

Woda przemysłowa, technologiczna, procesowa

Woda docierająca wodociągami do gospodarstw domowych jest najczęściej dobrej jakości. Jednak w zdecydowanej większości przypadków woda ta nie nadaje się do użytku przemysłowego. Woda przemysłowa, ale też para wodna, zwana też technologiczną lub procesową, występuje w wielu procesach produkcyjnych i w różnych jego fazach.

Aleksander Łukomski

Przejeżdżając obok elektrowni można niekiedy zauważyć duże chłodnie kominowe. Są one często elementem instalacji odsiarczania spalin, np. metodą Wet FGD, której produktem ubocznym jest gips. Instalacją, gdzie następuje redukcja ze spalin SiO_2 jest absorber, z wylotu którego oczyszczone spaliny dostają się okrągłym kanałem (o średnicy np. 10 m) do chłodni kominowej.

Chłodnie tego typu były też wykorzystywane do chłodzenia wody z hamulców wodnych używanych w produkcji silników okrętowych w Fabryce Cegielskiego. Każdy silnik przechodził próbę pracy pod obciążeniem i obciążeniem tym były hamulce wodne. Podczas tej próby woda w hamulcach nagrzewała się do wysokiej temperatury i była chłodzona właśnie w tych chłodniach stojących na zewnątrz hali.

Chłodnie parowe są również znane jako przemysłowe wieże chłodnicze, które mogą występować jako chłodnie wyparne z obiegami otwartymi (lub zamkniętymi) lub instalacjami chłodniczymi z adiabatycznym wstępnym chłodzeniem. Substancją pomocniczą w wieżach chłodniczych z otwartym parowaniem

jest woda. Ze względu na wysoką wartość ciepła właściwego, wynoszącą około $4187 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, może ona pochłaniać i oszczędzać dużo energii podczas parowania. Zostało to wykorzystane w wieży chłodniczej. Przykładowo, do odparowania 1 kg wody potrzeba około 2,3 MJ energii. Występuje tu zjawisko tzw. entalpii parowania.

W energetyce, oprócz chłodzenia w chłodniach kominowych, woda używana jest do innych jeszcze celów np. w postaci pary przegrzanej – do napędu turbin generatorów. Jest też nośnikiem energii cieplnej, gdzie za pomocą sieci rurociągów rozprowadzana jest na znacznym niekiedy terenie (osiedla mieszkaniowe itp.). Trudno w tym przypadku mówić o wodzie, która jest tu co najwyżej bazą do cieczy o odpowiednim składzie, najkorzystniejszym do tego celu. Występuje w energetyce woda bagrowa, związana z usuwaniem żużla i popiołu, która przepływa poprzez układy odpopielania, składające się z zespołów urządzeń i instalacji. Zadaniem jej jest odbiór popiołu w miejscach jego wytrącania i transport na składowisko lub do zbiorników magazynowych. Zużycie wody w tym procesie jest bardzo duże i wynosi ok. 12

litrów wody na kilogram popiołu. W energetyce różne większe i mniejsze instalacje wodne stanowią dużą część zespołów produkcyjnych. Są skomplikowane i muszą cechować się wysoką niezawodnością.

Innym przemysłem, w którym powszechnie używana jest woda technologiczna jest przemysł spożywczy. Wody używa się tu do mycia surowców czy urządzeń produkcyjnych, ale też jako składnika produktów spożywczych. Często jest to różna woda. Niekiedy używana jest w procesie pieczenia ciast w piecach piekarniczych do wytwarzania pary, w celu kontrolowania przebiegu procesu pieczenia w odpowiednich warunkach, także wilgotności. Woda ta musi mieć odpowiedni skład, tak aby była z jednej strony nieszkodliwa dla zdrowia, a z drugiej strony nieszkodliwa dla urządzeń piekarniczych, np. aby nie powodowała zbyt szybkiego rdzewienia urządzeń piekarniczych. Inna woda, mocno zmiękczona, dodawana jest do produktów np. alkoholu.

Podobnie jest w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym, gdzie woda jest składnikiem różnych żeli, roztworów i mieszanin. Często występuje tu zawiesina koloidalna, w której ośrodkiem dyspersyjnym jest ciecz, a cząstkami rozproszonymi są bardzo drobne cząstki stałe. Zawiesina koloidalna jest, obok piany i emulsji, jedną z postaci liozolu. W tym przemyśle woda musi cechować się specjalnymi własnościami. Często stosuje się tu wodę jonizowaną.

Woda używana jest też w dużych ilościach w przemyśle metalowym, w hutnictwie – do chłodzenia walców, ale i do smarowania łożysk w walcowniach. W obróbce skrawaniem – na chłodziwa do schładzania strefy obróbki oraz wypłukiwania wiórów, a także do smarowania. Są to najczęściej mieszaniny wody z olejem i innymi składnikami, które korzystnie wpływają na gładkość obrabianej powierzchni. Dzięki płynom chłodzącym do obróbki wiórowej, zwiększa się szybkość procesu skrawania obrabiarki oraz wydłuża żywotność narzędzi. Płyny chłodziwo-smarujące stosuje się zarówno przy obróbce metali żelaznych, jak i nieżelaznych. Występuje duża ilość różnych płynów dla różnych rodzajów

obróbki. W większych wydziałach (halach) obróbki skrawaniem często chłodziwo płynie środkiem hali, w dużych kanałach, skąd rozprowadzane jest do poszczególnych obrabiarek.

W spawalniach, zwłaszcza tych większych, np. do zgrzewania nadwozi samochodowych, woda technologiczna używana jest do chłodzenia zgrzewadeł, których może być w spawalni np. 1000 szt. Woda ta ma specjalny skład chemiczny. System chłodzenia zgrzewarek jest często bardzo rozbudowany, tak aby zapewnić odpowiednią ilość cieczy chłodzącej do wszystkich zgrzewarek, ciśnienie oraz temperaturę na wejściu i wyjściu z każdego zgrzewadła.

Również w lakierniach fabryk samochodów używa się wody do mycia nadwozia po spawaniu, ale i w procesie kataforezy, gdzie nadwozie jest zanurzane w wannach z farbami wodorozpuszczalnymi.

Podczas suszenia drewna w dużych suszarkach woda używana jest w trakcie przebiegu procesu suszenia do nawilżania drewna, gdyż proces ten przebiega wg założonego programu, który polega też na kontroli wilgotności drewna i przeciwdziałaniu zbyt gwałtownemu przebiegowi suszenia. W odpowiednie miejsca w suszone drewno instaluje się czujniki wilgotności i gdy wilgotność ta zmniejsza się w sposób zbyt gwałtowny, automatycznie, sterownik dopuszcza parę wodną w odpowiedniej ilości. Proces suszenia drewna trwa długo, około 48 godzin, więc uruchamianie pary wodnej zdarza się podczas tego procesu wiele razy.

Jest bardzo wiele przeróżnych procesów produkcyjnych, w których używa się wody, często w znacznych ilościach; w większości przypadków jest to woda uzdatniana i ma dopasowany skład chemiczny do konkretnego procesu produkcji.

Woda przemysłowa pobierana jest nie tylko z wodociągów ale może pochodzić z innych ujęć np. wody gruntowe, głębinowe lub powierzchniowe. W związku z tym może mieć różny skład chemiczny oraz może być zanieczyszczona w różnym stopniu np. składnikami organicznymi. Do określania jakości wody używa się odpowiednich wskaźników. Określają one jakość wody, czyli

ilość i rodzaj zawartych w niej zanieczyszczeń. Głównymi wskaźnikami jakości wody są:

- Mętność – jest to właściwość optyczna, związana z obecnością nierozpuszczonych w wodzie cząstek pochodzenia nieorganicznego i organicznego. Wskaźnik ten bada się w mętnościomierzu Baylisa. Oznaczenie mętności jest niezbędne przy ocenie wody do picia oraz wody do celów gospodarczych i przemysłowych.
- Barwa – jest wywołana substancjami organicznymi pochodzącymi z gleby, związkami żelaza, koloidami lub zakwitami. Intensywność barwy oznacza się kolorymetrycznie, w skali wzorca platynowo-kobaltowego.
- Zapach – jest to wskaźnik określany organoleptycznie; podaje natężenie zapachu wg poniższej skali:
 - 0 – brak zapachu
 - 1 – zapach bardzo słaby
 - 2 – zapach słaby
 - 3 – zapach wyraźny
 - 4 – zapach silny
 - 5 – zapach bardzo silny
 Odczyn – to stopień kwasowości lub zasadowości wody – wskaźnik pH. Wynosi on przeważnie 5,5 – 7,5. Roztwory obojętne mają pH = 7, kwaśne < 7, alkaliczne > 7. Oznaczenie pH wykonuje się kolorymetrycznie lub elektrometrycznie. Wody o niskim pH odznaczają się korozyjnością.
- Twardość – wynika z rozpuszczonych w wodzie soli wapnia i magnezu, jonów żelaza, glinu, manganu oraz metali ciężkich. Twardość wody jest zjawiskiem niepożądanym, zarówno w procesach przemysłowych, jak i dla celów konsumpcyjnych. Powoduje ona powstawanie kamienia, który pogarsza przewodnictwo cieplne, co w konsekwencji powoduje straty energetyczne, i może być przyczyną poważnych awarii.
- Zasadowość – wskaźnik określający zawartość wodorotlenków, wodorowęglanów i węglanów metali alkalicznych. Zasadowość wody wyraża się w mval/dm^3 . Pod względem technicznym i gospodarczym zasadowość wody ma duże znaczenie.
- Zawartość żelaza i manganu – Obecność jonów żelaza i manganu jest bardzo szkodliwa dla wielu

procesów technologicznych, szczególnie w przemyśle papierniczym, włókienniczym i fotograficznym. Ponadto, zawartość żelaza i manganu w wodzie może powodować zarastanie przewodów wodociągowych. Negatywnym skutkiem jest również nieprzyjemny smak oraz zapach wody.

- Zawartość chlorków – wysokie stężenie jonów chlorkowych zwiększa korozyjność wody. W wodach naturalnych występują też inne jeszcze związki chemiczne jak np. związki azotanu (amoniak, azotany, azotyny), siarkowodór (który ma właściwości korozyjne), siarczany (najbardziej rozpowszechnione zanieczyszczenia w wodzie) czy dwutlenek węgla (agresywny, mający właściwości korozyjne w stosunku do stali i betonu, utrudniający procesy technologiczne uzdatniania wody).

Ważnym wskaźnikiem jakości wody jest przewodność elektryczna – jest ona miarą zawartości w niej elektrolitów. Za przewodność elektryczną wody odpowiedzialne są głównie sole, kwasy i zasady. Woda o małej zawartości elektrolitów cechuje się niewielką przewodnością, czyli dużym oporem. Przewodność elektryczną podaje się w jednostkach mS/cm (mikro- lub milisimensach/cm).

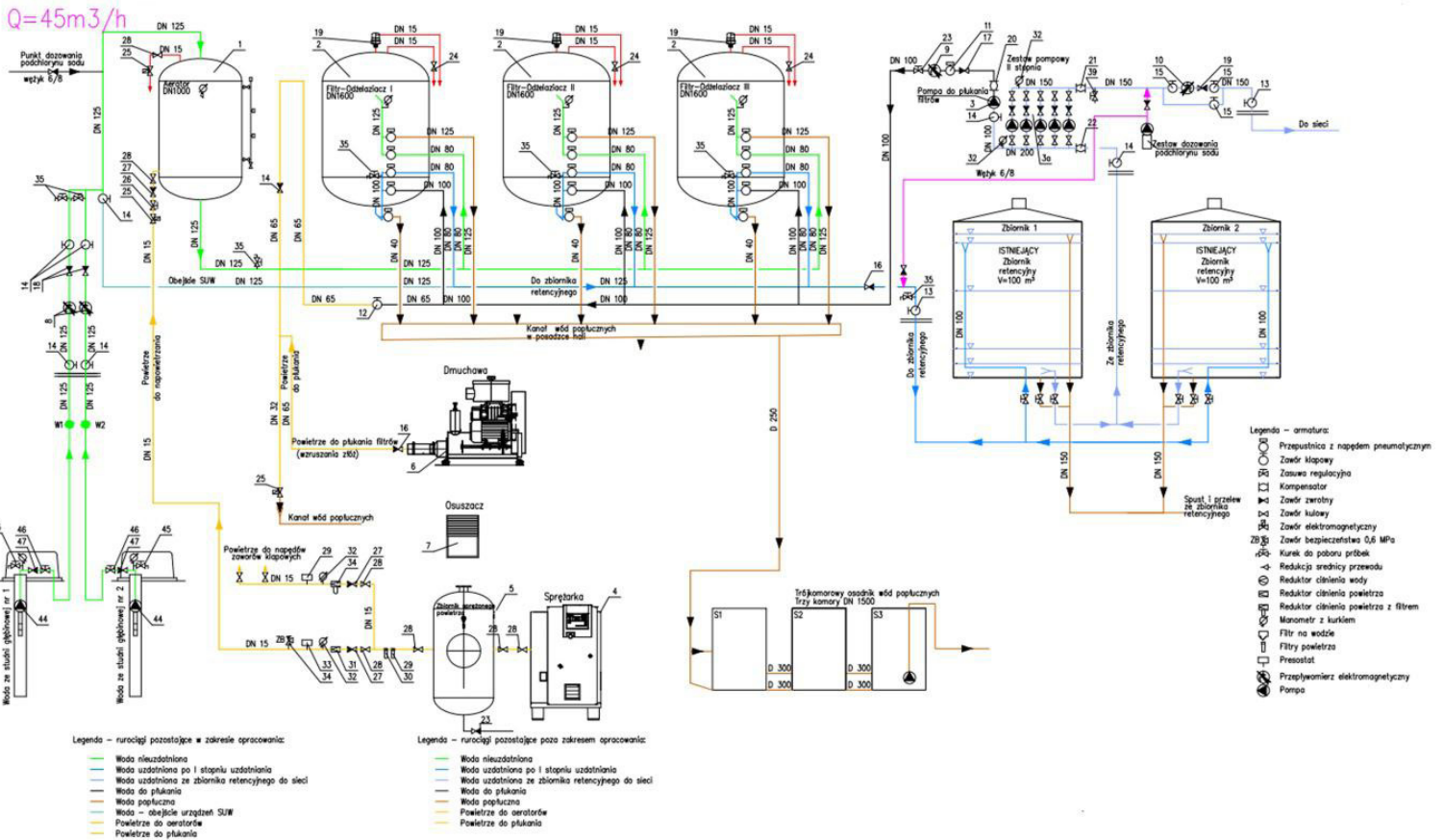
Orientacyjne wartości przewodności różnych typów wody:

- woda demineralizowana 1-10 $\mu\text{S/cm}$,
- woda wodociągowa używana do picia 200-1000 $\mu\text{S/cm}$,
- przemysłowe wody procesowe 1-100 $\mu\text{S/cm}$.

UZDATNIANIE WODY

W zasadzie każda woda używana w procesie produkcji przemysłowej powinna być uzdatniona. Dotyczy to nie tylko wody z ujęć naturalnych, ale też wodociągowej.

Jakość wody wodociągowej wynika z Rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, z 2017 r. Jednak wody przemysłowe, o różnych składach chemicznych i właściwościach, używane w bardzo różnych procesach produkcyjnych, nie podlegają w zasadzie temu rozporządzeniu. Skład wody przemysłowej ustalany jest przez technologa (przede wszystkim chemika) dla konkretnego celu i powinien być poprzedzony



Rys. 1 Schemat stacji uzdatniania wody o wydajności Q = 45 m³ / h

drobiazgowym badaniem wody z ujęcia, a nawet – jeżeli tak przewiduje proces produkcji – także wody wodociągowej. Proces uzdatniania wody odbywa się w stacjach uzdatniania wody.

Głównymi metodami stosowanymi w procesie uzdatniania są: klaryfikacja, odżelazianie,

odmanganianie, zmiękczenie, demineralizacja, dejonizacja, filtracja węglowa, dezynfekcja, aeracja, czy też proces odwróconej osmozy.

Etapy te są stosowane do uzdatniania wody pitnej, jak i wody przemysłowej, tylko w różnym zakresie. Wody przemysłowe są też często wzbogacane

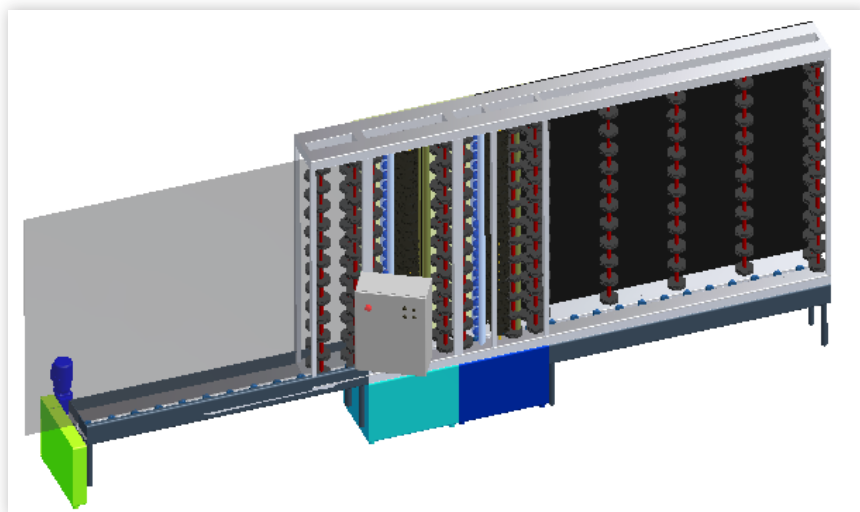
o dodatkowe składniki chemiczne, tak aby uzyskać wymagane w danym procesie właściwości dla różnych procesów technologicznych.

Uzdatnianie wody obejmuje nie tylko procesy oczyszczania wody, ale również tzw. doczyszczania wody, to znaczy polepszania jej właściwości morfologicznych i fizycznych.

Woda powierzchniowa, podskórna, czy wcześniej już wstępnie uzdatniana, musi w pierwszej



Fot. 1 Stacja uzdatniania wody średniej wielkości



Rys. 2 Model maszyny do mycia szyb w produkcji szyb zespolonych. Pierwsze stanowisko załadownicze (szary kolor), następnie stanowisko mycia, stanowisko suszenia i w czarnym kolorze stanowisko odbiorcze.

kolejności być wstępnie oczyszczona, czyli mechanicznie przefiltrowana i pozbawiona piasku i zawiesin, za pomocą krat, sit, osadników i filtrów.

Później, na etapie klaryfikacji zachodzi wytrącanie związków koloidalnych, sedymentacja zawiesin i filtracja. W tym celu stosuje się np. dodawanie siarczanu glinu. Powstały koloid wykazuje duże właściwości adsorbcyjne. Drobne cząsteczki zawiesin adsorbują na powierzchni wodorowęglanu glinu, tworzą się tzw. „kłaczk” i opadają na dno. Proces ten pozwala wytrącić z wody znaczną część zawiesin.

Następnie następuje dezynfekcja. Wody naturalne zawierają bakterie, wśród nich chorobotwórcze. Metody dezynfekcji mają na celu zniszczenie żywych i przetrwalnikowych form patogennych drobnoustrojów oraz uniemożliwienie ich późniejszego rozwoju. Stosowane jest

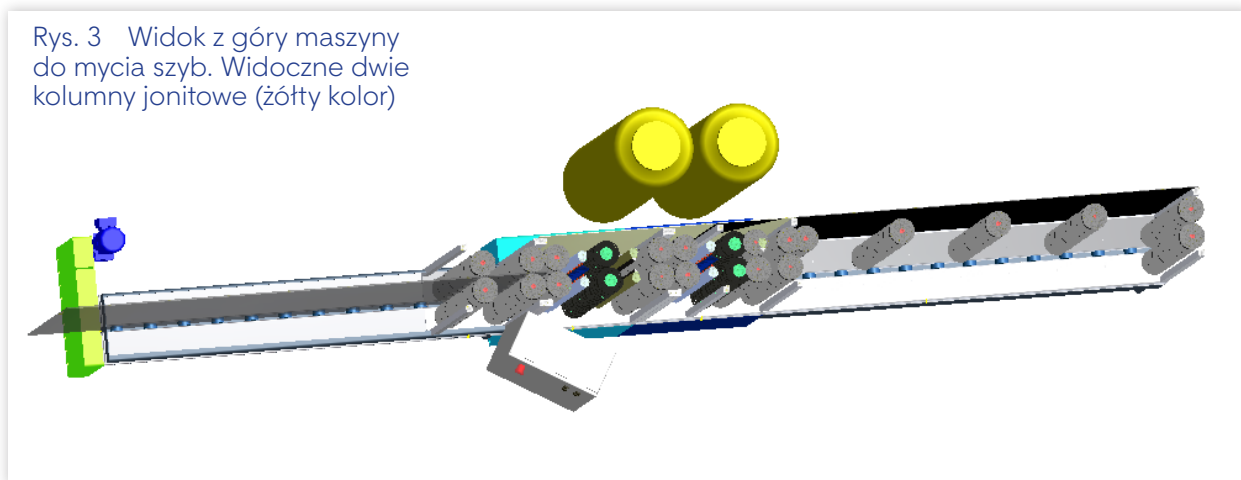
chlorowanie, ozonowanie lub naświetlanie promieniami ultrafioletowymi. Najpowszechniejszą metodą jest chlorowanie, które jednak nadaje wodzie charakterystyczny smak i zapach. Zawartość chloru w odkazonej wodzie nie powinna przekraczać 0,3-0,5 mg/dm³.

Odżelazianie i odmanganianie przeprowadza się gdy wody gruntowe zanieczyszczone są związkami żelaza i manganu – ponad 0,3 mg/dm³ żelaza. Wodę napowietrza się, a powstałe osady wodorotlenków żelaza usuwane są w filtrach. Nadmiar manganu usuwa się w podobny sposób. Obecność jonów żelaza i manganu jest szkodliwa dla wielu procesów produkcyjnych. Jeżeli woda ma służyć do instalacji grzewczych, np. do zasilania kotłów parowych, należy ją dodatkowo poddać procesowi degazacji i zmiękczenia.

Zmiękczenie polega na usunięciu z wody głównie jonów wapnia i magnezu, które nadają wodzie twardość, a to sprzyja powstawaniu kamienia kotłowego. Nadmiar jonów usuwa się poprzez wytrącenie trudno rozpuszczalnych osadów, po ogrzaniu wody lub zastosowaniu wymiennicy jonowych – jonitów. Za pomocą jonitów można całkowicie zdemineralizować wodę. Zmiękczenie chemiczne, tzw. dekarbonizacja, polega na dodaniu do wody mleka wapiennego Ca(OH)₂ lub wapna i sody.

Zmiękczenie polega na usunięciu z wody głównie jonów wapnia i magnezu, które nadają wodzie twardość, a to sprzyja powstawaniu kamienia kotłowego. Nadmiar jonów usuwa się poprzez wytrącenie trudno rozpuszczalnych osadów, po ogrzaniu wody lub zastosowaniu wymiennicy jonowych – jonitów. Za pomocą jonitów można całkowicie zdemineralizować wodę. Zmiękczenie chemiczne, tzw. dekarbonizacja, polega na dodaniu do wody mleka wapiennego Ca(OH)₂ lub wapna i sody.

Rys. 3 Widok z góry maszyny do mycia szyb. Widoczne dwie kolumny jonitowe (żółty kolor)





Fot. 2 Khaleej Times – stacja odsalania wody morskiej z wykorzystaniem energii słonecznej w Dubaju.

Filtrację za pomocą węgla aktywnego stosuje się w celu poprawy cech wody, takich jak smak, zapach, barwa. Węgiel aktywny jest skuteczny w usuwaniu chloru i jego związków, fenolu, oraz niektórych metali.

Ostatecznym elementem procesu uzdatniania, wpływającym też na jakość wody, jest transport za pomocą rurociągów, których wykonanie powinno być zgodne z szeregiem norm.

Wody przemysłowe mają jeszcze wiele innych nazw, np. woda lodowa, demineralizowana czy para technologiczna, w zależności od ich stosowania. Woda demineralizowana jest wodą bardzo agresywną, ponieważ dąży ona do uzupełnienia brakujących jonów i pozyskuje je np. ze zbiorników czy rurociągów powodując ich szybką „korozję”. Dlatego dla wody tej, na zbiorniki i rurociągi oraz aparaturę stosuje się specjalne materiały jak np. stal kwasoodporna czy niektóre tworzywa sztuczne.

W Polsce została kiedyś zaprojektowana linia (rysunki 2 i 3) do rzemieślniczej produkcji szyb zespolonych – termizoli. W procesie tym bardzo ważne jest dokładne umycie tafli szklanych użytych do produkcji szyb zespolonych. Po sklejeniu szyb nie ma już możliwości jej umycia w środku, a więc wszelkie drobne nawet krople wody, powodujące mini ślady na szkle są powodem brakowania gotowego produktu. Mycie tafli szkła o szerokości 2200 mm i długości do 3000 mm odbywa się w pionie, w myjce (za pomocą szczotek), do której podawana jest woda o bardzo dużym stopniu czystości,

nie przekraczającym 70 mS/cm. W tym celu została zaprojektowana stacja oczyszczania wody, składająca się z dwóch kolumn jonitowych, wykonanych z rur z tworzywa sztucznego, o średnicy 350 mm każda i wysokości 2000 mm, wyposażonych w odpowiednią instalację. Woda wodociągowa przepływa przez zespół kolumn, w których znajduje się masa jonitowa. Po oczyszczeniu woda podawana jest do myjki. Jej czystość jest najczęściej na poziomie od 2 do 10 $\mu\text{S/cm}$. Masa jonitowa po utracie swoich zdolności oczyszczania poddawana jest regeneracji i może być ponownie wielokrotnie użyta w kolumnach jonitowych. Po umyciu tafli szkła przechodzi przez stanowisko intensywnego suszenia ciepłym powietrzem i kontroli na ostatnim stanowisku, które ma tylną ściankę w ciemnym kolorze, a od góry oświetlone jest jasnym światłem, co umożliwia zauważenie wszelkich śladów niedomycia czy niedosuszenia, które jeszcze na tym etapie można usunąć. Następnie podawana jest na stół montażowy specjalnej konstrukcji, na którym odbywa się cięcie tafli na wymiar oraz klejenie szyb.

W niektórych miejscach na świecie, np. w krajach Biskiego Wschodu, w Kalifornii czy w Indiach, występują duże braki wody. Buduje się więc instalacje odsalania wody morskiej, której jest akurat dużo. Przykładowo, w Arabii Saudyjskiej stacja odsalania wody zapewnia 60% zapotrzebowania na wodę słodką tego kraju.

Procesy odsalania wody morskiej, przeważnie metodą odwróconej osmozy, są obecnie na tyle dopracowane technicznie, że wydaje się, iż problem braku wody jest już możliwy do opanowania.

Aleksander Łukomski

Rysunek 1 oraz fotografie pochodzą z archiwum f-my Centrum Badawczo-Wdrożeniowe UNITEX Sp. z o.o., Gdańsk