napromieniowania nieporowatej folii polimerowej i trawienia (w roztworach kwasów lub zasad) (zob. Track-etch membrane formation).

Track-etch membrane formation - Formowanie membran trekowych,

metoda wytwarzania porowatych membran polimerowych o dobrze zdefiniowanych porach (zwykle o wąskim rozkładzie wielkości) techniką naświetlania nieporowatej folii cząstkami o wysokiej energii, np. cząstkami α , a następnie wytrawiania powstałych śladów roztworami kwasów lub zasad.

Transmembrane pressure - Ciśnienie transmembranowe,

ciśnienie definiowane jako różnica między średnim ciśnieniem po stronie nadawy ($P_{N,śr}$) a ciśnieniem po stronie permeatu (P_P):

$$\Delta P = P_{N,śr} - P_P$$

Ciśnienie nadawy jest mierzone często na wlocie do modułu membranowego. W przypadku filtracji w układach z przepływem krzyżowym, określana w ten sposób wartość nie odpowiada jednak średniemu ciśnieniu nadawy, co wynika ze strat ciśnienia podczas przepływu przez moduł membranowy. W takich przypadkach ciśnienie transmembranowe można określić, stosując zależność:

$$\Delta P = \frac{P_N + P_R}{2 - P_P}$$

gdzie: P_N - ciśnienie nadawy, P_R - ciśnienie retentatu.

Transport number - Liczba przenoszenia (jonu),

stosunek ładunku elektrycznego przeniesionego przez dany rodzaj jonów do całkowitego ładunku przeniesionego przez wszystkie jony; suma liczb przenoszenia równa jest jedności.

Tubular membrane - Membrana rurowa,

ma postać rury o średnicy wewnętrznej w przedziale 6-24 mm i zewnętrznej 7-25 mm. Rurowe membrany polimerowe na ogół nie są samonośne i dlatego są umieszczane na porowatych podłożach, natomiast membrany ceramiczne nie wymagają stosowania nośnika. Zasada wytworzenia polimerowej membrany rurowej polega na jej uformowaniu w kształcie rury i osadzeniu we wnętrzu porowatej lub perforowanej rury nośnej. Innym rozwiązaniem jest pokrycie porowatego podłoża w kształcie rury warstwą membranotwórczą, tworząc zwarty układ membrana - rura nośna. Roztwór zasilający przepływa najczęściej wewnątrz rury, a permeat po przejściu przez membranę płynie w porowatej warstwie nośnej lub poprzez otwory perforacji opuszcza tę warstwę.

Tubular module - Moduł rurowy,

moduł rurowy konstruuje się w ten sposób, że wiązkę membran rurowych umieszcza się w ciśnieniowej obudowie (płaszczu), a moduł przypomina wówczas pod względem konstrukcyjnym płaszczowo- rurowy wymiennik ciepła. Moduł charakteryzuje się małą gęstością upakowania; przepływ nadawy turbuletny.

U

Ultrafiltration (UF) - Ultrafiltracja (UF),

ciśnieniowy proces membranowy, w którym są zatrzymywane cząstki zawieszone oraz substancje rozpuszczone o średnicach mniejszych niż 0,1 μm oraz większych niż 2 nm lub, alternatywnie, składniki o masach cząsteczkowych na ogół powyżej 10 kDa.

Separacja w ultrafiltracji odbywa się zgodnie z mechanizmem sitowym, tzn. cząsteczki rozpuszczalnika oraz substancje rozpuszczone o małych masach cząsteczkowych przechodzą przez pory membrany, natomiast makrocząsteczki i cząstki zawieszone są przez nią zatrzymywane. Przyjmuje się, że wielkość porów membran ultrafiltracyjnych waha się od 1 do 50(100) nm. Ciśnienia transmembranowe stosowane w UF mieszczą się w zakresie 0,1-1,0 MPa.

Uphill transport - Transport „pod prąd”,

proces, w którym dyfuzja składnika zachodzi z roztworu o mniejszym stężeniu do roztworu o większym stężeniu tego składnika.

Upstream - Strumień przepływający nad warstwą separacyjną membrany,

na ogół pojęcie odnosi się do nadawy, ale czasem terminem tym określane jest również retentat; zob. Downstream.

Upstream side - Strona zasilająca,

pojęcie określa stronę membrany, po której przepływa nadawa; zob. Downstream side.

V

Vacuum membrane distillation (VMD) - Próżniowa destylacja membranowa (VMD),

wariant MD (zob. Membrane distillation), w którym obniżone ciśnienie po stronie permeatu powoduje dyfuzję lotnych składników roztworu zasilającego przez pory membrany hydrofobowej; kondensacja par zachodzi poza modulem.

Vapour permeation (VP) - Permeacja par (VP),

jest procesem, w którym składnik nadawy będącej w fazie gazowej jest preferencyjnie transportowany przez membranę gęstą lub mikroporowatą do permeatu również w fazie gazowej; transport masy w VP zachodzi wg. mechanizmu rozpuszczania-dyfuzji. Proces podobny do permeacji gazu (zob. Gas permeation (GP)) z tą różnicą, że dla VP mieszanina zawiera substancje, które ulegają kondensacji w warunkach standardowych (10^5 Pa, 0 °C), natomiast w przypadku GP nadawa jest tylko mieszaniną gazów. Przykładem jest separacja mieszaniny gaz/pary cieczy, np. usuwanie lotnych związków organicznych z powietrza (zob.

Volatile organic compounds, VOC). W przypadku nadawy będącej mieszaniną par cieczy VP jest podobna do perwaporacji (zob. Pervaporation, PV), która może być traktowana jako graniczny przypadek VP. Różnica pomiędzy procesami jest taka, że w VP nadawa jest w fazie gazowej, a w PV w fazie ciekłej; ponieważ w VP nie zachodzi przemiana fazowa, nie ma konieczności dostarczania energii potrzebnej na zrównoważenie strat ciepłych w układzie.

Volatile organic compounds (VOC) - Lotne związki organiczne (LZO),

organiczne związki chemiczne o wysokiej prężności par w temperaturze pokojowej; ich niska temperatura wrzenia powoduje, że łatwo parują lub sublimują, a ich obecność w otaczającym powietrzu jest szkodliwa dla zdrowia i środowiska.

VOC recovery - Odzyskiwanie LZO,

procesy membranowe, wykorzystywane do tego celu, obejmują usuwanie i odzyskiwanie LZO ze strumieni gazowych metodą VP oraz z wody metodą PV. Problem wydzielania LZO dotyczy zarówno ochrony środowiska jak i względów ekonomicznych (odzyskiwanie cennych składników). Stosowane membrany charakteryzują się znacznie większą przepuszczalnością w stosunku do łatwiej kondensujących par związków organicznych, niż np. do powietrza. W procesie PV wykorzystywane są membrany hydrofobowe bardziej przepuszczalne dla LZO niż dla wody.

Viscous flow - Przepływ lepki,

dominująca forma transportu masy w membranach mikro- i ultrafiltracyjnych. Przenikające przez membranę składniki transportowane są przez pory membrany konwekcyjnie (zobacz: Convective flow), siłą napędową procesu jest gradient ciśnienia, a ten typ transportu opisuje prawo Darcy'ego.

Volume reduction factor - Współczynnik redukcji objętości,

stanowi stosunek początkowej objętości nadawy do wypadkowej objętości retentatu.

W

Water splitting - Rozszczepienie wody,

zwiększona dysocjacja wody na H^+ i OH^- pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego; występuje, np. w membranie bipolarnej na styku warstw kationo- i anionowymiennej, na granicy roztwór|membrana anionowymienna przy zastosowaniu odpowiednio dużego pola elektrycznego.

Wet-phase separation membrane formation - Formowanie membran metodą inwersji faz „na mokro” (techniką mokrą),

proces, w którym struktura membrany powstaje w wyniku wytrącenia się polimeru z jego homogenicznego roztworu, spowodowanego zanurzeniem płyty z wylanym

filmem roztworu polimeru lub wstępnie uformowanej kapilary w nierozpuszczalniku.

Z

Zeolite membrane - Membrana zeolitowa,

typ membrany utworzonej z wysokoporowatych glinokrzemianów o dobrze zdefiniowanej strukturze krystalicznej i wielkości porów o średnicy do 1 nm; jako membrany badane były między innymi zeolity o następującej strukturze: LTA, MFI, CHA, SOD, DDR, FAU.

Zero gap cell - Komora „zero gap”,

komora, w której elektroda bezpośrednio styka się z powierzchnią membrany.

Appendix

Diffusion – Dyfuzja

Oprac. Zbigniew Grzywna, Politechnika Śląska w Gliwicach

Dyfuzja jednoskładnikowa jest procesem nieodwracalnej homogenizacji potencjału chemicznego tego składnika w danej fazie. W przypadku polimerów ta faza ma cechy samopodobieństwa, tzn. powiększony fragment daje obraz całości. Opis matematyczny procesu dyfuzji w polimerach ma miejsce na poziomie fenomenologicznym (równanie Ficka i jego uogólnienia) oraz cząsteczkowym, w którym wychodząc od błędzenia przypadkowej pojedynczej cząstki, oraz korzystając z hipotezy ergodycznej, dochodzi się do całej klasy równań dyfuzji z pochodnymi ułamkowymi (super i subdyfuzja). Zaletą tego ostatniego podejścia jest możliwość implementacji miar struktury ośrodka (polimeru) w formie wymiaru fraktalnego, do równania dyfuzji. Dla dyfuzji normalnej (fickowskiej) obowiązuje relacja

$$\langle r^2 \rangle \text{ prop. } t$$

tj. średni kwadrat odchylenia błędzącej cząstki od jej położenia początkowego po czasie t .

Podczas gdy dla dyfuzji anomalnej obowiązuje relacja

$$\langle r^2 \rangle \text{ prop. } t^a$$

z wykładnikiem "a" różnym od jedności. Przy czym dla $0 < a < 1$ mamy do czynienia z subdyfuzją tj. procesem wolniejszym od fickowskiego (żele, polimery), dla $a > 1$ ujawnia się proces superdyfuzji, tj. proces szybszy od dyfuzji fickowskiej (ciała o dużych, otwartych porach).

A

Antyfoolant - Antifoulant

Antyskalant - Antiscalant

B

Barrer - Barrer

Bezpośrednia kontaktowa destylacja membranowa (DCMD) - Direct contact membrane distillation (DCMD)

Biofilm (blona biologiczna) - Biofilm

Biofouling - Biofouling (of membranes)

Bioreaktor membranowy (MBR) - Membrane bioreactor (MBR)

Blokowanie (Fouling) - Fouling

C

Chemiczne osadzanie z fazy gazowej (CVD) - Chemical vapor deposition (CVD)

Ciecze jonowe - Ionic liquids

Ciecze jonowe zdolne do polimeryzacji - Polymerisable ionic liquids

Ciśnienie krytyczne (progowe) - Critical (limiting, threshold) pressure

Ciśnienie transmembranowe - Transmembrane pressure

Ciśnieniowe operacje (procesy, techniki) membranowe - Pressure Driven Membrane Operations (Processes, Techniques)

Czujniki membranowe - Membrane sensors

Czyszczenie na miejscu (czyszczenie bez demontażu, czyszczenie w systemie (CIP) - Clean-in-place (CIP)

D

Dalton (Da) - Dalton (Da)

Defekty membranowe - Membrane defects

Demineralizacja - Demineralization

Destylacja membranowa (MD) - Membrane distillation (MD)

Destylacja membranowa z gazem odbierającym (SGMD) - Sweep gas membrane distillation (Sweeping gas membrane distillation) (SGMD)

Destylacja membranowa ze szczeliną gazową (AGMD) - Air gap membrane distillation (AGMD)

Dezaktywacja - Deactivation

Dezaktywacja przenośnika - Carrier deactivation

Diafiltracja - Diafiltration

Dializa - Dialysis

Dializa Donnana (DD) - Donnan dialysis (DD)

Dializa dyfuzyjna - Diffusion dialysis

Dializat - Dialysate

Diluat - Diluate

Dodatkowy roztwór w trybie obiegu koncentratu (BMU) - Brine make up (BMU)

Dualny model sorpcji (DSM) - Dual-mode sorption model (DSM)

Dyfuzja - Diffusion

Dyfuzja Knudsena - Knudsen diffusion

Dyfuzja molekularna - Molecular diffusion

Dyfuzja powierzchniowa - Surface diffusion

E

Elektrochemiczny reaktor membranowy (EMR) - Electrochemical membrane reactor (EMR)

Elektroda membranowa - Membrane electrode

Elektrodejonizacja (EDI) - Electrodeionization (EDI)

Elektrodejonizacja ze złożem mieszanym (EDI-MB) - Mixed-bed EDI (EDI-MB)

Elektrodejonizacja ze złożem rozdzielonym (EDI-SB) - Separated-bed EDI (EDI-SB)

Elektrodejonizacja ze złożem uwarstwionym (EDI-LB) - Layered-bed EDI (EDI-LB)

Elektrodializa (ED) - Electrodialysis (ED)

**Elektrodializa odwracalna (z odwracaną polaryzacją elektrod) (EDR) -
Electrodialysis (polarity) reversal (EDR)**

Elektrodializa odwrócona (RED) - Reverse electrodialysis (RED)

**Elektrodializa w trybie cyrkulacyjnym przepływowym - Feed-and-bleed
electrodialysis**

**Elektrodializa w trybie przepływowym „single-pass” - Continuous single-
pass electrodialysis**

**Elektrodializa z membraną dwubiegunową (bipolarną) (EDBM) -
Electrodialysis with bipolar membrane (EDBM)**

**Elektrodializa z podwójną wymianą (EDM) - Electrodialysis metathesis
(EDM)**

Elektro-elektrodializa (EED) - Electro-electrodialysis (EED)

Elektroforeza - Electrophoresis

Elektroliza membranowa - Membrane electrolysis

**Elektroosmotyczna liczba przenoszenia wody - Electroosmotic transport
number of water**

Elektroosmoza - Electro-osmosis

Elektrospining - Electrospinning

Emulsyjna membrana ciekła - Emulsion liquid membrane

Enkapsulacja - Encapsulation

F

Faza akceptorowa - Acceptor phase

Faza donorowa - Donor phase

Filiera, dysza przędzalnicza - Spinneret

Filtracja sterylizująca - Sterile filtration

Folia wytłaczana z rozdmuchem - Blown film

Formowanie membran dynamicznych - Dynamic membrane formation

**Formowanie membran metodą inwersji faz - Phase separation (inversion)
membrane formation**

**Formowanie membran metodą inwersji faz - technika sucha - Dry-phase
separation membrane formation**

Formowanie membran metodą inwersji faz, technika sucha-mokra (technika mokra ze wstępnym odparowaniem rozpuszczalnika) - Dry-wet-phase separation membrane formation

Formowanie membran metodą inwersji faz „na mokro” (techniką mokrą) - Wet-phase separation/inversion membrane formation

Formowanie membran metodą „podwójnej kąpeli” - Dual-bath membrane formation

Formowanie membran metodą żol-żel - Sol-gel membrane formation

Formowanie membran poprzez inwersję faz indukowaną dyfuzją - Diffusion induced phase separation membrane formation (DIPS)

Formowanie membran poprzez inwersję faz indukowaną nierozpuszczalnikiem - Nonsolvent induced phase separation membrane formation (NIPS)

Formowanie membran poprzez inwersję faz indukowaną termicznie (termożelowanie, TIPS) - Thermally induced phase separation membrane formation (TIPS)

Formowanie membran trekowych - Track-etch membrane formation

Fotokatalityczny reaktor membranowy (PMR) - Photocatalytic membrane reactor (PMR)

G

Gęstość prądowa - Current density

Gęstość upakowania - Packing density

Gęstość upakowania membran - Membrane packing density

Graniczna masa cząsteczkowa (GMC) - Cut-off (molecular weight cut-off, MWCO), Molecular-weight cut-off (MWCO)

H

Hemodiafiltracja - Hemodiafiltration

Hemodializa - Hemodialysis

Hemofiltracja - Hemofiltration

Hydrauliczna średnica poru - Hydraulic diameter of the pore

I

Immobilizacja - Immobilization

Impulsowe płukanie wsteczne - Backpulsing

Indeks *MFI* (zmodyfikowany indeks blokowania) - Modified fouling index (*MFI*)

Indeks *SDI* (indeks koloidalny) - Silt density index (*SDI*)

Indeks *SI* (indeks zamulania) - Silting index (*SI*)

Indeks zatykania (*PI*) - Plugging index (*PI*)

Izotermy sorpcji - Sorption isotherms

J

Jonofor - Ionophor

Jonoselektywność - Ion selectivity

Jony związane - Fixed ions

K

Kapsulkowanie, otoczkowanie/biokapsulkowanie - Capsulation/biocapsulation

Kaskada - Cascade

Katalityczny nieselektywny reaktor membranowy (CNMR) - Catalytic non-permselective membrane reactor (CNMR)

Katalityczny reaktor membranowy (CMR) - Catalytic membrane reactor (CMR)

Katalityczny reaktor membranowy ze stałym złożem katalizatora (PBCMR) - Packed-bed catalytic membrane reactor (PBCMR)

Katalityczny reaktor membranowy ze złożem fluidalnym (FBCMR) - Fluidised-bed catalytic membrane reactor (FBCMR)

Kąpiel koagulacyjna (żelująca) - Coagulation bath (medium)

Klarowanie - Clarification

Kolumna membranowa pracująca w trybie ciągłym - Continuous membrane column

Komora „zero gap” - Zero gap cell

Komora diluatu - Diluate compartment (dilution compartment)

Komora elektrodowa - Electrode compartment

Komora koncentratu - Concentrate compartment (concentrating compartment)

Komora obojętna - Neutral cell

Komora zubożenia - Depletion compartment

Kompleksowanie przenośnika - Carrier complexation

Kompresja - Compaction

Kompresja membrany - Membrane compaction

Koncentrat - Concentrate

Kondycjonowanie membran - Membrane conditioning (pretreatment)

Kontaktor membranowy - Membrane contactor

Krystalizator membranowy - Membrane crystallizer

L

Liczba ładunkowa jonu - Charge number of ion

Liczba przenoszenia (jonu) - Transport number

Ligand - Ligand

Lotne związki organiczne (LZO) - Volatile organic compounds (VOC)

M

Makropory - Macropores

Makroskładnik - Macrosolute

Membrana - Membrane

Membrana aktywna - Active membrane

Membrana anionowymienna - Anion-exchange membrane

Membrana anizotropowa (asymetryczna) - Anisotropic (asymmetric) membrane

Membrana asymetryczna z integralną warstwą separacyjną - Integrally skinned (asymmetric) membrane

Membrana biologiczna - Biological membrane (biomembrane)

Membrana bipolarna - Bipolar membrane

Membrana ceramiczna - Ceramic membrane

Membrana ciekła (LM) - Liquid membrane (LM)

Membrana ciekła grubowarstwowa (BLM) - Bulk liquid membrane (BLM)

Membrana dwuwarstwowa - Bilayer membrane

Membrana enzymatyczna - Enzymatic membrane

Membrana gęsta (nieporowata) - Dense (nonporous) membrane

Membrana heterogeniczna - Heterogeneous membrane

Membrana hybrydowa - Hybrid membrane

Membrana izotropowa - Isotropic membrane

Membrana jednorodna (homogeniczna) - Homogeneous membrane

Membrana jonowymienna - Ion-exchange membrane

Membrana kapilarna - Capillary membrane

Membrana kationowymienna - Cation-exchange membrane

Membrana kompozytowa - Composite membrane

Membrana kompozytowa cienkowarstwowa (TFC) - Thin-film composite (TFC) membrane

Membrana Langmuira-Blodgetta (LB) - Langmuir-Blodgett (LB) membrane

Membrana mozaikowa - Mosaic membrane

Membrana mozaikowa z ładunkiem - Charge-mosaic membrane

Membrana nanokompozytowa cienkowarstwowa (TFN) - Thin-film nanocomposite (TFN)

Membrana nieorganiczna - Inorganic membrane

Membrana o mieszanej matrycy (MMM) - Mixed matrix membrane (MMM)

Membrana obdarzona ładunkiem - Charged membrane

Membrana ogniwa paliwowego - Fuel cell membrane

Membrana powinowactwa - Affinity membrane

Membrana półprzepuszczalna - Semipermeable membrane

Membrana protonowymienna (PEM) - Proton-exchange membrane (PEM)

Membrana rurowa - Tubular membrane

Membrana szklana - Glass membrane

Membrana trekowa - Track-etch (track-etched) membrane

Membrana węglowa; węglowe sito molekularne (CMS) - Carbon membrane; Carbon molecular sieve (CMS)

Membrana wielokanałowa - Multichannel membrane

Membrana wtórna - Secondary membrane

Membrana wykonana z elektrolitu polimerowego (PEM) - Polymer electrolyte membrane (PEM)

Membrana ze związanym przenośnikiem (FCM) - Fixed carrier membrane (FCM)

Membrana zeolitowa - Zeolite membrane

Membranologia - Membranology, membrane science and technology

Membranowa dejonizacja pojemnościowa - Membrane capacitive deionization

Membranowe sito molekularne - Molecular sieving membrane

Membranowy współczynnik podziału - Membrane partition (distribution) coefficient

Membrany dynamiczne - Dynamic membranes

Membrany formowane metodą elektrospinięcia - Electrospun membranes

Membrany płaskie - Flat sheet membranes

Membrany selektywne, membrany permselektywne - Permselective membranes

Membrany syntetyczne - Synthetic membranes, Artificial membranes

Metaloorganiczne sита molekularne (MOF) - Metal-organic framework (MOF)

Metoda inwersji faz - Phase inversion (process)

Metoda koekstruzji - Co-extrusion method

Metoda pęcherzykowa - Bubble point test

Metoda rozcieńczeń - Dilution mode

Metoda wypierania cieczy cieczą - Liquid-liquid displacement method

Metoda wypierania cieczy gazem - Gas-liquid displacement method
Mezopory - Mesopores
Mieszanina membranotwórcza - Casting mixture
Mikrofiltracja (MF) - Microfiltration (MF)
Mikrokapsułka - Microcapsule
Mikrokapsułka z ciekłym rdzeniem - Liquid microcapsule
Mikrokapsułki typu rdzeń/otoczka - Core/shell microcapsules
Mikropory - Micropores
Mikroskładnik - Microsolute
Model gazu pyłowego - Dusty gas model (DGM)
Moduł (rurowy, kapilarny, z włóknami kanalikowymi) z zasilaniem po zewnętrznej stronie membrany - Shell-side feed design (module)
Moduł kapilarny - Capillary module
Moduł membranowy - Membrane module (cell)
Moduł płytowo-ramowy - Plate-and-frame module
Moduł rurowy - Tubular module
Moduł spiralnie zwijany, moduł spiralny - Spiral wound module
Moduł z włóknami kanalikowymi - Hollow fiber module
Molalność jonów związanych (FIM) - Fixed ions molality (FIM)
Mycie wsteczne - Backwashing

N

Nadawa (roztwór zasilający) - Feed
Nanofiltracja (NF) - Nanofiltration (NF),
Nanokompozyt - Nanocomposite
Natężenie przepływu (szybkość przepływu) (zgodnie z nazewnictwem polskim – strumień) - Flow rate
Niskociśnieniowa destylacja membranowa (LPMD) - Low pressure membrane distillation (LPMD)
Nóż do formowania membran - Casting knife

O

- Obieg wielostopniowy - Multistage recirculation**
- Obieg zamknięty - Circulation loop**
- Obieg, cyrkulacja - Circulation**
- Objętość retencyjna (modułu, urządzenia) - Hold up volume**
- Objętość swobodna (wolna objętość) - Free volume**
- Obróbka permeatu - Permeate post-treatment**
- Odrzucenie, usunięcie - Rejection**
- Odsalanie - Desalination**
- Odwrócona osmoza (RO) - Reverse osmosis (RO)**
- Odzysk (stopień odzysku) - Recovery (recovery rate)**
- Odzyskiwanie LZO - VOC recovery**
- Ogniwo paliwowe - Fuel cell**
- Oporność powierzchniowa - Area resistance**
- Opóźnienie czasowe - Time lag**
- Osmotyczna destylacja membranowa (OMD) - Osmotic distillation (osmotic membrane distillation) (OD, OMD)**
- Osmoza - Osmosis**
- Osmoza prosta (FO) - Forward osmosis (FO)**
- Otoczka - Shell**
- Otworek, „dziurka od szpilki” - Pin hole (pinhole)**

P

- Para komór - Cell pair**
- Penetrant (permeant) - Penetrant (permeant)**
- Permeacja - Permeation**
- Permeacja gazów (GP) - Gas permeation (GP)**
- Permeacja par (VP) - Vapour permeation (VP)**
- Permeancja - Permeance**

Permeat - Permeate

Permporometria - Permporometry

Permselektywność - Permselectivity

Pertrakcja - Pertraction

Perwaporacja (PV) - Pervaporation (PV)

Perwaporacyjny indeks separacyjny (PSI) - Pervaporation separation index (PSI)

Pęknięcia w membranie - Membrane cracks

Piezodializa, dializa ciśnieniowa - Piezodialysis, Pressure dialysis

Placek filtracyjny - Cake layer (filtration cake)

Plazmowo wspomagane chemiczne osadzanie z fazy gazowej - Plasma-enhanced chemical vapor deposition (PE-CVD)

Plukanie wsteczne - Backflush

Płyn rdzeniowy - Core liquid

Podłoże (warstwa nośna) membrany - Membrane support

Podłoże ceramiczne (ceramiczna warstwa nośna) - Ceramic support

Podstawowe równania przepływu - Constitutive equations of species flow

Pojemność jonowymienna - Ion-exchange capacity

Polaryzacja stężeniowa - Concentration polarization

Polaryzacja temperaturowa - Temperature polarization

Polimerowa membrana inkluzyjna (PIM) - Polymer inclusion membrane (PIM)

Polimery o dużej objętości swobodnej - High free volume polymers

Polimery z wewnętrzną mikroporowatością (PIM) - Polymers of intrinsic microporosity (PIM)

Polimeryzacja na granicy faz (polimeryzacja międzyfazowa) - Interfacial polymerization

Por - Pore

Porowatość - Porosity

Porowaty - Porous

Porozymetria rtęciowa - Mercury porosimetry

Pory jamiste - Hole pores

Postać membrany (forma) - Membrane configuration

Potencjał Donnana - Donnan potential

Potencjał dwujonowy - Bi-ionic potential

Potencjał dyfuzyjny - Diffusion potential

Potencjał membranowy - Membrane potential

Potencjał na styku cieczy - Liquid junction potential

Potencjał przepływowy - Streaming potential

Potencjał stężeniowy (potencjał membranowy) - Concentration potential (membrane potential)

Powlekanie - Coating process

Powlekanie przez zanurzenie - Dip-coating

Powłoka (powlekanie, otoczka) - Coating

Prawo Darcy'ego - Darcy's law

Prąd graniczny, graniczna gęstość prądowa - Limiting current, Limiting current density

Prąd strumieniowy - Streaming current

Prekursor porów - Pores precursor

Proces hybrydowy - Hybrid process

Proces osmotyczny z ograniczonym ciśnieniem (PRO) - Pressure retarded osmosis (PRO)

Proces rozpuszczania-dyfuzji (sorpcyjno-dyfuzyjny), (transport, mechanizm, model) - Solution-diffusion (sorption-diffusion) process (transport, mechanism, model)

Proces w trybie cyrkulacyjnym przepływowym (zasilania-upuszczania) - Feed-and-bleed process

Proces wsadowy (okresowy) - Batch (batch process)

Proces współosiowego elektrostatycznego rozpylania cieczy - Coaxial electrospray process

Produkt poza specyfikacją (OSP) - Off-specification product (OSP)

Próżniowa destylacja membranowa (VMD) - Vacuum membrane distillation (VMD)

Przeciek - Leakage

Przeciwnion - Counter-ion

Przekładka dystansowa - Spacer
Przemywanie - Flushing
Przenośnik - Carrier
Przenośnik ruchomy - Mobile carrier
Przenośnik związany - Anchored (bound) carrier
Przepływ dyfuzyjny - Diffusion flow
Przepływ jednokierunkowy - Dead-end flow
Przepływ Knudsen - Knudsen flow
Przepływ konwekcyjny (transport) - Convective flow (transport)
Przepływ krzyżowy - Cross-flow (tangential flow)
Przepływ lepki - Viscous flow
Przepływ przeciwprądowy - Counter-current flow
Przepływ współprądowy - Co-current flow
Przepływ z całkowitym mieszaniem (z doskonałym mieszaniem) - Completely mixed (perfectly mixed) flow
Przepuszczalność - Permeability
Przerwa powietrzna, luka powietrzna, szczelina powietrzna - Air gap
Przesiewanie molekularne - Molecular sieving
Przewodnictwo powierzchniowe - Area conductance

R

Rdzeń - Core
Reaktor membranowy - Membrane reactor
Reaktor membranowy z membraną nieselektywną (NMR) - Non-permselective membrane reactor (NMR)
Reaktor membranowy ze stałym złożem katalizatora (PBMR) - Packed-bed membrane reactor (PBMR)
Reaktor membranowy ze stałym złożem zawierający cząstki katalizatora pokryte membraną półprzepuszczalną (PLMR) - Packed-bed reactor containing permselective membrane coated catalyst particles (PLMR)
Reaktor membranowy ze złożem fluidalnym (FBMR) - Fluidised-bed membrane reactor (FBMR)

Redukcja spęcznienia - Deswelling
Relaksacja membrany - Membrane relaxation
Retencja, zatrzymanie - Retention
Retentat (koncentrat) - Retentate (concentrate)
Rozciąganie - Stretching
Rozszczepienie wody - Water splitting
Roztwór błonotwórczy - Casting solution (dope)
Roztwór elektrodowy - Electrode stream, Electrode rinse solution
Roztwór odbierający - Strip solution
Rozwirowanie z roztworu - Spin coating
Równanie bilansu masy składników - Balance equation of species
Równowaga Donnana - Donnan equilibrium
Równoważenie - Equilibration
Równoważnik przewodności nadawy (FCE) - Feed (water) conductivity equivalent (FCE)

S

Samodyfuzja (dyfuzja własna) - Self-diffusion
Selektywność - Selectivity
Selektywność idealna gazów - Ideal gas selectivity
Separacja gazów (GS) - Gas separation (GS)
Separacja membranowa z przepływem jednokierunkowym - Dead-end membrane separation
Siła napędowa - Driving force
Skaling - Scaling
Skórka (warstwa naskórkowa, warstwa separacyjna) - Skin (skin layer, separation layer)
Solanka - Brine
Sorpcja - Sorption
Spęcznienie - Swelling
Spiekanie - Sintering

Sprężenie przepływów - Flow coupling
Stała szybkości rozpadu kompleksu - Decomplexation rate constant
Stały elektrolit polimerowy - Solid polymer electrolyte
Stan szklisty (polimeru) - Glassy state (of a polymer)
Starzenie - Ageing (aging)
Starzenie membrany - Membrane physical aging
Sterylizacja na miejscu, sanityzacja na miejscu - Sterilization-in-place, sanitation-in-place (SIP)
Stopień spęcznienia (*SD*) - Swelling degree (*SD*)
Stos membranowy - Stack, membrane stack
Strata (wyciek, wymywanie) przenośnika - Carrier leaching
Strata prądowa - Current leakage
Strona odbierająca - Downstream side
Strona zasilająca - Upstream side
Struktura amorficzna - Amorphous structure
Struktura fazy skondensowanej - Bulk structure
Struktura palczasta - Fingerlike structure
Strumień - Stream
Strumień (zgodnie z polskim nazewnictwem - gęstość strumienia) - Flux
Strumień koncentratu - Concentrate stream
Strumień odbierający (odprowadzający, wymywający) - Sweep
Strumień odbierający/odbierany - Downstream
Strumień przepływający nad warstwą separacyjną membrany - Upstream
Suszenie nadkrytyczne - Supercritical drying

Ś

Średnia średnica porów - Average pore diameter
Średnia wielkość poru - Mean pore size

T

Technika warstwa po warstwie - Layer-by-layer technique
Termiczny potencjał membranowy - Thermal (membrane) potential
Termoosmoza - Thermo-osmosis
Termoperwaporacja (Termo-PV) - Thermo-pervaporation (Thermo-PV)
Termoporometria - Thermoporometry
Tkanina wzmacniająca - Reinforcing fabric
Transport „pod prąd” - Uphill transport
Transport aktywny - Active transport
Transport pasywny - Passive transport
Transport sprzężony - Coupled transport
Transport ułatwiony - Facilitated transport
Transport wspomagany - Mediated transport (Facilitated transport)
Transport wspomagany przenośnikiem - Carrier-mediated (facilitated) transport

U

Ultrafiltracja (UF) - Ultrafiltration (UF)
Ułamkowa objętość swobodna (FFV) - Fractional Free Volume (FFV)
Unieruchomiona (immobilizowana) membrana ciekła (ILM, SLM) - Immobilized liquid membrane (ILM); Supported liquid membrane (SLM)
Uwalnianie kontrolowane przez membranę - Membrane controlled release

W

Warstwa aktywna - Active layer
Warstwa graniczna - Boundary layer
Warstwa graniczna, warstwa oddzielająca - Barrier layer
Warstwa żelowa - Gel (gel-like) layer, gel fouling layer
Wartość pozorna - Apparent value
Wewnętrzna polaryzacja stężeniowa - Internal concentration polarization
Włókna kanalikowe - Hollow fibers

Włóknina - Nonwoven fabric

Woda pitna - Potable water

Woda słodka - Fresh water

Woda słonawa - Brackish water

Wskaźnik blokowania (*FI*) - Fouling index (*FI*)

Współczynnik dyfuzji - Diffusion coefficient

Współczynnik kompleksowania przenośnika - Carrier complexation coefficient

Współczynnik krętości - Tortuosity factor

Współczynnik odbicia (σ) - Reflection Coefficient (σ)

Współczynnik podziału - Distribution coefficient, Partition coefficient

Współczynnik przepuszczalności - Permeability coefficient

Współczynnik przepuszczalności w dializie - Dialysis permeability coefficient

Współczynnik redukcji objętości - Volume reduction factor

Współczynnik retencji (*R*) - Retention coefficient (factor) (*R*)

Współczynnik rozpuszczalności (sorpcji) (*S*) - Solubility (sorption) coefficient (*S*)

Współczynnik separacji - Separation coefficient (factor)

Współczynnik separacji w perwaporacji - Pervaporation separation factor

Współczynnik tarcia - Frictional coefficient

Współczynnik usunięcia (*R*) - Rejection coefficient (factor) (*R*)

Współczynnik wzbogacenia - Enrichment factor

Współczynnik wzmocnienia - Enhancement factor

Współczynnik zateżenia (*CF*) - Concentration factor (*CF*)

Współjon - Co-ion

Wsteczny przepływ protonów - Proton leakage

Wstępna obróbka nadawy - Feed pretreatment

Wydajność objętościowa permeatu (*FY*) - Flow yield (*FY*)

Wydajność prądowa - Current efficiency (yield)

Wykluczenie cząstek ze względu na ich wielkość - Size exclusion

Wykluczenie Donnana - Donnan exclusion

Wylewanie (roztworu polimeru) - Casting

Względny odzysk (wydajność składnika) - Relative recovery (substance efficiency)

Z

„Z zewnątrz do wewnątrz” - Outside-in

Zanurzeniowy bioreaktor membranowy (SMBR) - Submerged membrane bioreactor (SMBR)

Zanurzeniowy moduł membranowy - Submerged membrane module

Zasolenie - Salinity

Zespół membranowo-elektrodowy (MEA) - Membrane electrode assembly (MEA)

Zjawiska elektrokinetyczne - Electrokinetic phenomena