



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Alina Jaksa

Stosowanie aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego 311[31].Z2.01

Poradnik dla ucznia

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2006

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

Recenzenci:

mgr inż. Jacek Malec

mgr Barbara Przedlacka

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Małgorzata Urbanowicz

Konsultacja:

dr inż. Bożena Zając

Korekta:

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[31].Z2.01 „Stosowanie aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego” zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik technologii chemicznej 311[31].

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2006

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Metale i stopy metali	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	19
4.1.3. Ćwiczenia	20
4.1.4. Sprawdzian postępów	21
4.2. Ochrona metali przed korozją. Tworzywa niemetalowe	22
4.2.1. Materiał nauczania	22
4.2.2. Pytania sprawdzające	25
4.2.3. Ćwiczenia	25
4.2.4. Sprawdzian postępów	26
4.3. Wybrane aparaty i urządzenia przemysłu chemicznego	27
4.3.1. Materiał nauczania	27
4.3.2. Pytania sprawdzające	49
4.3.3. Ćwiczenia	49
4.3.4. Sprawdzian postępów	51
5. Sprawdzian osiągnięć	52
6. Literatura	57

1. WPROWADZENIE

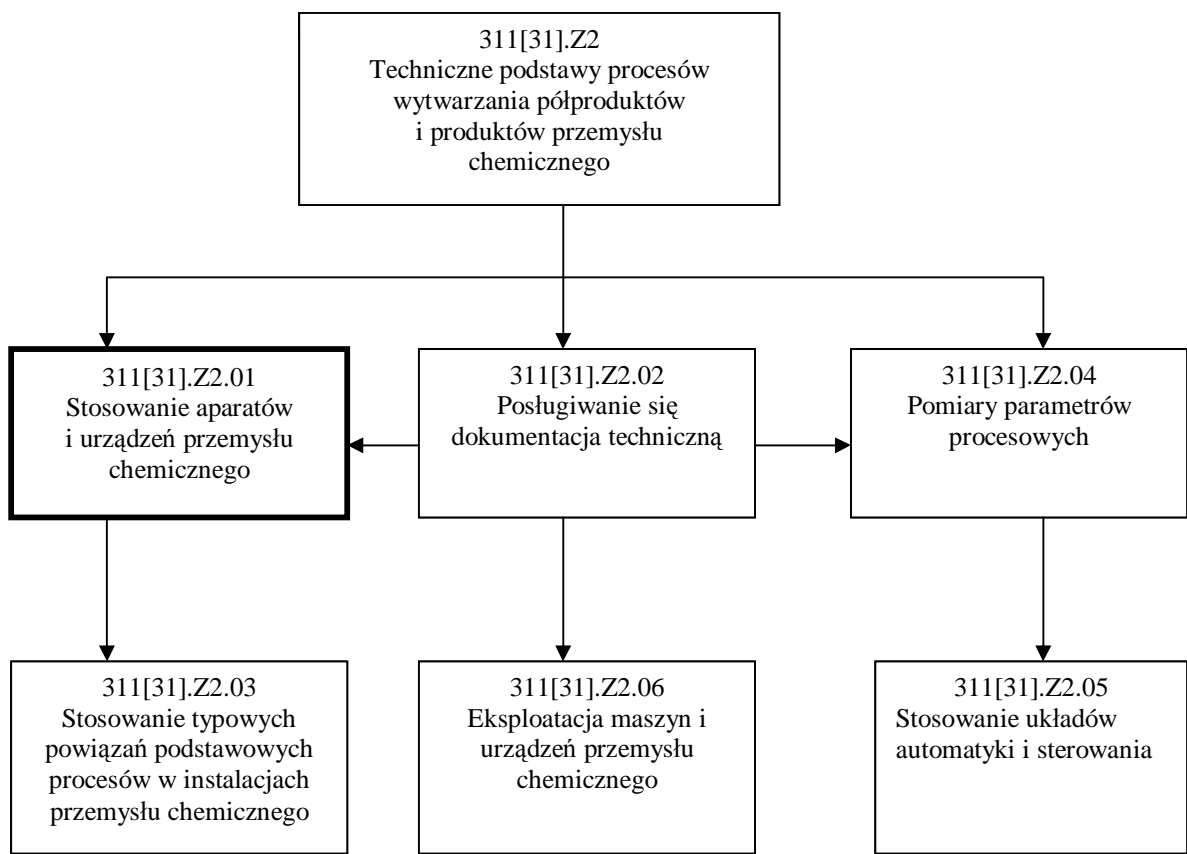
Poradnik ułatwi Ci przyswajać wiedzę z zakresu stosowania aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego i zdobywać umiejętność posługiwania się nią.

W poradniku umieszczono:

- wymagania wstępne, wykaz umiejętności, jakie powinieneś posiadać przed rozpoczęciem pracy z poradnikiem,
- cele kształcenia, wykaz umiejętności, jakie opanujesz w wyniku procesu kształcenia,
- materiał nauczania, informacje niezbędne do opanowania treści zawartych w jednostce modułowej i realizacji celów kształcenia,
- pytania sprawdzające wiedzę niezbędną do wykonania ćwiczeń,
- ćwiczenia kształtujące umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów, umożliwiający określenie poziomu wiedzy po wykonaniu ćwiczenia,
- sprawdzian osiągnięć, umożliwiający sprawdzenie wiadomości i umiejętności opanowanych podczas realizacji programu jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

Bezpieczeństwo i higiena pracy

W czasie pobytu w pracowni musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bhp oraz instrukcji przeciwpożarowych, wynikających z rodzaju wykonywanych prac. Przepisy te poznasz podczas trwania nauki.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej "Stosowanie aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego", powinieneś umieć:

- posługiwać się podstawowym sprzętem laboratoryjnym,
- korzystać z wag laboratoryjnych,
- przeliczać jednostki miar,
- zachować zasady bhp przy pracy z odczynnikami chemicznymi,
- udzielać pierwszej pomocy przy oparzeniach chemicznych i termicznych,
- wyjaśniać podstawowe procesy fizyczne,
- wyjaśniać podstawowe procesy chemiczne,
- korzystać z różnych źródeł informacji.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku procesu kształcenia, powinieneś umieć:

- scharakteryzować i rozpoznać materiały stosowane do budowy aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego,
- rozpoznać na podstawie oznaczeń: stal, żeliwo, metale nieżelazne i ich stopy,
- rozpoznać elementy konstrukcyjne aparatów i urządzeń,
- sklasyfikować powłoki ochronne,
- rozpoznać rodzaje powłok ochronnych,
- podać przykłady zastosowania powłok ochronnych,
- określić sposoby zapobiegania korozji w aparatach i urządzeniach,
- scharakteryzować budowę i zasadę działania aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego,
- określić zasady obsługi podstawowych aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego,
- rozróżnić znormalizowane symbole aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego,
- dobrać aparaty i urządzenia do określonych procesów technologicznych,
- sporządzić bilanse energetyczne i materiałowe procesów prowadzonych w aparatach i urządzeniach,
- wykorzystać w sposób racjonalny sprzęt i aparaturę,
- wykorzystać w sposób racjonalny substancje i czynniki energetyczne,
- sporządzić dokumentację pracy,
- ocenić szkodliwość stosowanych substancji niebezpiecznych na podstawie kart charakterystyki,
- zastosować przepisy bhp oraz ochrony przeciwpożarowej w czasie wykonywania prac laboratoryjnych i warsztatowych.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Metale i stopy metali

4.1.1. Materiał nauczania

Metalami nazywa się pierwiastki, które charakteryzują się takimi własnościami, jak: połysk, barwa, kowalność, przewodnictwo cieplne i elektryczne, nieprzeźroczystość .

W stanie czystym są rzadko stosowane w przemyśle ze względu na nieodpowiednie własności wytrzymałościowe. Największe zastosowanie, ze względu na dobre własności chemiczne i fizyczne, mają glin i miedź.

W technice stosuje się metale w postaci stopów, których własności są zwykle lepsze od własności metali wchodzących w ich skład. Stopy otrzymuje się przez stopienie dwu lub więcej składników, z których przynajmniej jeden, użyty w przeważającej ilości, jest metalem.

Własności metali i ich stopów dzielą się na fizyczne, chemiczne, mechaniczne i technologiczne.

Własności fizyczne są określane przez barwę, gęstość, temperaturę topnienia, przewodnictwo elektryczne, przewodnictwo cieplne, właściwości magnetyczne.

Własności chemiczne charakteryzują następujące wielkości: skład chemiczny, odporność na korozję, odporność na działanie kwasów, zasad, wysokie temperatury.

Własności mechaniczne ocenia się na podstawie sprężystości, twardości, udarności, wytrzymałości na rozciąganie, ściskanie, zmęczenie.

Własności technologiczne są określane przez plastyczność, skrawalność, lejność, ścieralność, zdolność do spawania.

W przemyśle najczęściej jako materiał konstrukcyjny stosowane są stopy żelaza: stal i żeliwo. Z metali nieżelaznych duże zastosowanie znalazły aluminium, miedź, cyna, cynk, ołów i nikiel. Oprócz wymienionych metali duże znaczenie mają również takie metale, jak: chrom, mangan, molibden, kobalt, wolfram, tytan, wanad. Metale te używane są przeważnie jako dodatki stopowe polepszające własności stopów żelaza.

Żelazo i jego stopy

Czyste żelazo ma gęstość $7,87\text{g/cm}^3$, temperaturę topnienia 1539°C , wytrzymałość na rozciąganie $R_m = 245\text{--}294\text{MPa}$, twardość $HB = 785\text{MPa}$. Własności mechaniczne żelaza są niskie, otrzymywanie go jest dosyć trudne. Toteż w stanie czystym nie jest stosowane w technice. Wykorzystane jest do wytwarzania stopów głównie z węglem. Zawartość węgla w stopie wpływa na jego własności. W zależności od ilości węgla w stopie oraz sposobu jego otrzymywania rozróżniamy:

- surówki
- żeliwa
- stale węglowe
- stale stopowe
- staliwa

Surówkę otrzymuje się, przetapiając rudy żelaza z koksem i wapniem. Stopione żelazo łączy się z węglem i innymi pierwiastkami (krzemem, fosforem, siarką) tworząc surówkę o zawartości węgla 2,5–4,5%. Duża zawartość węgla powoduje, że jest ona krucha i twarda, nie można jej walcować, kuć ani zgrzewać. Surówki dzielą się na białe i szare. W białych węgiel występuje w postaci chemicznie związanej jako węgiel żelaza Fe_3C zwany

cementytem. Cementyt charakteryzuje się dużą twardością i dlatego surówka biała jest twarda i krucha. Surówki te przeznaczone są do produkcji stali.

W surówce szarej węgiel występuje głównie w postaci wolnej jako grafit. Surówki szare są dość miękkie, mniej kruche niż białe, można je łatwo obrabiać, charakteryzują się małym skurczem, nadają się do celów odlewniczych.

Żeliwo otrzymuje się przez przetopienie surówki z dodatkiem złomu żeliwnego, stalowego i kamienia wapiennego, a następnie odlanie do form.

Skład chemiczny żeliwa jest zbliżony do składu surówki.

Składnik	Zawartość [%]
Węgiel	2,5 – 4,5
Krzem	0,5 – 3,0
Mangan	1,0
Fosfor	0,8
Siarka	poniżej 0,12

Żeliwo podobnie jak surówka może być szare lub białe. Szare żeliwo odznacza się dobrymi własnościami odlewniczymi, odlewy o przełomie szarym cechuje dobra obrabialność. Białe jest bardzo twarde, kruche, trudno obrabialne i ma dlatego ograniczony zakres stosowania.

Dla uzyskania lepszych własności mechanicznych do żeliwa wprowadza się dodatki stopowe: chrom, krzem, nikiel, molibden. Składniki te polepszają własności mechaniczne i odporność na korozję. Duża zawartość krzemu (14%) nadaje żeliwu dużą odporność na korozję w kwasach, czyniąc je praktycznie kwasoodpornym.

Żeliwo jest najczęściej stosowanym materiałem odlewniczym.

System oznaczania żeliwa – Polska Norma PN-EN 1560:2001

Klasyfikacja według składu

Pierwszym symbolem jest **X**, po nim powinny następować symbole chemiczne istotnych pierwiastków stopowych w kolejności malejącej zawartości tych pierwiastków.

Zawartości tych pierwiastków powinny być podane w % zaokrąglonych do liczby całkowitej, a cyfry oddzielone łącznikami. Litery **EN** odnoszą się do materiałów znormalizowanych.

Jeśli podaje się zawartość węgla – podaje się go jako równą 100-krotnej procentowej zawartości np. 300 dla 3% po literze X.

Przykłady oznaczeń:

bez podanej zawartości węgla - EN-GJL-X NiMn13-7

z podaną zawartością węgla - EN-GJN -X300CrNiSi 9-5-2

Dodatkowe litery oznaczają:

G – materiał odlewany,

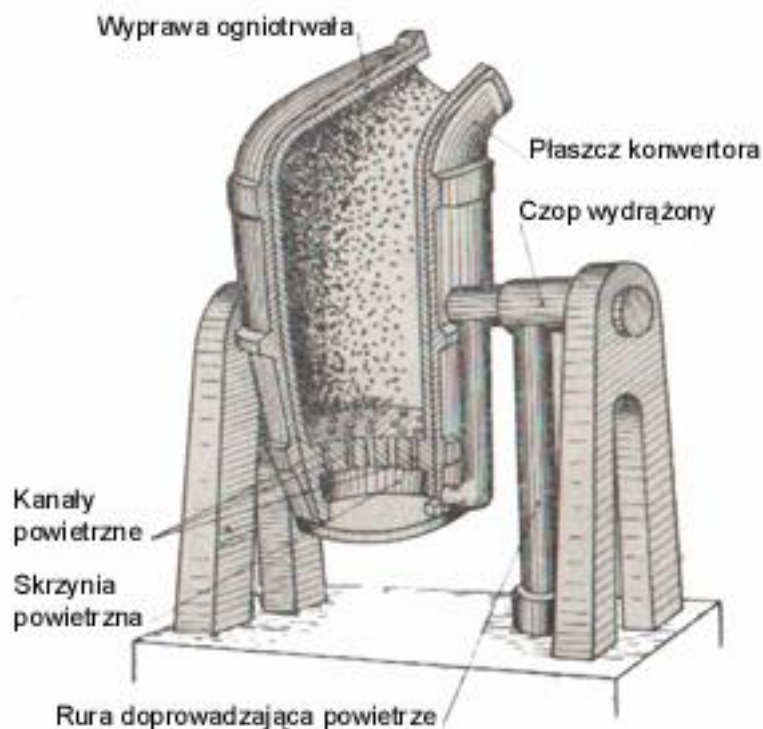
J – żeliwo,

L – strukturę grafitu,

N – brak grafitu.

Stal otrzymuje się z surówki. Przeróbka surówki na stal polega na częściowym oddzieleniu domieszek (krzemu, fosforu, siarki, manganu) przez ich utlenianie. Proces wypalania domieszek nazywa się świeżeniem. W czasie tego procesu wraz z wypalaniem domieszek i zanieczyszczeń zmieniają się własności materiału poddanego świeżeniu. Otrzymany produkt poddaje się obróbce plastycznej i otrzymuje się stal.

Stal wytwarza się w konwertorach, piecach martenowskich lub w piecach indukcyjnych. Ciekłą surówkę wlewa się do **konwertora**, a następnie przez jej warstwę przetłacza powietrze lub tlen pod ciśnieniem 0,15–0,25 MPa. Dodanie CaO pozwala usunąć fosfor.

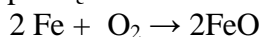


Rys. 1 Konwertor [4]

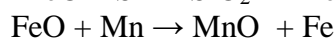
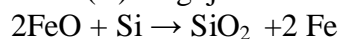
Wytapianie stali w konwertorach nie wymaga użycia paliwa, niezbędne do procesu ciepło wytwarza się bowiem dzięki wypalaniu składników surówki takich jak krzem, mangan, węgiel.

Po przedmuchiowaniu surówki powietrzem temperatura podnosi się z około 1250–1750°C.

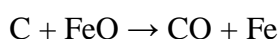
W konwertorze początkowo zachodzi utlenianie niewielkiej ilości żelaza:



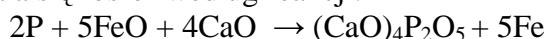
Powstały tlenek żelaza(II) reaguje z krzemem i manganem:



W dalszym etapie świeżenia wypalają się resztki krzemu i manganu i rozpoczyna się spalanie węgla:

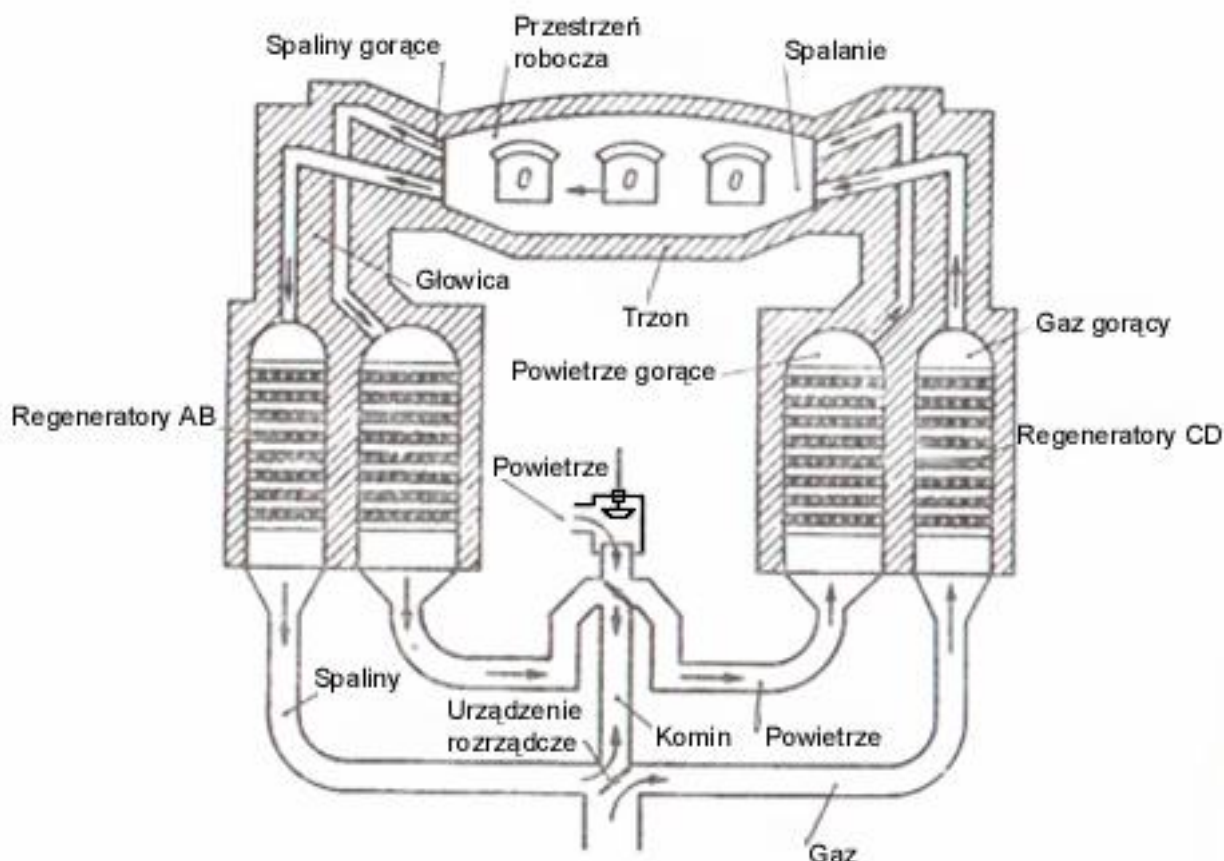


Następnie wypala się fosfor według reakcji:



W konwertorach konieczne jest stosowanie surowki o określonym składzie chemicznym, dotyczy to zwłaszcza krzemu, siarki, fosforu.

W metodzie martenowskiej nie ma znaczenia jaki skład ma surowka doprowadzona do pieca. Świeżenie odbywa się w piecu płomieniowym, opalanym gazem generatorowym. Stal otrzymana tą metodą ma lepsze własności mechaniczne niż stal konwertorowa, zawiera mniej niepotrzebnych, szkodliwych domieszek w postaci siarki i fosforu. W procesie świeżenia zachodzą takie same procesy chemiczne jak w konwertorach.



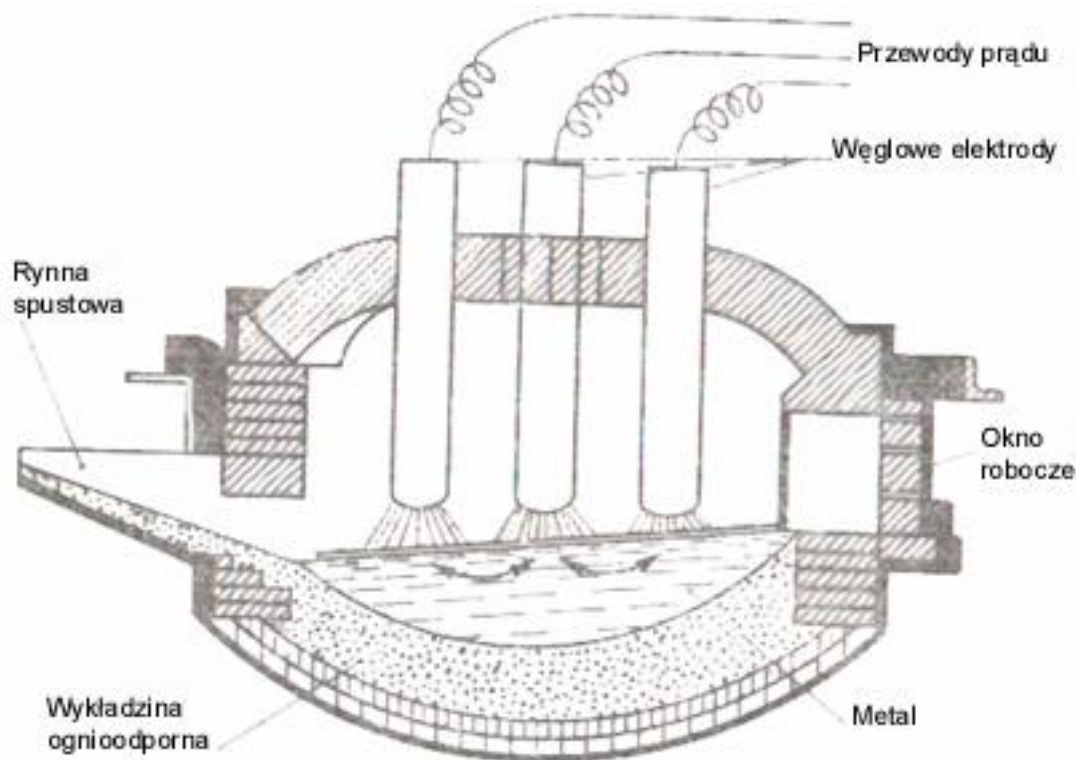
Rys. 2. Piec martenowski [4]

Surówkę i złom ładuje się przez okna wsadowe do przestrzeni roboczej pieca i doprowadza gorący gaz. Następuje spalanie gazu i topnienie wsadu. W bocznych ścianach pieca umieszczone są głowice, które służą do doprowadzania paliwa i powietrza oraz usuwania spalin. Głowice pracują na zmianę, w tym samym czasie, gdy jedna doprowadza powietrze i gaz, druga odprowadza spalinę do regeneratorów.

Regeneratory są komorami wypełnionymi szamotową kratownicą. Gazy spalinowe ulatujące z pieca przechodzą przez pierwszą parę regeneratorów, nagrzewając ich ściany i kanały, i uchodzą do komina. Przez nagrzane komory przepuszczane jest powietrze i gaz, które nagrzewają się i już gorące wpływają do przestrzeni roboczej pieca, gdzie się spalają. Powstałe wówczas gazy spalinowe kierowane są do drugiej pary regeneratorów, nagrzewają je i uchodzą do komina. I w ten sposób następują kolejne zmiany obiegu spalin, gazu i powietrza.

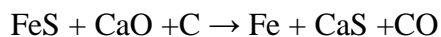
Stal otrzymana w piecu martenowskim zawiera jeszcze pewne ilości siarki i fosforu, aby je usunąć rafinuje się stal w **piecach elektrycznych**. Najczęściej stosowany jest piec łukowy.

W piecach tych źródłem ciepła jest łuk elektryczny, powstający między elektrodami a metalowym wsadem. Łuk elektryczny powstaje po doprowadzeniu prądu do elektrod.



Rys. 3. Piec elektryczny łukowy [4]

Piece elektryczne umożliwiają usunięcie w znacznym stopniu fosforu i siarki, lecz nigdy równocześnie. Odfosforzanie wymaga środowiska zasadowego (dodatek około 5% CaO) i utleniającego oraz nieco niższej temperatury. Natomiast odsiarczanie – środowiska zasadowego, lecz redukującego i wysokiej temperatury. Zmiana atmosfery utleniającej na redukującą następuje po wprowadzeniu do pieca drobno mielonego koksu oraz wapna CaO.

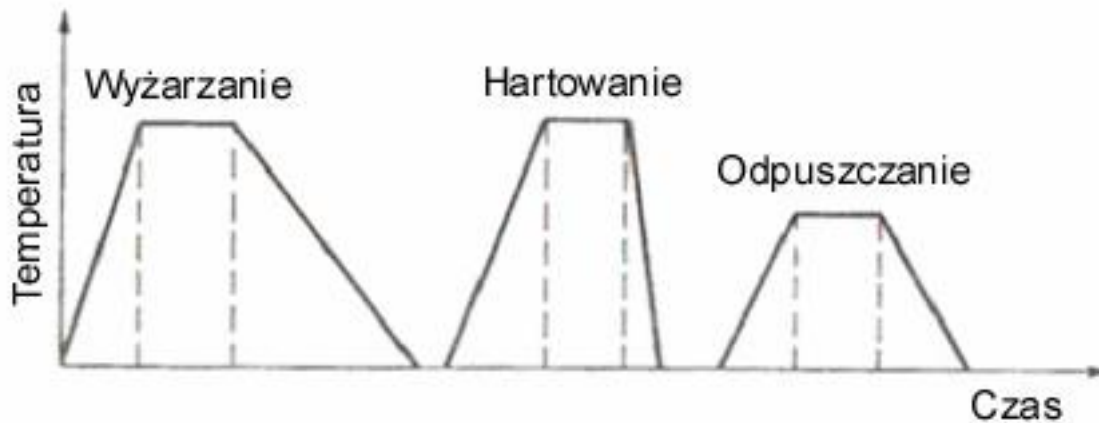


Zawartość węgla w stalach nie przekracza 2%. Budowa stali jest krystaliczna. W stalach węglowych niestopowych ziarna składają się z dwóch składników: ferrytu i cementytu. Ferryt jest prawie czystym żelazem, o twardości HB = 490–680MPa, a więc zbliżonej do twardości miedzi. Cementyt – węglík żelaza o zawartości 6,67% węgla jest bardzo twardy, jego twardość leży między twardością korundu a diamentu.

Stal jest tym twardsza, im więcej zawiera cementytu – czyli im większy jest procent węgla.

Stale poddaje się obróbce cieplnej, polegającej na nagrzewaniu do temperatury, w której zachodzą przemiany fazowe, wygrzewaniu w tej temperaturze i następnie szybkim lub powolnym chłodzeniu. W wyniku obróbki cieplnej zmienia się struktura stali, własności fizyczne, chemiczne, mechaniczne i technologiczne.

Stosuje się trzy rodzaje obróbki cieplnej: wyżarzanie, hartowanie i odpuszczanie.



Rys. 4. Rodzaje obróbki cieplnej [4]

Wyżarzanie ma na celu usunięcie miejscowych niejednorodności składu chemicznego oraz nadanie stali własności plastycznych lub zmniejszenie twardości. Po nagraniu do odpowiedniej temperatury, wygrzaniu przez kilkanaście godzin w tej temperaturze, stal chłodzi się powolnie.

Hartowanie polega na nagraniu stali do temperatury 780–880°C (temperatura zależy od zawartości węgla w stali), krótkim wygrzaniu w tej temperaturze i szybkim schłodzeniu w wodzie lub w oleju. Hartowanie zwiększa twardość i wytrzymałość stali, a obniża jej własności plastyczne.

Odpuszczanie jest zabiegiem cieplnym stosowanym do stali hartowanej, ma na celu usunięcie naprężeń hartowniczych i zmianę własności mechanicznych, a więc obniżenie twardości i wytrzymałości na rozciąganie, a zwiększenie wydłużenia i udarności. Odpuszczanie polega na tym, że przedmiot zahartowany nagrzewa się (zależnie od tego jaki efekt chce się uzyskać) do temperatury 180–650°C, przetrzymuje pewien czas w tej temperaturze i następnie chłodzi.

Podział stali i jej zastosowanie

Ze względu na skład chemiczny stale dzielą się na:

- stale niestopowe
- stale stopowe

Stale niestopowe są wytapiane bez specjalnych dodatków stopowych. Zawierają nieznaczne domieszki krzemu, siarki, fosforu, manganu, pochodzące z procesów metalurgicznych.

Stalami stopowymi nazywa się stale, które oprócz węgla zawierają inne składniki dodawane w celu otrzymania pewnych określonych własności: zwiększenia hartowności, uzyskania lepszych własności wytrzymałościowych oraz nadania specjalnych własności fizycznych i chemicznych. Do najczęściej stosowanych dodatków stopowych należą: nikiel, chrom, wolfram, mangan, molibden, kobalt i krzem. Dodaje się je w czasie wytapiania stali – jeden lub więcej, w zależności od własności jakie ma uzyskać stal.

Biorąc pod uwagę przeznaczenie, stale węglowe i stopowe dzielą się na:

- konstrukcyjne,
- narzędziowe,
- specjalne,
- maszynowe.

Stale węglowe

Stale węglowe konstrukcyjne zwykłej jakości zawierają 0,23–0,55% C. Są produkowane jako uspokojone lub nieuspokojone. Stal uspokojona jest stalą odtlenioną, natomiast nieuspokojona jest odtleniona częściowo i przy krzepnięciu takiej stali następuje wydzielanie gazów. Stal nieuspokojona jest bardziej miękka.

Stale węglowe konstrukcyjne zwykłej jakości stosuje się do produkcji blach, rur, śrub, kształtowników itp.

Stale węglowe konstrukcyjne wyższej jakości zawierają 0,05–0,7% C i 0,25–0,80% Mn oraz niewielką zawartość S i P. Stosuje się je głównie do wyrobu części maszyn i urządzeń. Elementy wykonane z tej stali poddaje się obróbce cieplnej.

Stale węglowe narzędziowe przeznaczone są do wyrobu wszelkiego rodzaju narzędzi, części przyrządów pomiarowych. Zawierają 0,5–1,3% węgla. Różnią się od stali konstrukcyjnej większą czystością, mniejszą zawartością manganu, małą głębokością hartowania, co powoduje, że zewnętrzna warstwa ma dużą twardość i jest odporna na ścieranie.

Stale stopowe

Stale stopowe zawierają określone ilości pierwiastków stopowych. Ich ilość może zawierać się 5–55%. Dodatki zmieniają własności stali, mogą zwiększać wytrzymałość, odporność na korozję, zmieniać własności elektryczne, magnetyczne i inne.

Stale stopowe narzędziowe

Stale stopowe narzędziowe mają znacznie większą, w porównaniu ze stalami narzędziowymi węglowymi, odporność na obciążenia udarowe, dużą wytrzymałość w podwyższonej temperaturze. Zadaniem pierwiastków stopowych jest zwiększenie hartowności stali, utworzenie twardych odpornych na ścieranie węglików, zwiększenie odporności na działanie wysokich temperatur. Zawierają (0,25–0,6%) C i dodatki stopowe: Mn, Cr, Si, Ni i inne metale. Stale narzędziowe stopowe stosuje się np. do wyrobu narzędzi skrawających, przyrządów pomiarowych odpornych na ścieranie, narzędzi chirurgicznych, gwintowników.

Rozróżnia się stale przeznaczone do pracy na zimno i na gorąco oraz stale szybko tnące.

Stale szybko tnące są to stale, które zachowują twardość i zdolność skrawania przy takich prędkościach skrawania, które wywołują nagrzewanie się narzędzi aż do ok. 600°C.

Oznaczenia stali narzędziowych stopowych są literowe.

Litera na początku symbolu oznacza warunki pracy:

N – do pracy na zimno,

W – do pracy na gorąco,

S – stal szybko tnąca.

Stale o specjalnych własnościach

Stale odporne na korozję.

Zależnie od stopnia i charakteru odporności na działanie korozyjne rozróżnia się stale nierdzewne, kwasoodporne, żarowytrzymałe i żaroodporne.

Stale odporne na korozję wg normy PN-EN-10027-2:1994 dzielą się:

Numer grupy	Rodzaje gatunków
1.40..... 1.41.....	Stale z Cr o zawartości < 2,5% Ni bez Mo, Nb lub Ti z Mo bez Nb i Ti
1.43..... 1.44.....	Stale z Cr o zawartości > 2,5% Ni bez Mo, Nb, Ti z Mo bez Nb i Ti
1.45..... 1.46.....	Stale z Cr, CrNi lub CrNiMo z dodatkami specjalnymi Cu, Nb, Ti.....

Stale nierdzewne

Są to stale odporne na działanie czynników atmosferycznych, wód naturalnych, pary wodnej, roztworów alkalicznych i rozcieńczonych kwasów organicznych.

Natomiast nie są odporne na działanie większości kwasów nieorganicznych, kwasu octowego, mrówkowego i roztworów soli.

Składnikiem stopowym zapewniającym nierdzewność stali jest chrom, już zawartość 12% zapewnia dostateczną nierdzewność. Nierdzewność rośnie wraz z zawartością chromu, ale również zależy od zawartości węgla. Im mniej węgla tym większa odporność na korozję. Działanie chromu polega na tworzeniu się na powierzchni stali cieniutkiej o grubości 1–5 nm, nieprzepuszczalnej warstewki tlenków chromu, która chroni przed korozją.

Stale nierdzewne stosuje się po obróbce cieplnej: hartowaniu i odpuszczaniu.

Stale kwasoodporne

Są to stale odporne na działanie kwasów organicznych i większości nieorganicznych z wyjątkiem kwasu solnego i siarkowego. Kwasoodporność uzyskuje się w wyniku zastosowania jako dodatków stopowych Cr i Ni. Stale kwasoodporne są stalami chromowo-niklowymi o zawartości (17–20%) Cr i (8–14%) Ni i o jak najmniejszej zawartości węgla – setne części %. Dodatek niklu poprawia odporność na działanie środowisk słabo utleniających.

Ze stali nierdzewnych i kwasoodpornych wykonuje się aparaturę chemiczną, części maszyn.

Np. ze stali kwasoodpornej o zawartości chromu 18%, niklu 9%, manganu maksimum 2%, krzemu 0,8%, węgla 0,1% wykonuje się urządzenia dla przemysłu chemicznego i azotowego: wieże absorpcyjne, wymienniki ciepła, zbiorniki do kwasów, rurociągi, mieszadła, kotły destylacyjne, części pomp.

Stale kwasoodporne są równocześnie stalami nierdzewnymi.

Stale żaroodporne i żarowytrzymałe

Stale te w wysokich temperaturach odznaczają się dobrymi własnościami mechanicznymi (żarowytrzymałość) i dużą odpornością na korozyjne działanie gazów spalinowych (żaroodporność). Są to stale chromowo-niklowe o dużej zawartości chromu (5–30%), niklu (4–30%) i małej zawartości węgla (0,1–0,4%). **Żaroodporność** stal zawdzięcza obecności chromu, który przeciwdziała utlenianiu – im wyższa temperatura pracy, tym większa musi być zawartość chromu. Nikiel podnosi wytrzymałość w wysokich temperaturach.

Jako składniki stopowe stali żaroodpornych stosuje się poza chromem i niklem także molibden lub wolfram w ilości ok. 1%, które korzystnie wpływają na odporność korozyjną, zwiększenie wytrzymałości oraz krzem (do 3%) i aluminium (do 1,5%), które zwiększają odporność stali na utlenianie w wysokich temperaturach.

Temperatury robocze stali żaroodpornych wynoszą zależnie od składu stali 800–1200°C.

Wykonuje się z nich m.in. części aparatury kotłowej, tygle do pieców, wentylatory do gorących gazów.

Stale żarowytrzymałe nie zmieniają własności wytrzymałościowych do pewnych wartości temperatury, jest to zakres 650–800°C i zależy od składu stali. Im większe zawartości chromu i niklu, tym wyższa żarowytrzymałość.

Ze stali tej wykonuje się rury w aparaturze chemicznej pracujące pod zwiększonym ciśnieniem i w wysokiej temperaturze, zawory silników.

Staliwo jest stopem żelaza z węglem o składzie identycznym jak stal, z tym, że po procesie świeżenia nie jest poddawany obróbce plastycznej, a odlany w formy.

System oznaczania stali wg PN-EN 10027-1:2005 (U)

Normy europejskie przewidują dwa systemy oznaczania gatunków stali: system znaków i system cyfrowy.

Klasyfikacja w systemie znaków według składu:

- 1) Stale niestopowe o średniej zawartości Mn < 2%.

Znak składa się z:

- litery C,
- liczby będąca 100-krotną wymaganą średnią zawartością procentową węgla.

- 2) Stale niestopowe o średniej zawartości Mn \geq 1% i stale stopowe bez szybkoctnych o zawartości każdego pierwiastka stopowego < 5%.

Znak składa się z:

- liczby będącej 100-krotną wymaganą średnią procentową zawartością węgla,
- symboli pierwiastków oznaczających składniki stopowe w stali, uporządkowane według malejącej wartości, jeśli występują takie same wartości stosuje się porządek alfabetyczny,
- liczb oznaczających zawartości poszczególnych pierwiastków,
- Każda liczba oznaczająca średnią procentową zawartość pierwiastka pomnożona jest przez odpowiedni współczynnik i zaokrąglona do najbliższej liczby całkowitej. Liczby oddziela się kreską.

- 3) Stale stopowe bez szybkoctnych zawierające przynajmniej jeden pierwiastek stopowy o zawartości \geq 5%

Znak składa się z:

- litery X,
- liczby będącej 100-krotną wymaganą średnią procentową zawartością węgla,
- symboli chemicznych oznaczających składniki stopowe stali według malejącej ilości,
- liczb oznaczających zawartości pierwiastków stopowych pomnożone przez odpowiedni współczynnik i zaokrąglone do najbliższej liczby całkowitej.

- 4) Stale szybkoctne

Znak składa się z:

- liter HS,
- liczb oznaczających procentowe zawartości pierwiastków stopowych w następującym porządku:
 - wolfram (W),
 - molibden (Mo),
 - wanad (V),
 - kobalt (Co).

Współczynniki dla ustalenia symboli liczb pierwiastków stopowych stali.

Pierwiastek	Współczynnik
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

W oznaczeniach według zastosowania i własności stali umieszcza się litery oznaczające:

- S – stale konstrukcyjne,
- P – stale pracujące pod ciśnieniem,
- L – stale na rury,
- E – stale maszynowe.

Za literami umieszcza się liczbę będącą minimalną granicę plastyczności w MPa dla najmniejszego zakresu grubości.

Metale nieżelazne

Aluminium

Jest metalem o barwie srebrnobiałej, gęstości $2,7 \text{ g/cm}^3$, temperaturze topnienia 658°C .

Aluminium jest jednym z najbardziej odpornych na korozję metali. Pod wpływem czynników atmosferycznych pokrywa się cienką warstewką tlenku, chroniącą je przed dalszym utlenianiem. Większość kwasów organicznych jak octowy, mlekowy nawet stężone, nie działają na aluminium; odporne jest również na stężony kwas azotowy, amoniak, chlor. Posiada dobre przewodnictwo cieplne około 3,5 razy większe od przewodnictwa żelaza, dobrą przewodność elektryczną. Wadą aluminium są niskie własności mechaniczne. Nadaje się bardzo dobrze do obróbki skrawaniem i do obróbki plastycznej. W stanie czystym aluminium jest stosowane w przemyśle chemicznym na zbiorniki, armaturę, przewody.

Stopy aluminium

Największe znaczenie i zastosowanie znalazły stopy aluminium z krzemem i miedzią.

Stopy aluminium dzielą się na odlewnicze i do obróbki plastycznej.

Spośród stopów odlewniczych najbardziej rozpowszechnione są **siluminy** o zawartości (4,0–13,5%) Si, z dodatkiem Cu > 6%, Mg, Mn. Bardzo dobrze wypełniają formy, podczas krzepnięcia wykazują mały skurcz, są odporne na korozyjne działanie czynników atmosferycznych, roztworów o charakterze kwaśnym lub zasadowym. Ze stopów tych odlewa się części maszyn, silników.

Stopy aluminium do obróbki plastycznej zawierają mniejsze ilości dodatków stopowych, głównie Cu (do 5%). Posiadają niską wytrzymałość zmęczeniową, udarność jednak nie maleje w miarę obniżania temperatury.

Hydronalium zawiera (2–5%) Mg, (0,1–0,4%) Mn. Odporny jest na działanie wody morskiej. Zastosowanie znalazł w przemyśle okrętowym i przemyśle chemicznym.

Duraluminium jest potrójnym stopem : aluminium, miedzi i magnezu. Oprócz głównych dodatków stopowych: Cu (2–4,9%), Mg (1–1,8%), stop ten zawiera niewielkie ilości krzemu, manganu i żelaza. Ma bardzo dobre własności mechaniczne: wytrzymałość na rozciąganie $R_m = 345\text{--}540 \text{ MPa}$, twardość HB = 880–1373 MPa

Stopy aluminium odporne na podwyższone temperatury są również wieloskładnikowe zawierają: Al, Cu, Mg, Si, Fe, Ti. Żarowytrzymałość zawdzięczają dodatkowi Ni i Fe.

Stopy aluminium charakteryzują się: małą gęstością, dobrą odpornością chemiczną, dużą odpornością cieplną, dobrymi własnościami mechanicznymi, niezdolnością do iskrzenia. Własności chemiczne stopów aluminium zależą od stosowanych dodatków stopowych. Krzem zwiększa odporność stopu na korozję pod warunkiem, że występuje w postaci drobnoziarnistej. Magnez zwiększa odporność na korozję wówczas, gdy jest w niewielkich ilościach, gdyż przy nadmiarze magnezu może występować niebezpieczna korozja elektrochemiczna. Cynk poprawia odporność stopów aluminiowych tylko w przypadku występowania wraz z magnezem.

Czyste aluminium i stopy aluminium o niewielkiej zawartości metali ciężkich i krzemu można chronić przed korozją przez chemiczne oksydowanie zwane **alodynowaniem**.

W przemyśle chemicznym najczęściej stosuje się stop aluminium-magnez-mangan, gdyż nie działają nań: alkohol, benzyna, benzol, kwas chromowy, kwas octowy, kwas azotowy.

Stopy aluminium stosuje się w przemyśle chemicznym do budowy aparatów, zbiorników, cystern do przewozu kwasu azotowego. Ponieważ są niezdolne do iskrzenia, nadają się do budowy urządzeń, w których grozi niebezpieczeństwo eksplozji.

Jedną z norm technicznych dotyczącą aluminium i jego stopów - PN-EN 12258-1:2004.

Miedź

Miedź jest metalem o barwie czerwonej, gęstości $8,93 \text{ g/cm}^3$, temperaturze topnienia 1083°C . Jest miękka, posiada dużą ciągliwość, odznacza się doskonałą przewodnością elektryczną i cieplną, daje się dobrze przerabiać plastycznie. Wysoka odporność miedzi na korozję czyni ją bardzo przydatną w przemyśle chemicznym. Jednak odporność ta zmniejsza się w obecności utleniaczy. W wilgotnym powietrzu pokrywa się patyną, czyli zieloną powłoką zasadowego węglanu miedzi, chroniącą w pewnym stopniu metal przed korozją. Wytrzymałość miedzi na rozciąganie, w zależności od obróbki, wynosi 195–440 MPa.

Zastosowanie: w elektrotechnice, galwanotechnice, przy budowie aparatury chemicznej oraz w produkcji chłodziw i wężownic.

Stopy miedzi

Podstawowymi stopami miedzi są: mosiądze, brązy, miedzionikle.

Mosiądze są stopami miedzi z cynkiem. W zależności od zawartości miedzi zmienia się od czerwonożółtej do złotożółtej. Techniczne zastosowanie mają mosiądze o zawartości cynku nieprzekraczającej 45%. Od ilości miedzi i cynku zależą własności mosiądzów. Jedne z nich dają się przerabiać plastycznie, z innych wykonuje się odlewy. Mosiądze specjalne zawierają oprócz miedzi i cynku dodatkowo jeden lub kilka metali takich, jak: mangan, nikiel, krzem, cyna i inne.

W mosiędzach odlewniczych są niewielkie ilości manganu, krzemu, aluminium i ołowiu. Ołów poprawia lejność stopu, natomiast aluminium i mangan poprawiają własności wytrzymałościowe. Aluminium i krzem zwiększają odporność na korozję.

Wytrzymałość mosiądzów odlewniczych wynosi 196–490 MPa, twardość HB = 1170 MPa. Wykazują dosyć dużą odporność na korozję.

Mosiądze odlewnicze wykorzystuje się do wyrobu armatury wodociągowej, części maszyn, kół zębatach, śrub okrętowych.

Stopy do przeróbki plastycznej zawierają do 40% Zn i dodatki stopowe. Są dość twarde, odporne na korozję, również na korozję pod wpływem wody morskiej. Mosiądze wysokoniklowe zwane nowym srebrem. Są dość twarde, odporne na korozję. Wykonuje się z nich rury, wężownice, membrany manometryczne, kształtowniki, pręty.

Brązy są stopami miedzi z cyną lub stopami wieloskładnikowymi zawierającymi dodatki krzemu, aluminium, kobaltu, manganu, ołowiu, berylu. Wszystkie brązy charakteryzują się

dużą odpornością na czynniki atmosferyczne, mają dosyć wysoką wytrzymałość na rozciąganie, dużą twardość, dobrą odporność na ścieranie. Podobnie jak mosiądze dzielą się na brązy do przeróbki plastycznej i brązy odlewnicze.

Brązy do przeróbki plastycznej mają bardzo dobre własności mechaniczne, znaczną odporność na wysokie temperatury, wysoką odporność na korozję, większą niż mosiądze.

Stosuje się je do wytwarzania łożysk, sprężyn, węzownic, armatury parowej oraz części maszyn stosowanych w przemyśle chemicznym.

Brązy odlewnicze mają niskie własności mechaniczne, są jednak odporne na korozję i ścieranie, dobrze dają się skrawać.

Brązy te stosuje się na części maszyn, łożyska ślizgowe, osprzęt parowy i wodny, na aparaturę chemiczną.

Do brązów zalicza się również stopy miedzi z aluminium, ołowiem lub manganem.

Brązy aluminiowe są odporne na korozję, działanie kwasów (H_2SO_4 , CH_3COOH), gorących roztworów soli. Wykonuje się z nich części aparatury chemicznej, dna sitowe wymienników ciepła, aparaturę kontrolno pomiarową.

Brązy ołowiowe zawierają do 26% Pb. Odporne są na korozję, ścieranie.

Brązy manganowe są odporne na działanie wysokich temperatur. Stop o składzie: 85% Cu, 12% Mn i 3% Ni to manganin, stop o bardzo wysokim oporze elektrycznym.

Miedzionikle są to stopy miedzi z niklem w ilości do 40% Ni. Mogą też zawierać (1–2%) krzemu, aluminium, manganu, żelaza.

Mają dobre własności wytrzymałościowe, dużą odporność na korozję oraz wysoką plastyczność. Jednym ze stopów miedzioniklowych jest konstantan (40% Ni) stosowany jako człon termoelementu do pomiaru temperatury.

Miedzionikle produkuje się w postaci rur, drutów, blach.

Nowe srebra są stopami trójskładnikowymi zawierającymi miedź, 20–25% cynku i 12–15% niklu. Stopy te stosuje się do produkcji sprężyn, rur, blach i produkcji monet.

Norma techniczna dotycząca miedzi i jej stopów - PN-EN 1412:1998.

Cynk

Ma barwę srebrzystoniebieską, gęstość $7,13 \text{ g/cm}^3$, temperaturę topnienia $419,4^\circ\text{C}$. Jest metalem odpornym na działanie czynników atmosferycznych, w podwyższonych temperaturach pokrywa się matowym nalotem tlenku. Daje się łatwo obrabiać plastycznie. Jest dobrym materiałem odlewniczym, dobrze wypełnia formy. Z cynku wyrabia się blachy, pręty, druty, w galwanotechnice do elektrolitycznego pokrywania metali oraz do cynkowania metodą zanurzeniową. Powłoki cynkowe zapewniają stalowym przedmiotom ochronę przed korozją.

Cynk znalazł również zastosowanie jako składnik stopowy. Wchodzi m.in. w skład mosiądzów, znali. **Znale** są stopami cynku z aluminium i miedzią. Zawierają do 15% Al i niewielkie ilości miedzi. Wykorzystuje się je do wytwarzania rur, kształtowników, prętów.

Cyna

Metal o barwie srebrzystobiałej lub szarej, gęstości $7,28 \text{ g/cm}^3$, temperaturze topnienia $231,9^\circ\text{C}$. Przy zginaniu wydaje charakterystyczny chrzęst. Cyna jest miękka, kowalna, posiada znaczną odporność chemiczną, nie ulega utlenianiu w wilgotnym powietrzu, słabo reaguje z rozcieńczonymi kwasami: siarkowym, solnym i azotowym, nie rozpuszcza się w stężonym kwasie azotowym. Nie działają na nią kwasy organiczne, produkty spożywcze. Cynę stosuje się przede wszystkim jako składnik stopowy brązów, stopów łożyskowych, jako spoiwo do lutowania. Powłoki cynowe zabezpieczają przed korozją tylko wtedy, gdy są szczelne.

Ołów

Jest metalem o barwie szarej z metalicznym połyskiem, gęstości $11,34 \text{ g/cm}^3$ i temperaturze topnienia $327,3^\circ\text{C}$. Na powietrzu pokrywa się szarą powłoką tlenku, chroniącą metal przed dalszym utlenianiem. Pod wpływem kwasów pokrywa się cienką warstewką nierozpuszczalnych soli. Wyjątek stanowi kwas azotowy, na który ołów nie jest odporny. Ołów jest bardzo miękki, daje się łatwo obrabiać plastycznie, spawać, lutować, odlewać.

Ołów stosuje się w przemyśle chemicznym na wykładziny komór, aparatury i na rurociągi do kwasów, do wyrobu części instalacji, pomp, w galwanotechnice na wykładziny wanien, na anody przy chromowaniu. Jest składnikiem stopów łożyskowych, niskotopliwych, brązów, mosiądzów.

Nikiel

Metal o barwie błękitnosrebrnej, gęstości $8,9 \text{ g/cm}^3$, temperaturze topnienia 1455°C .

Nikiel jest bardzo odporny na działanie czynników atmosferycznych, nawet powietrze ogrzane do 500°C nie wywiera nań żadnego wpływu. Odznacza się odpornością na wodę morską i roztwory o odczynie zasadowym, stopione sole, sole i kwasy organiczne. Kwas solny i siarkowy działają na nikiel na zimno w niewielkim stopniu. W stanie czystym jest miękki i ciągliwy, daje się dobrze kuć, walcować. Ze względu na wysoką odporność na korozję nikiel znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle chemicznym do budowy autoklawów, kotłów, aparatów, filtrów, zaworów. Odporność na działanie pary wodnej, temperatury do 800°C powoduje, że wykonuje się z niego armaturę do pary, przewody do pirometrów, druty do termoelementów. Poza tym nikiel stosuje się w galwanotechnice do pokrywania metali w celach ochronnych.

Stopy niklu charakteryzują się dużą odpornością na korozję, żaroodpornością, wysokimi własnościami wytrzymałościowymi (PN-EN 10095:2002). Do najważniejszych stopów niklu należą stopy niklu z miedzią, niklu z chromem, niklu z miedzią i cynkiem. Stop Monela odporny na wodę morską, kwas octowy, gazoliny, dwutlenek węgla, kwas borowy to stop o składzie: 67% Ni, 18% Cu i 2,5% Mn. Ze względu na jego odporność na wiele czynników chemicznych znalazł zastosowanie do budowy aparatury chemicznej.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczenia.

- 1) Jakie własności metali należą do własności technologicznych?
- 2) Na podstawie jakich własności można rozpoznać metale i stopy?
- 3) Czym różni się surówka biała od szarej?
- 4) Jakie reakcje chemiczne zachodzą podczas otrzymywania stali w konwertorze?
- 5) W jaki sposób oznacza się żeliwo?
- 6) Czym różnią się stale stopowe i węglowe?
- 7) Jakie rodzaje obróbki cieplnej stosuje się do stopów metali?
- 8) Co decyduje o własnościach stali węglowej?
- 9) Czym różnią się stale żaroodporne od żarowytrzymałych?
- 10) Z jakich elementów składa się oznaczenie stali?
- 11) Które metale i dlaczego stosuje się jako dodatki stopowe?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Analizując wygląd i twardość przedstawionych próbek rozpoznaj z jakich metali lub stopów są wykonane (próbki: żeliwo, cyna, aluminium, chrom, mosiądz).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać analizy wyglądu próbek,
- 2) określić twardość próbek za pomocą pilnika,
- 3) obliczyć gęstość jednej z nich,
- 4) porównać gęstość z danymi w tablicach fizykochemicznych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- próbki metali i stopów,
- waga techniczna z odważnikami,
- pilniki,
- tablice fizykochemiczne.

Ćwiczenie 2

Określ na podstawie oznaczenia stopu jego skład chemiczny i własności:

- 1) EN-GJL-XNiMn 9-5
- 2) 1.4301
- 3) X6CrNiMoTi 17-12-2
- 4) HS 12-1-4-6

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) znać oznaczenia symbolowe stopów,
- 2) odszukać w odpowiedniej normie technicznej sposób oznakowania cyfrowego stali,
- 3) określić rodzaje stopów i ich własności (zastosowanie).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma techniczna dot. oznaczania stali,
- „Poradnik mechanika”.

4.1.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) określić, czym różni się surówka biała od szarej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) podać własności i zastosowanie żeliwa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić, jakie procesy chemiczne zachodzą podczas wytopu stali?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować procesy obróbki cieplnej stopów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić własności stali węglowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić jak dodatki stopowe wpływają na własności stali?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wyjaśnić co różni stale żaroodporną i żarowytrzymałą?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) podać, jaki składnik stopowy ma wpływ na kwasoodporność stali?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) określić skład chemiczny i rodzaj stali na podstawie jej oznakowania symbolowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) scharakteryzować własności fizyczne i mechaniczne aluminium?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) wyjaśnić, które ze stopów miedzi znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle chemicznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) określić własności fizyczne i chemiczne niklu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Ochrona metali przed korozją. Tworzywa niemetalowe

4.2.1. Materiał nauczania

Materiały metalowe w określonych warunkach ulegają korozji, tj. niszcącemu działaniu środowiska, w którym się znajdują. Korozja może być wynikiem reakcji chemicznych lub elektrochemicznych zachodzących między powierzchnią metali a otoczeniem.

Korozja chemiczna zachodzi na skutek reakcji chemicznych suchych gazów lub nieelektrolitów z powierzchnią metali i ich stopów. Reakcjom nie towarzyszy przepływ prądu elektrycznego. **Korozja elektrochemiczna** natomiast następuje podczas działania wodnych roztworów elektrolitów lub wilgotnych gazów na metale i stopy. Zachodzącym reakcjom towarzyszy przepływ prądu.

Istnieje wiele sposobów zapobiegania korozji. Może to być właściwe projektowanie aparatów i urządzeń, stosowanie materiału odpornego na korozję, wpływanie na mechanizm korozji lub izolowanie metalu od środowiska korozyjnego. Najsilniej ulegają korozji rozpowszechnione w technice stopy żelaza – stale i żeliwa.

Wyroby stalowe można chronić przez :

- nakładanie niemetalowych powłok ochronnych, które mają za zadanie odizolować powierzchnię metalu od dostępu tlenu, wilgoci, powietrza,
- nakładanie metalicznych powłok ochronnych z metali o niższym od żelaza potencjale standardowym – są to powłoki anodowe,
- nakładanie powłok ochronnych z metali o wyższym od żelaza potencjale standardowym – powłoki katodowe,
- stosowanie ochrony katodowej,
- stosowanie ochrony protektorowej,
- stosowanie inhibitorów.

Powłoki niemetalowe uzyskuje się przez malowanie konstrukcji farbami olejnymi, lakierami, pokrywanie emaliami szklistymi, wykładanie ebonitem, gumą i innymi tworzywami. Stosuje się również oksydowanie – pokrywanie warstwą tlenku.

Powłoki metaliczne anodowe wykonuje się z metali stojących w szeregu elektrochemicznym przed żelazem (Zn, Cr, Cd). Spełniają one rolę anody w ogniwie galwanicznym, jakie powstanie, gdy ulegnie uszkodzeniu powłoka ochronna. Do roztworu będzie przechodził metal tworzący powłokę. Bardzo często stosuje się powłoki z cynku. Korozja cynku zachodzi bardzo wolno dzięki tworzeniu się na jego powierzchni trudno rozpuszczalnych związków. Powłoki metaliczne katodowe wykonuje się z takich metali, jak Cu, Ni, Ag posiadających bardziej elektrododatni potencjał niż żelazo. Powłoki z takich metali spełniają ochronną rolę tylko wówczas, gdy są szczelne. W przypadku ich uszkodzenia, proces korozji żelaza zachodzi bardzo szybko. Powłoka stanowi bowiem katodę, a żelazo ulega anodowemu rozpuszczaniu.

W ochronie katodowej konstrukcje, urządzenia łączy się z ujemnym biegunem źródła prądu stałego (1 – 2 V). Dodatni biegun łączy się z grafitową płytą przylegającą do konstrukcji. Następuje wówczas zobojętnianie powstających jonów żelaza i proces korozji nie zachodzi. Ochrona protektorowa polega na przytwierdzeniu np. do rurociągów umieszczonych w ziemi, protektorów – bloków z metalu o niższym od żelaza potencjale standardowym (Zn, Mn). Protektor stanowi anodę ogniwa i przechodzi do roztworu, który stanowią np. wody gruntowe. Co pewien czas protektory muszą być wymieniane.

Inhibitory są substancjami, które dodane w niewielkich ilościach do środowiska korozyjnego, np. do cieczy w instalacjach chłodniczych i innych, absorbują się na

powierzchni metalu. Blokują w ten sposób dostęp czynnika korozyjnego i opóźniają proces korozji. Do inhibitorów należą: krochmal, klej białkowy, niektóre związki As, Ni, Sn.

Tworzywa niemetalowe

Drewno

Drewno po ścięciu ma dużą wilgotność, wynoszącą ponad 30% jego ciężaru. Nie nadaje się na elementy konstrukcyjne. Po wysuszeniu na powietrzu jego gęstość wynosi 0,55–0,83 g/cm³. Jego własności mechaniczne (twardość, wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie) zależą od kierunku działania siły. Największe są gdy siła działa wzdłuż włókien.

Odporność drewna na działanie czynników chemicznych jest niewielka. Jedynie stosunkowo odporne jest na działanie obojętnych roztworów soli, amoniaku, wodorotlenku wapnia i słabych roztworów kwasów.

W celu polepszenia własności fizycznych, mechanicznych, zwiększenia odporności chemicznej stosuje się nasycanie drewna różnymi substancjami chemicznymi. Substancjami zwiększającymi odporność na korozję chemiczną są żywice fenolowo-formaldehadowe, chlorokauczuk, winidur, kwas krzemowy, wodorotlenek glinu.

Drewno nasycone żywicami fenolowo-formaldehydowymi posiada zwiększoną odporność na działanie kwasów (solnego, siarkowego, fosforowego, fluorowodorowego), chloru, chlorowodoru, tlenków azotu, siarki.

Chlorokauczuk uodpornia drewno na działanie kwasów, alkaliów i wodę, winidurowanie na działanie kwasu solnego, zwiększa też ognioodporność i wytrzymałość mechaniczną.

Nasycenie drewna mieszaniną szkła wodnego i kwasu solnego zwiększa odporność na działanie kwasów.

Do wyrobów z drewna, stosowanymi w przemyśle chemicznym, należy drewno prasowane i lignofol.

Drewno prasowane otrzymuje się przez prasowanie drewna pod ciśnieniem 3 MPa i nasycanie żywicą fenolowo-formaldehydową. Posiada dużą wytrzymałość na rozciąganie – 250 MPa. Wykonuje się z niego części maszyn.

Lignofol otrzymuje się przez sklejenie płyt o grubościach 0,1–3 mm klejami syntetycznymi pod wysokim ciśnieniem. W sąsiednich warstwach płytki różnią się układem włókien.

Lignofol ma dobrą odporność na wilgoć i chemikalia oraz dobre własności mechaniczne. Wykorzystuje się go do budowy maszyn, kół zębatych, pras filtracyjnych i zbiorników na wodę i chemikalia.

Polimery i tworzywa sztuczne

Polimery otrzymuje się w reakcjach łączenia ze sobą pojedynczych cząsteczek prostych związków, zwanych monomerami w długie łańcuchy. Reakcje te dzielą się na reakcje polimeryzacji i polikondensacji. W pierwszych reakcjach nie powstają żadne produkty uboczne, w przypadku drugich powstają i najczęściej jest to woda.

Własności polimerów zależą od budowy chemicznej merów wchodzących w ich skład i rodzaju wiążących je wiązań.

Polimery wykorzystuje się do produkcji tworzyw sztucznych, farb, lakierów, włókien sztucznych.

Tworzywa sztuczne mogą być czystymi polimerami, ale częściej zawierają dodatki, które poprawiają ich właściwości. Są to m.in. wypełniacze i plastyfikatory. Wypełniacze poprawiają wytrzymałość mechaniczną, plastyfikatory – elastyczność tworzywa. Wypełniaczami są: kreda, gips, proszek drzewny, sadza. Estry aromatycznych kwasów karboksylowych z alkoholami o długich łańcuchach, oleje, żywice spełniają rolę plastyfikatorów.

Do polimerów naturalnych należy kauczuk naturalny, który znalazł zastosowanie głównie do produkcji gumy. **Gumę** otrzymuje się w wyniku wulkanizacji kauczuku nie tylko naturalnego lecz również kauczuków syntetycznych. Proces wulkanizacji polega na ogrzewaniu mieszanki gumowej (mieszanina kauczuku ze środkami wulkanizującymi, przyspieszaczami, wypełniaczami, zmiękczacami środkami opóźniającymi starzenie, barwnikami) do temperatury 160°C. Podczas ogrzewania siarka przyłącza się do polimeru kauczuku. Środkami wulkanizującymi są: siarka, siarka rozpuszczona w dwuchloru dwusiarki.

Innym oprócz gumy produktem otrzymywanym z kauczuku w procesie wulkanizacji jest **ebonit**, który powstaje w skutek całkowitego przyłączenia siarki do podwójnych wiązań kauczuku. W porównaniu z gumą ma większą twardość, mniejszą wytrzymałość na zginanie, nie przewodzi prądu elektrycznego. Zarówno guma, jak i ebonit są odporne na działanie większości środowisk agresywnych, mają dość dużą twardość i wytrzymałość mechaniczną, są odporne na ścieranie. Nie należy ich stosować w podwyższonych temperaturach oraz w warunkach działania kwasu azotowego, stężonego kwasu siarkowego. Guma i ebonit są odporne na działanie kwasu solnego, fluororkrzemowego, octowego, kwasu siarkowego o stężeniu do 50%, roztworów wodorotlenków. Zastosowanie gumy i ebonitu powinno być poprzedzone odpowiednim badaniem wytrzymałościowym i odpornościowym.

W budowie aparatury chemicznej stosuje się specjalne gatunki gumy i ebonitu do wykładania metalowych aparatów, zbiorników, rurociągów, dla ochrony tych aparatów przed korozją. I tak np. do wykładania cystern do przewożenia kwasu solnego, przewodów do przesyłania chloru stosuje się gumę polichloropropenową.

Gumą wykłada się aparaty narażone na wstrząsy, uderzenia. Na metal pokryty klejem nakłada się jedną lub kilka warstw gumy. Guma ma dobrą przyczepność do stali, żeliwa, cynku, cyny. Ze względu na bardzo dobrą przyczepność do mosiądzu wyroby stalowe pokrywa się galwanicznie mosiądzem, a następnie nakłada warstwę gumy. Miedzi nie można wykładać gumą ze względu na powstający siarczek, który nie przylega dobrze ani do miedzi, ani do gumy.

Jednowarstwowe wyłożenie ebonitowe o grubości 3–6 mm stosuje się do wykładania pomp, wentylatorów, bębnow wirówek, płyt pras filtracyjnych. Wyłożenie dwuwarstwowe 6–12 mm stosowane jest do zaworów i elementów filtrów próżniowych.

Ze względu na własności fizyczne i technologiczne tworzywa sztuczne dzieli się na **termoplastyczne i duroplastyczne**. Pierwsze z nich są plastyczne w temperaturze podwyższonej, a twardnieją w temperaturze otoczenia, przy czym proces ten jest odwracalny. Duroplasty natomiast przechodzą nieodwracalnie ze stanu plastycznego w stan utwardzony, bądź pod działaniem podwyższonej temperatury (tworzywa termoutwardzalne), bądź pod wpływem związków chemicznych (tworzywa chemoutwardzalne), bądź pod łącznym działaniem temperatury i związków chemicznych.

Do termoplastów należą m.in.: polistyren, polichlorek winylu, polimetakrylan metylu, polietylen. Do najważniejszych duroplastów należą: fenoplasty, żywice epoksydowe, niektóre żywice silikonowe.

Zakres stosowania tworzyw sztucznych znacznie ogranicza ich wrażliwość na wysokie i niskie temperatury. Jednak w odpowiednio dobranym zakresie temperatur spełniają warunki jakie stawia się materiałom konstrukcyjnym (wytrzymałość mechaniczna, odporność na czynniki atmosferyczne i chemiczne). Pod tym względem dorównują takim materiałom, jak żeliwo i aluminium. Bardzo dużą wytrzymałość mechaniczną wykazują np. tworzywa duroplastyczne wzmocnione włóknem szklanym.

Tworzywa sztuczne stosuje się w przemyśle chemicznym jako materiały zabezpieczające przed korozją, do budowy aparatury, przewodów. Aparaty, do budowy których wykorzystuje się tworzywa sztuczne to: reaktory, wieże absorpcyjne, kolumny filtracyjne i rektyfikacyjne, skraplacze, wanny galwanizerskie. Tworzywa sztuczne używane są również do pokrywania

metali, betonu. Powłoki z tworzyw sztucznych stosowane są jako powłoki antykorozyjne, wodoodporne, elektroizolacyjne.

Emalie szkliste otrzymywane są przez stopienie mieszaniny piasku, kredy, gliny i skalenia z topnikami, barwnikami oraz dodatkami powodującymi matowienie emalii. Topnikami są najczęściej boraks i soda. Oprócz wymienionych składników dodaje się tlenki niklu i kobaltu, które zwiększają przyczepność emalii do metalu. Po stopieniu składników stop gwałtownie się chłodzi i miele na proszek.

Własności chemooodporne zależą od ilości krzemionki i boraksu. Odporność na działanie środowisk kwaśnych zwiększa się ze wzrostem zawartości krzemionki, natomiast zwiększenie zawartości tlenków o charakterze zasadowym zwiększa odporność na działanie ługów.

Emalie są dwojakiego rodzaju: do gruntowania i kryjące. Emalię do gruntowania nanosi się bezpośrednio na metal i jej warstwa stanowi podkład dla emalii kryjącej. Zapewnia trwałość związania emalii kryjącej z chronionym wyrobem, równocześnie zapobiega reakcji między metalem a emalią kryjącą.

Emaliowanie, np. aparatów żeliwnych, polega na pokryciu ich sproszkowaną emalią do gruntowania i następnie wypalaniu w temperaturze 880–920°C, aż do spieczenia naniesionej emalii. Po wypaleniu podkładu aparat chłodzi się i nanosi warstwę sproszkowanej emalii kryjącej i wypala się w temperaturze 840–860°C. Po naniesieniu kilku warstw emalii kryjącej, grubość jej wynosi 0,6–1,0 mm.

Emalie szkliste stosuje się jako powłoki ochronne aparatury metalowej stosowanej w warunkach dużej agresywności chemicznej. Aparatura emaliowana jest stosowana w procesach nitrowania, chlorowania, w procesie wytwarzania kauczuku sztucznego, w produkcji środków wybuchowych. Aparatura pokryta emalią kwasoodporną jest odporna na działanie kwasów nieorganicznych i organicznych o różnych stężeniach, a także soli.

W roztworach rozcieńczonych kwasów nieorganicznych powłoka z emalii jest odporna do temperatur wrzenia tych roztworów. Gorące stężone roztwory ługów, kwas fluorowodorowy i inne związki fluoru naruszają warstwę emalii. Uszkodzenie emalii powoduje szybką korozję aparatu.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczenia.

1. Co to jest korozja?
2. Kiedy zachodzi korozja chemiczna, a kiedy elektrochemiczna metali i stopów?
3. Na czym polega ochrona protektorowa metali i stopów?
4. W jaki sposób zabezpiecza się drewno przed działaniem czynników chemicznych?
5. Jakie własności fizyczne i mechaniczne posiada guma, a jakie ebonit?
6. Od czego zależą własności polimerów?
7. Jakie własności różnią tworzywa termoplastyczne i duroplastyczne?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na podstawie wyglądu i badania odporności na temperaturę rozpoznaj rodzaje tworzyw sztucznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) ogrzewać kolejno próbki w otwartej probówce,
- 2) określić po zachowaniu próbek podczas ogrzewania, które z nich są termoplastyczne, a które duroplastyczne,
- 3) ogrzewać próbki w płomieniu palnika gazowego,

- 4) obserwować zachowanie się tworzywa i wydzielający się zapach,
- 5) wyciągnąć wnioski dotyczące identyfikacji tworzyw.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- próbki tworzyw,
- próbki,
- łapy drewniane,
- palnik gazowy,
- tablice opisujące zachowanie tworzyw sztucznych podczas ogrzewania (zapach, barwę płomienia) [4]

Ćwiczenie2

Określ odporność kauczuku naturalnego, syntetycznego, gumy i ebonitu na działanie czynników chemicznych (roztwory: 10% HCl, 20% NaOH).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) odważyć próbki o tej samej masie,
- 2) próbki umieścić w naczyniach z ww. roztworami,
- 3) po 0,5 godzinie wyjąć próbki, opłukać, osuszyć i zważyć,
- 4) porównać wyniki, wyciągnąć wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- próbki tworzyw,
- odczynniki chemiczne (roztwory: 10% HCl, 20% NaOH),
- wagi techniczne,
- odważniki,
- zlewki.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) wyjaśnić, na czym polega korozja chemiczna, a na czym elektrochemiczna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) podać sposoby zabezpieczenia drewna przed wpływem substancji chemicznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić, w jaki sposób nakłada się powłoki z emalii szklanych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić, w jakich procesach chemicznych wykorzystuje się wykładziny z tworzyw sztucznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić sposoby zabezpieczenia przed korozją aparatów i urządzeń w przemyśle chemicznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić, jak i z czego powstaje guma?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) podać jakimi własnościami charakteryzuje się lignofol?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wyjaśnić, od czego zależą własności tworzyw sztucznych	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Wybrane aparaty przemysłu chemicznego

4.3.1. Materiał nauczania

Aparaty do rozdzielania zawiesin

Zawiesiny składają się z cząstek ciała stałego jako fazy rozproszonej w cieczy, która jest fazą rozpraszającą. W zależności od wielkości cząstek ciała stałego rozróżnia się:

- zawiesiny grube o wielkości cząstek ciała stałego $> 100 \mu\text{m}$,
- zawiesiny drobne o wielkości cząstek ciała stałego $0,5 - 100 \mu\text{m}$,
- zawiesiny bardzo drobne o wielkości cząstek ciała stałego $0,1 - 0,5 \mu\text{m}$,
- roztwory koloidalne o wielkości cząstek ciała stałego $0,1 \mu\text{m}$.

Aparaty służące do rozdzielania zawiesin dzieli się w zależności od sposobu oddzielania cząstek ciała stałego od cieczy na:

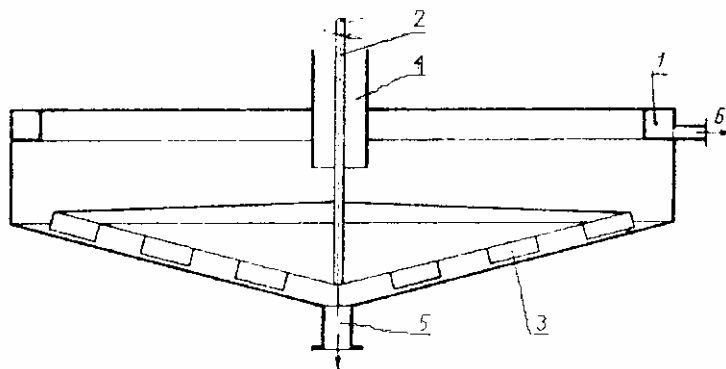
- aparaty, w których oddzielanie odbywa się pod wpływem siły grawitacji – odstojniki,
- aparaty, w których ciało stałe zostaje zatrzymane na przegrodzie porowatej – filtry,
- aparaty, w których oddzielenie ciała stałego następuje pod wpływem działania siły odśrodkowej – wirówki.

Odstojniki są cylindrycznymi zbiornikami ze stożkowym dnem o dużym kącie rozwarcia zaopatrzone w króćce i szkła cieczowskazowe. Mogą pracować w sposób okresowy, półciągły lub ciągły.

W odstojniskach pracujących okresowo zawiesinę doprowadza się jednorazowo. W miarę opadania cząstek ciała stałego pod wpływem siły ciężkości rośnie warstwa cieczy klarownej, którą odprowadza się okresowo króćcami, zaopatrzonymi w zawory. Osad w postaci szlamu odprowadza się króćcem umieszczonym w dnie odstojnika.

W odstojniskach o działaniu półciągłym zawiesinę doprowadza się w sposób ciągły, a osad odprowadza w sposób okresowy.

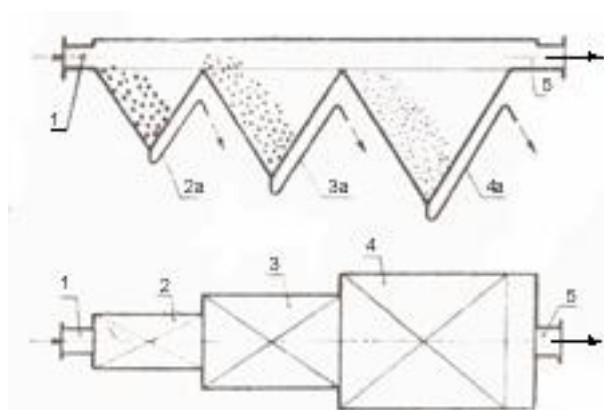
Odstojnik Dorra jest odstojniskiem o działaniu ciągłym. Odprowadzenie cieczy klarownej i osadu odbywa się w sposób ciągły.



Rys. 5. Odstojnik Dorra o działaniu ciągłym: 1– rynna, 2– wał, 3 – płyty zgarniacza osadu, 3 rura – dopływowa zawiesiny, 5 – króciec odpływowy osadu w postaci szlamu, 6 – króciec odpływowy cieczy klarownej [1]

W górnej części odstojnika znajduje się prostokątna rynna, którą odprowadza się ciecze klarowną. Zawiesinę doprowadza się rurą, której dolna część znajduje się poniżej powierzchni cieczy w odstojnisku. Cząstki ciała stałego opadają na dno. Do wału 2 przymocowane są ramiona z płytami, które zgarniają osad z dna do króćca. Ciecz klarowna przelewa się do rynny i króćcem w rynnie odpływa z odstojnika.

Jeżeli ważne jest rozdzielenie cząstek ciała stałego na frakcje w zależności od wielkości stosuje się **odstojniki kaskadowe**.



Rys. 6. Klasyfikator hydrauliczny: 1 – przewód dopływowy zawiesiny, 2,3,4 – skrzynie klasyfikatora, 2a,3a,4a – odpływ szlamu, 5 – króciec odpływowy cieczy klarownej [1]

Odstojnik kaskadowy (klasyfikator hydrauliczny) składa się z kilku skrzyń, o kształcie odwróconych ostrosłupów o podstawie prostokątnej, połączonych szeregowo. Zawiesina wpływa do skrzyni o najmniejszym przekroju, ale znacznie większym od przekroju przewodu doprowadzającego, powoduje to zmniejszenie prędkości przepływu. W skrzyni pierwszej opadają największe cząstki. W miarę dalszego przepływu w kolejnych skrzyniach opadają coraz mniejsze cząstki. Osad odprowadzany jest z każdej skrzyni, ciecz klarowna z ostatniej. Odstojniki te mają duże wymiary i dlatego zastępowane są odstojnikami wielokomorowymi, umieszczonymi jeden nad drugim.

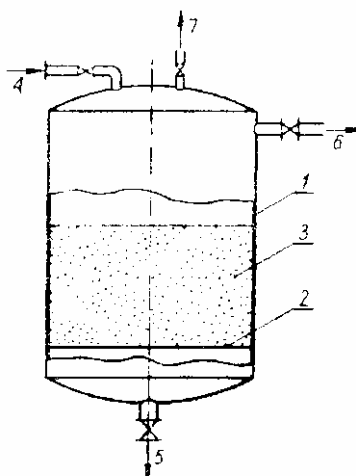
Filtry do rozdzielania zawiesin

Filtry można podzielić, biorąc pod uwagę:

- charakter pracy – na filtry o działaniu okresowym lub działaniu ciągłym,
- ciśnienie – na próżniowe i ciśnieniowe,
- rodzaj przegrody filtrującej – na filtry z przegrodą ziarnistą, tkaninową lub ceramiczną.

Filtry z przegrodą ziarnistą są filtrami o działaniu okresowym.

W takim filtrze, na dnie cylindrycznego zbiornika znajduje się ruszt, na nim dwie lub więcej warstw ziarnistego materiału, składające się np. z piasku i żwiru. Warstwa dolna składa się z ziaren większych (4–15 mm), górna z ziaren mniejszych (1–0,5 mm).



Rys. 7. Filtr ciśnieniowy z przegrodą ziarnistą: 1 – aparat cylindryczny, 2 – dno rusztowe, 3 – warstwa materiału ziarnistego, 4 – dopływ zawiesiny, 5 – odpływ filtratu, 6 – odpływ zawiesiny w okresie przemycia, 7 – króciec odpowietrzający [1]

Warstwę ziarnistą tworzy piasek i żwir. Zawiesinę doprowadza się pod ciśnieniem od góry. Filtrat odpływa przewodem w dnie aparatu. Osad nagromadzony na warstwie filtrującej usuwa się doprowadzając wodę o dużym natężeniu przepływu przewodem, którym wypływał filtrat. Osad w stanie zawiesiny odpływa króćcem u góry aparatu. Po przemyciu warstwy filtrującej i przerwaniu dopływu wody, cząstki materiału ziarnistego opadają na ruszt i filtr jest ponownie gotowy do pracy. Filtry z przegrodą ziarnistą stosuje się do filtracji zawiesin o małym stężeniu fazy stałej np. wody z rzek, jezior po wstępnym oddzieleniu dużych cząstek w odstojnikach.

Filtry z przegrodą tkaninową

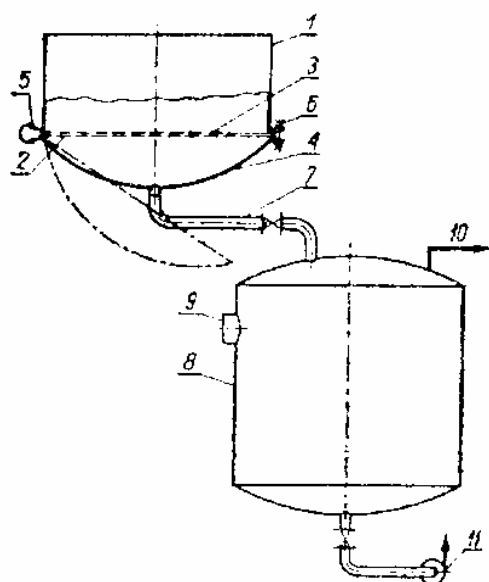
Mogą pracować w sposób okresowy lub ciągły, jako filtry ciśnieniowe lub próżniowe.

Tkaniny filtracyjne wykonane są z włókien bawełnianych, syntetycznych, szklanych lub są gęstymi siatkami metalowymi. Rodzaj użytej tkaniny zależy od rodzaju i własności zawiesiny.

Przykładem filtra z przegrodą tkaninową, pracującym okresowo jest **nucza próżniowa**.

Nucza ma kształt cylindryczny. Wewnątrz znajduje się przegroda obciągnięta tkaniną filtracyjną. Pełne dno połączone jest z górną, cylindryczną częścią śrubami. Króciec znajdujący się w dnie połączony jest przewodem ze zbiornikiem filtratu. Z kolei zbiornik filtratu połączony jest z pompą próżniową, wytwarzającą podciśnienie w zbiorniku filtratu i poniżej przegrody filtracyjnej w nuczy. Po doprowadzeniu do nuczy zawiesiny część fazy stałej opada na tkaninę. Jeśli utworzy się dostatecznie gruba warstwa (stanowi przegrodę filtracyjną) to włącza się pompę. Wytwarza się różnica ciśnień nad zawiesiną i pod przegrodą, co zwiększa szybkość filtracji. Po utworzeniu się grubej warstwy osadu i powstaniu dużych oporów przepływu filtratu kończy się filtrację i przystępuje do usuwania osadu. W tym celu odkręca się śruby, które łączą dno z górną częścią nuczy. Dno z przegrodą opada, osad zgarnia się na np. na przenośnik.

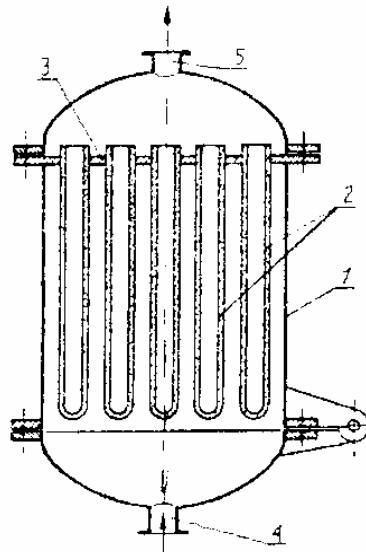
Wadą nuczy filtracyjnych jest mała powierzchnia filtracyjna, kłopotliwa obsługa. Zaletą jest prosta budowa.



Rys. 8. Nucza filtracyjna próżniowa: 1– naczynie cylindryczne lub prostokątne, 2 – przegroda dziurkowana, 3 – tkanina filtracyjna, 4 – dno pełne, 5 – zawieszki, 6 – śruby, 7 – elastyczny przewód próżniowy, 8 – zbiornik filtratu, 9 – poziomowską, 10 – przewód próżniowy do pompy próżniowej, 11 – pompa [1]

Filtry z przegrodą ceramiczną

Najczęściej stosuje się filtry świecowe o działaniu okresowym lub ciągłym.



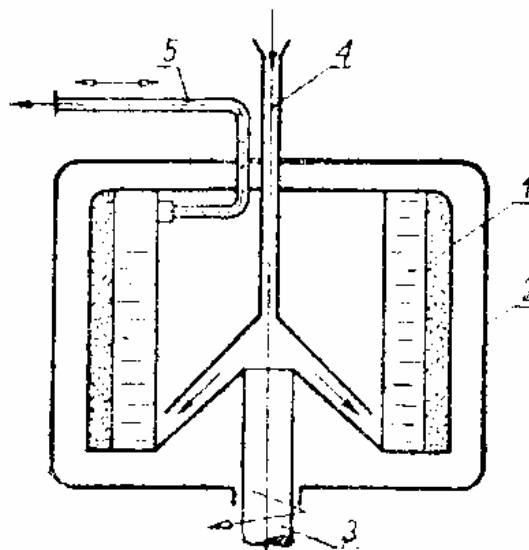
Rys. 9. Filtr świecowy: 1– naczynie cylindryczne, 2 – świece, 3 – dno sitowe, 4,5 – króćce (dopływowy i odpływowy) [1]

Przedstawiony filtr świecowy o działaniu okresowym jest cylindrycznym zbiornikiem, w którym znajdują się elementy filtrujące nazwane świecami, wykonane z rur ceramicznych. Świece od dołu są zamknięte, górne, otwarte końce umieszczone są w dnie sitowym. Zawiesinę doprowadza się od dołu do przestrzeni między świecami, stamtąd ciecz jako filtrat przenika przez ścianki do wnętrza świec i górnym króćcem odpływa.

Osad usuwa się, wtłaczając sprężone powietrze górnym króćcem. Opadający osad gromadzi się na dnie zbiornika, skąd zostaje usunięty po odkręceniu pokrywy. Ilość świec ok. 60, ciśnienie pracy 0,9 MPa.

Wirówki

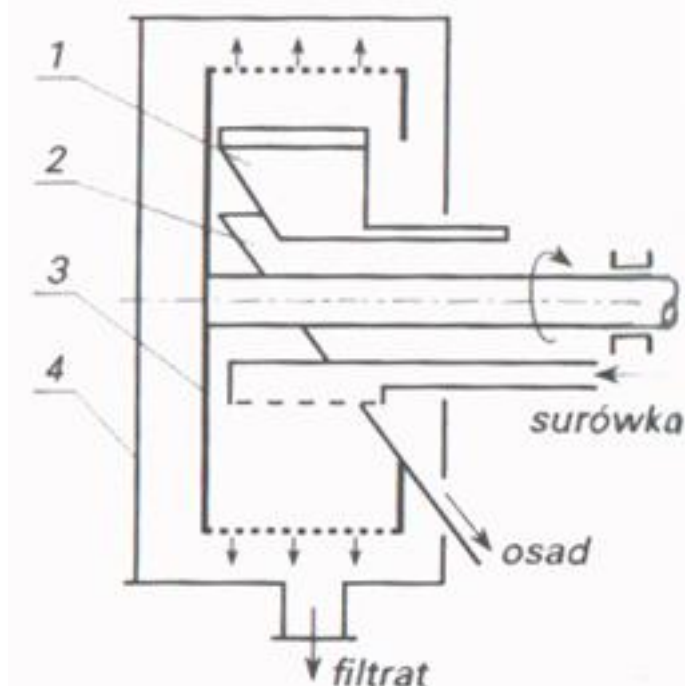
W wirówkach rozdzielanie zawiesin następuje pod wpływem siły odśrodkowej.



Rys. 10. Wirówka sedymentacyjna o działaniu okresowym: 1– bęben wirówki, 2 – obudowa, 3 – wał, 4 – przewód dopływowy, 5 – przewód odpływowy cieczy [1]

Przedstawiona wirówka jest wirówką sedymentacyjną zwaną separatorem. Działa w sposób okresowy. W obudowie umieszczony jest bęben napędzany za pomocą wału. Zawieszina doprowadzana jest pionowym króćcem. Pod wpływem siły odśrodkowej tworzy pierścieniową warstwę. Cząstki ciała stałego jako cięższe tworzą warstwę przylegającą do powierzchni bębna, natomiast ciecz – warstwę bliżej osi obrotu. Po odwirowaniu ciecz odprowadza się poziomym przewodem, osad wybiera się ręcznie.

W wirówkach o działaniu półciągłym, mających bęben osadzony na poziomym wale, po wytworzeniu się odpowiednio grubej warstwy osadu, dopływ zawiesiny zostaje zatrzymany i uruchamia się przepływ cieczy myjącej. Po przemyciu osadu, przy małych obrotach bębna, pług zbierający dosunięty do powierzchni tkaniny zgarnia osad, który spada do nachylonej rynny i odprowadzany jest na zewnątrz. Po zebraniu osadu pług odsuwany jest od powierzchni filtracyjnej. Zwiększa się obroty wirówki i ponownie doprowadza się zawieszinę.



Rys. 11. Wirówka filtracyjna z wałem poziomym o działaniu półciągłym: 1 – pług zbierający, 2 – rynna, 3 – bęben, 4 – obudowa [2]

Aparaty do wymiany ciepła

Ważnym zagadnieniem w przemyśle chemicznym jest wymiana ciepła. Ciepło dostarcza się bezpośrednio ze źródła ciepła lub pośrednio przez nośnik ciepła.

Najczęściej stosowanymi nośnikami są: woda, para wodna, stopione sole nieorganiczne, gazy spalinowe, iterm.

Woda jest dobrym nośnikiem ciepła. Posiada duże ciepło właściwe, duży współczynnik wnikania ciepła, jest tania. Powyżej 100°C można stosować tylko wodę destylowaną pod zwiększonym ciśnieniem, przepływającą w obiegu zamkniętym. Para wodna nasycona posiada duży współczynnik wnikania ciepła. Stosowana jest do 170°C. Posiada wysoki współczynnik ciepła. Podczas kondensacji pary wydziela się duża ilość ciepła. Stopione sole pracują pod ciśnieniem atmosferycznym, co jest ich zaletą. Wadą jest ich oddziaływanie korozyjne i stąd wynikająca konieczność stosowania kosztownych, odpornych na korozję materiałów do budowy aparatów. Stopione sole stosuje się w procesach kontaktowych syntezy organicznej.

Gazy spalinowe mają mały współczynnik wnikania ciepła, małe ciepło właściwe. Stosuje się je do ogrzewania do temperatury 1000°C. Gazy spalinowe uzyskuje się ze spalania paliw.

Można regulować ich temperaturę, mieszając z powietrzem lub z chłodnymi gazami opuszczającymi wymiennik.

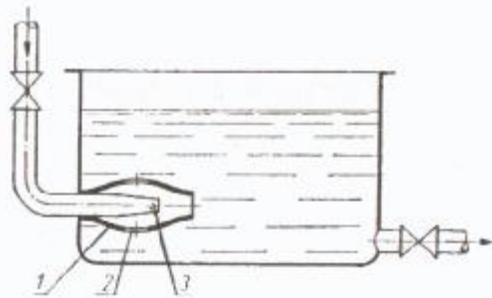
Item jest olejem grzewczym stosowanym w zakresie od -10 do + 280°C.

Aparaty służące do wymiany ciepła można podzielić na:

- wymienniki ciepła bezprzeponowe,
- wymienniki ciepła przeponowe – rekuperatory,
- regeneratory.

W **wymiennikach bezprzeponowych** wymiana ciepła następuje w trakcie bezpośredniego zetknięcia czynnika grzewczego i ogrzewanego.

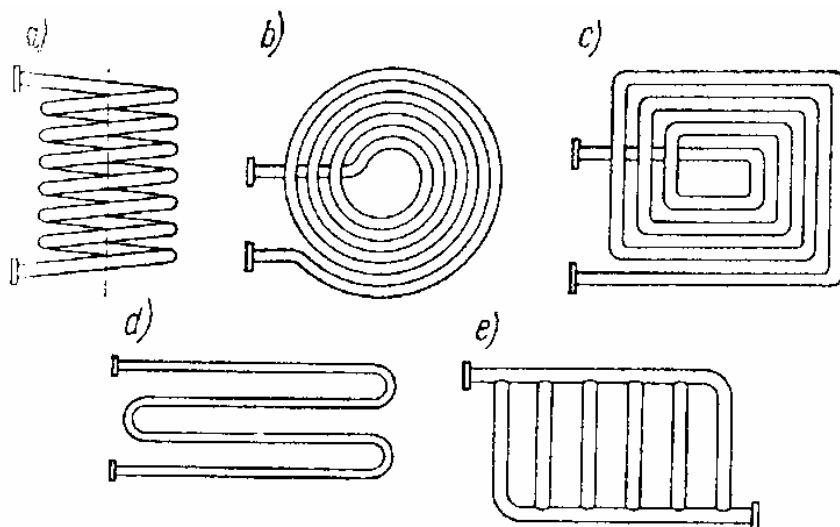
Przykładem jest ogrzewanie wody lub roztworów wodnych w zbiorniku, nasyconą parą wodną. Para wodna oddaje cieczy ciepło i ulega kondensacji.



Rys. 12. Ogrzewanie bezprzeponowe parą: 1 – dysza, 2 – otwory, 3 – przewężenia [1]

Para wodna do zbiornika doprowadzana jest przez przewód zakończony dyszą. Na obwodzie dyszy znajdują się otwory, którymi wypływająca z przewężenia para zasysa ogrzewaną ciecz, miesza się z nią, ogrzewa i włącza do zbiornika.

W **przeponowych wymiennikach ciepła** wymiana ciepła odbywa się poprzez ściankę – przeponę. Ciepło od czynnika grzewczego wnika do przepony, a stamtąd do cieczy ogrzewanej. Warunkiem dobrej wymiany ciepła jest bardzo dobre przewodnictwo cieplne materiału przepony.

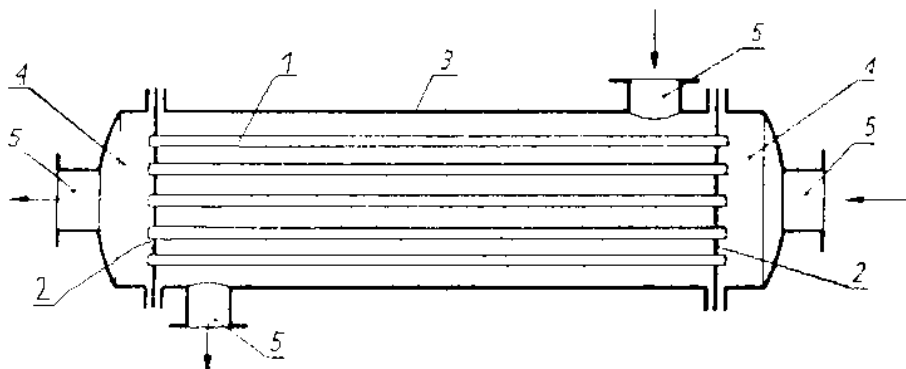


Rys. 13. Typy wężownic: a) przestrzenna, b), c), d), e) wężownice płaskie [1]

Bardzo często stosowanymi wymiennikami przeponowymi są węzownice. Są to rury wygięte w kształcie spirali lub linii falistej. Kształt ich zależy od kształtu aparatu, w którym są umieszczone. Ze względu na osiadanie w podłożu pod wpływem własnego ciężaru i przepływającej przez nie cieczy, węzownice muszą być podtrzymywane specjalnymi uchwytami. Wadą węzownic jest trudność mechanicznego oczyszczania ich wewnętrznych powierzchni i mała powierzchnia wymiany ciepła. Zaletami są prosta budowa i niski koszt.

Wymienniki płaszczowo-rurowe

Są najczęściej stosowanymi przeponowymi wymiennikami ciepła.



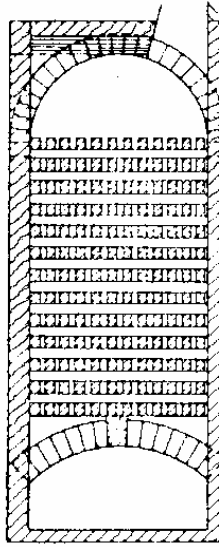
Rys. 14. Wymiennik płaszczowo - rurowy: 1- wiązka rur, 2 - płyty sitowe, 3 - płaszcz, 4 - dennice, 5 - króćce [1]

Najprostszy konstrukcyjnie wymiennik zbudowany jest z płaszcza zamkniętego na obydwu końcach dennicami. Wewnątrz znajduje się wiązka rur umocowanych w dwóch płytach sitowych. Doprowadzenie i odprowadzenie czynników wymieniających ciepło odbywa się króćcami na końcach wymiennika. Jeden z czynników przepływa przez rurki, drugi przestrzenią międzyrurkową.

Duża liczba rurek powoduje, że prędkość przepływu jest mała i wymiana ciepła jest niekorzystna. Poprawę uzyskuje się przez podzielenie ogólnej liczby rurek na sekcje przez ustawienie przegród. Wówczas czynnik przepływa kolejno przez sekcje, a nie przez wszystkie równocześnie.

Regeneratory

W wymiennikach tego typu przekazywanie ciepła zachodzi przy udziale wypełnienia z materiału stałego. Wypełnienie mogą stanowić: cegły ogniotrwałe, płyty stalowe, aluminiowe i inne.



Rys. 15. Komora regeneratora z wypełnieniem z cegieł [1]

Nieruchome wypełnienie stosuje się w komorach pracujących w dwóch cyklach. W pierwszym przepływa przez komorę gorący gaz. Po nagraniu wypełnienia zostaje zamknięty dopływ gorącego gazu i doprowadzony gaz zimny, który ogrzewa się od gorącego wypełnienia.

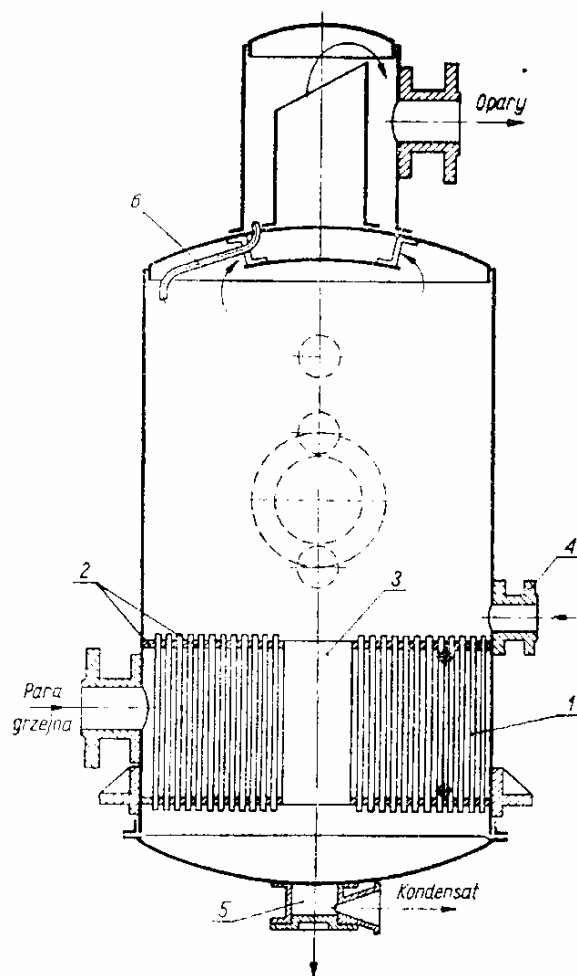
Do prowadzenia procesów technologicznych ciepło najczęściej wytwarzane jest w procesach spalania paliwa. Wykorzystuje się również reakcje egzotermiczne, prąd elektryczny.

Aparaty do zatężania roztworów

Aparaty te służą do zatężenia rozcieńczonych roztworów ciał stałych. Po doprowadzeniu odpowiedniej ilości ciepła następuje odparowanie części rozpuszczalnika i roztwór się zatęży. Proces prowadzi się w temperaturze wrzenia roztworu pod ciśnieniem atmosferycznym, podwyższonym lub niższym od niego. Podwyższone ciśnienie powoduje wzrost temperatury wrzenia roztworu i wymaga stosowania czynnika grzejjego o wyższej temperaturze. Natomiast podciśnienie obniża temperaturę wrzenia, można stosować czynnik grzejjny o niższej temperaturze lecz podwyższa koszty związane z wytwarzaniem próżni.

Opary rozpuszczalnika mogą być wykorzystywane jako czynnik grzewczy, np. w innej wyparce.

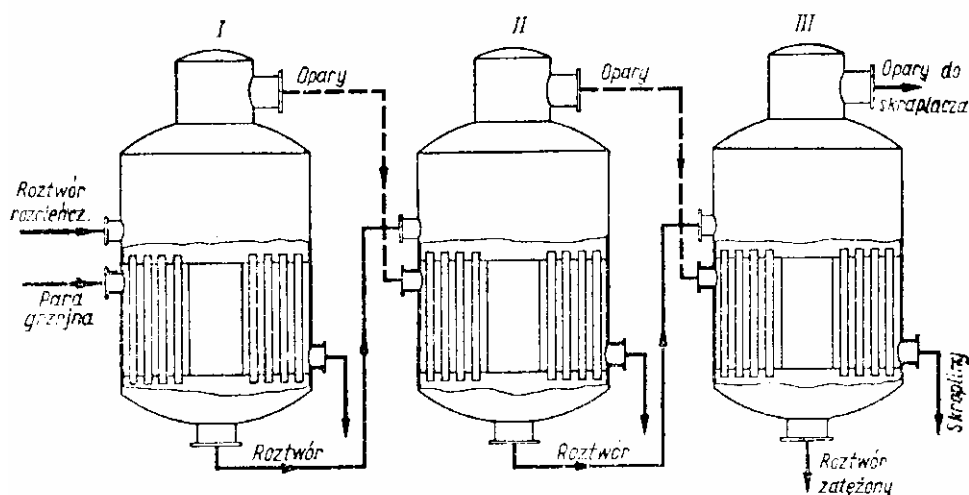
Wyparka z rurami pionowymi z obiegiem naturalnym



Rys. 16. Wyparka z rurami pionowymi z obiegiem naturalnym: 1– rury, 2 – płyty sitowe, 3 – rura cyrkulacyjna, 4 – króciec doprowadzający, 5 – króciec odprowadzający, 6 – przewód odprowadzający [1]

Wyparka ta posiada komorę grzejącą, w której znajduje się pionowa wiązka rur umocowana w dwóch płytach sitowych. Na osi komory grzejącej umieszczona jest rura cyrkulacyjna o średnicy wielokrotnie większej niż średnica rur grzejących. Para grzejna jest doprowadzana do przestrzeni międzyrurkowej komory grzejącej. Wrzący roztwór przepływa rurami do góry, para oddziela się od cieczy. Ciecz miesza się z doprowadzonym surowym roztworem i spływa rurą obiegową w dół. Przepływ roztworu w rurach i rurze cyrkulacyjnej zachodzi dzięki różnicy gęstości cieczy, które je wypełniają. Stężony roztwór odprowadzany jest króćcem w dół wyparki. Opary przepływają przez kołpak zmieniając kilkakrotnie kierunek przepływu. Porwane kropelki cieczy uderzają o ścianki przegród i zatrzymują się na nich, a następnie spływają przewodem odprowadzającym do wyparki. Opary opuszczają wyparkę króćcem wylotowym.

Baterie wyparne składają się z kilku połączonych ze sobą wyparek. Opary i zatężony roztwór mogą przepływać współprądowo lub przeciwaprądowo.



Rys. 17. Współprądowa bateria wyparek [1]

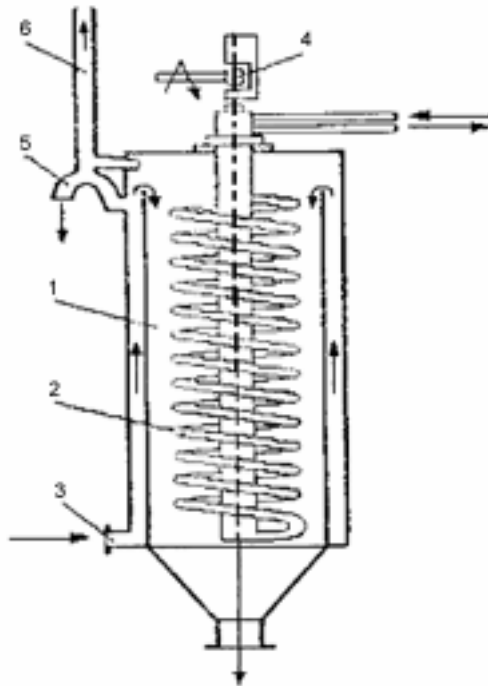
W baterii współprądowej roztwór surowy i świeżą parę grzejną doprowadza się do pierwszej wyparki. Roztwór częściowo zateżony przepływa do drugiej wyparki, a do jej komory grzejszej kierowane są opary. W wyparce tej następuje dalsze zateżanie roztworu. Roztwór przepływa do trzeciej wyparki, gdzie następuje ostatni etap zateżania. Opary z drugiej wyparki kierowane są do komory grzejszej trzeciej wyparki, z trzeciej do skraplacza. W każdej kolejnej wyparce zmniejsza się ciśnienie, co powoduje obniżenie temperatury wrzenia roztworu. Roztwór z jednej wyparki do drugiej przepływa dzięki występującej między nimi różnicy ciśnień.

Aparaty do krystalizacji

Krystalizacja jest procesem wydzielania ciała stałego w postaci krystalicznej z roztworu lub powstawanie fazy stałej w wyniku krzepnięcia ciekłej substancji.

Ciało stałe może wykrystalizować z roztworu wtedy, gdy osiągnie stężenie przekraczające swoją rozpuszczalność w danej temperaturze. Roztwór można doprowadzić do stanu przesylenia, zmieniając temperaturę, odparowując część rozpuszczalnika lub dodając innego ciała stałego, który spowoduje zmianę rozpuszczalności uprzednio rozpuszczonej substancji. Proces krystalizacji składa się z dwóch etapów: utworzenia zarodka krystalizacji i wzrostu kryształu. Duże kryształy powstają podczas powolnej krystalizacji, roztworu nie powinno się mieszać. Drobne kryształy powstają podczas szybkiego chłodzenia mieszanego roztworu.

Krystalizator z węzownicą



Rys. 18. Krystalizator ze wstrząsanym elementem chłodzącym w postaci węzownicy: 1 – naczynie cylindryczne, 2 – węzownica, 3 – króciec, 4 – urządzenie młotkowe, 5 – przelew, 6 – rura odprowadzająca opary [1]

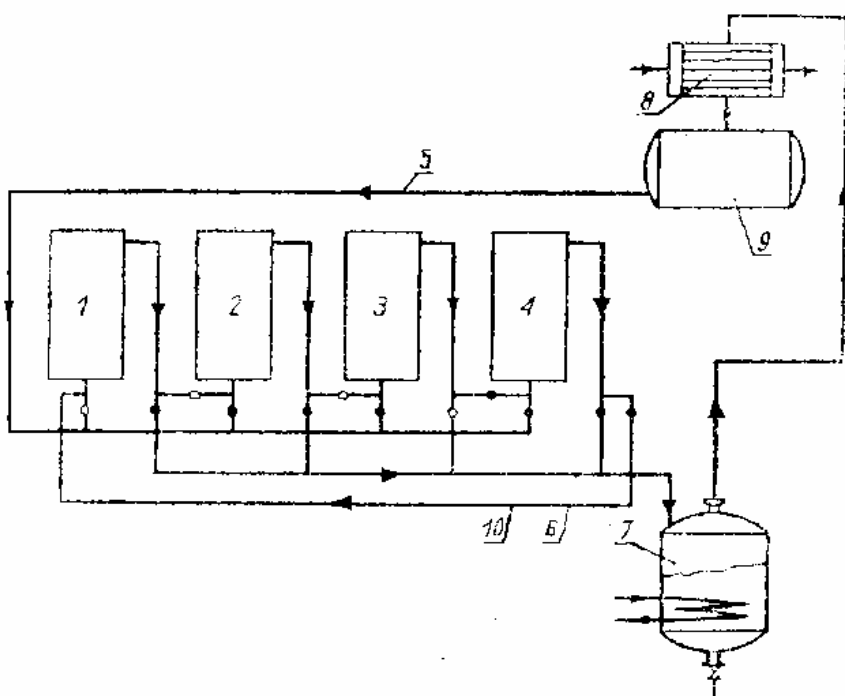
Jest to cylindryczny aparat o podwójnej ścianie. Wewnątrz krystalizatora umieszczona jest podwieszana węzownica, którą przepływa czynnik chłodzący. Gorący roztwór doprowadzany jest od dołu. Przepływając przestrzenią między podwójnymi ściankami aparatu, ogrzewa wewnętrzną ściankę, zapobiegając osadzeniu się na niej kryształów. Okresowo włączane jest elektryczne urządzenie młotkowe powodujące wstrząsanie węzownicy. Powoduje to oczyszczanie węzownicy z kryształów i opadanie ich na dno aparatu, skąd są usuwane wraz z ługiem pokryształicznym. Przelew służy do utrzymywania stałego poziomu roztworu w krystalizatorze. Opary usuwane są na zewnątrz, co zapewnia utrzymanie wewnątrz aparatu ciśnienia atmosferycznego.

Ekstraktory

Proces ekstrakcji polega na rozpuszczeniu jednego ze składników mieszaniny ciekłej lub ciała stałego w odpowiednim rozpuszczalniku. Jest to proces przebiegający w układzie dwufazowym: ciało stałe-ciecz lub ciecz-ciecz. Rozpuszczanie określonego składnika następuje na skutek różnicy stężeń i trwa do ustalenia się stanu równowagi. Na szybkość procesu ekstrakcji ma wpływ temperatura i wielkość powierzchni zetknięcia międzyfazowego. Im wyższa temperatura i większa powierzchnia międzyfazowa, tym większa szybkość ekstrakcji.

W wyniku procesu ekstrakcji otrzymuje się ekstrakt składający się z rozpuszczalnika (ekstrahenta) i składnika wyodrębnianego (ekstrahowanego). Rozdzielenie składników ekstraktu następuje drogą destylacji. Po ekstrakcji pozostaje pierwotny rozpuszczalnik-rafinat.

Bardziej ekonomiczne od pojedynczego ekstraktora są baterie ekstraktorów.



Rys. 19. Bateria ekstraktorów: 1– 4 ekstraktory, 5 – przewód dopływowy rozpuszczalnika, 6 – przewód ekstraktu, 7– destylator, 8 – skraplacz, 9 – zbiornik rozpuszczalnika, 10 – przewód obiegowy ekstraktu [1]

Bateria składa się z czterech ekstraktorów. Pracują zawsze trzy, a jeden jest opróżniany. Ekstraktory 1, 2, 3 załaduje się materiałem przeznaczonym do ekstrakcji. Czwarty jest opróżniany i napełniony świeżym materiałem. Do pierwszego ekstraktora od dołu doprowadza się rozpuszczalnik, w którym rozpuszcza się część ekstrahowanego składnika. Z pierwszego ekstraktora rozpuszczalnik przepływa do drugiego, w którym wzrasta stężenie ekstrahowanego składnika w rozpuszczalniku, a następnie do trzeciego. Z trzeciego ekstraktora roztwór kierowany jest do destylatora. Para z destylatora przepływa do skraplacza. Po skropleniu kondensat jest gromadzony w zbiorniku, a następnie kierowany do drugiego ekstraktora, z którego przepływa do trzeciego, a stamtąd do czwartego. W tym czasie z pierwszego ekstraktora wyładuje się pozostałość po ekstrakcji i napełnia świeżym materiałem. Z czwartego ekstraktora roztwór kierowany jest do destylatora. Kondensat ze skraplacza przepływa do trzeciego ekstraktora. Równocześnie z drugiego ekstraktora wyładuje się pozostałość po ekstrakcji i napełnia świeżym materiałem. Następnie pracują ekstraktory: trzeci, czwarty i pierwszy.

Mieszadła i mieszalniki

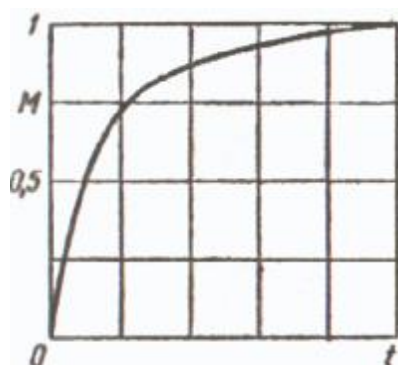
Mieszanie jest procesem, w którym z dwóch lub większej liczby składników uzyskuje się mieszaninę jednorodną pod względem składu lub pod względem cieplnym. Składniki poddane mieszaniu mogą mieć różny stan skupienia, mogą występować w różnych ilościach. W przemyśle najczęściej spotykane jest mieszanie w fazie ciekłej, które prowadzone jest w celu:

- otrzymania zawiesiny lub emulsji,
- przyspieszenie procesów wymiany masy (rozpuszczanie gazu, cieczy lub ciała stałego w rozpuszczalniku),
- intensyfikacja procesu wymiany ciepła,
- intensyfikacja procesów chemicznych.

Dla uzyskania możliwie jednorodnej mieszaniny niezbędne jest dostarczenie do układu energii koniecznej do wprowadzenia składników w ruch powodujący zmianę położenia jednego składnika względem drugiego. Wielkość tej energii zależy od własności fizycznych składników.

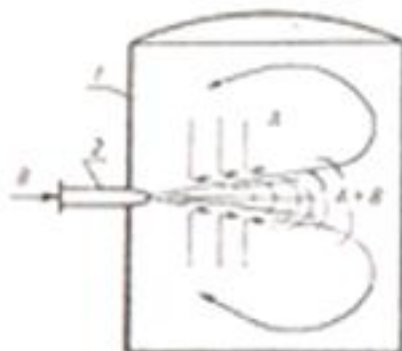
Miarą stanu mieszania, czyli jednorodności mieszaniny, jest **stopień mieszania M**. Na początku procesu mieszania stopień mieszania jest równy 0, w miarę upływu czasu stopień mieszania $M \rightarrow 1$. Mieszaniny o idealnej jednorodności pod względem składu mają stopień mieszania $M = 1$.

Istnieje zależność między stopniem mieszania M a czasem mieszania. W początkowym okresie mieszania rozpraszanie składników, które należy zmieszać następuje bardzo szybko. W miarę upływu czasu szybkość rozpraszania maleje i stopień mieszania zbliża się asymptotycznie do 1, $M = 1$.



Rys. 20. Zależność stopnia mieszania M od czasu mieszania [1]

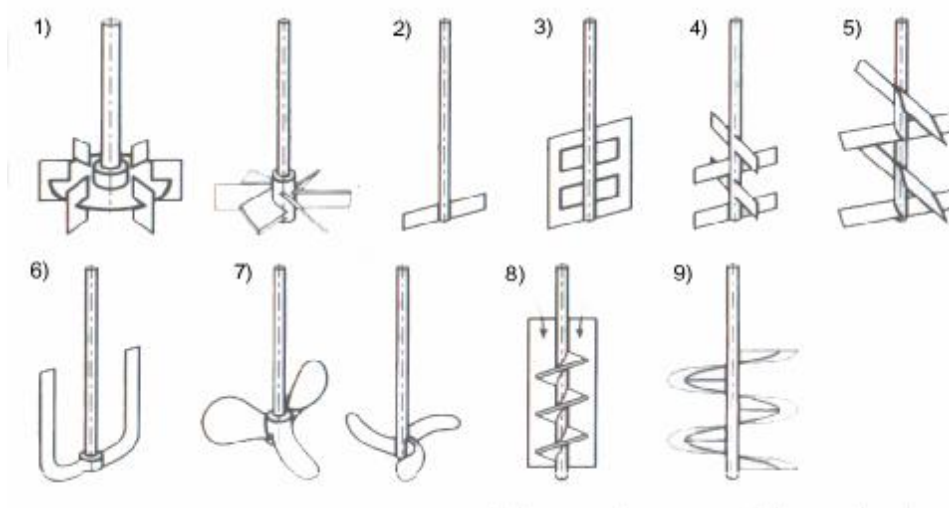
Mieszanie dwóch gazów może odbywać w zbiorniku. Jeden ze składników gazowych znajduje się w zbiorniku, drugi doprowadza się przewodem zakończonym dyszą. Gaz przepływając przez dyszę uzyskuje dużą prędkość i następuje intensywne mieszanie gazów.



Rys. 21. Mieszanie gazów w zbiorniku: 1 – zbiornik wypełniony gazem A, 2 – dopływ gazu B [1]

Mieszanie mechaniczne w fazie ciekłej jest powszechnie stosowane. Układ ciekły wprowadzany jest w ruch za pomocą mieszadeł mechanicznych.

Mieszadła można podzielić wg konstrukcji i są to mieszadła łapowe, płytowe, ramowe, kotwicowe, propelerowe i inne.

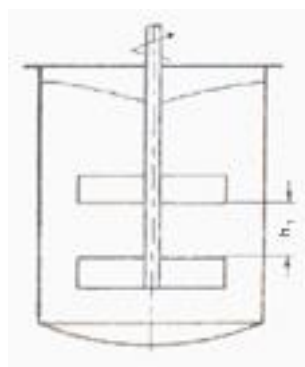


Rys. 22. Rodzaje mieszadeł: 1-turbinowe, 2 – łapowe, 3 – ramowe, 4 – łapowo-krzyżowe, 5 – łapowo-krzyżowe z łapami nachylnymi, 6kotwicowe, 7– śmigłowe (propelerowe), 8 – śrubowe (ślimakowe), 9 – wstęgowe [1]

Mieszadła propelerowe (śmigłowe) są mieszadłami osiowym, wytwarzającymi przepływ cieczy równoległy do wału mieszadła. Element mieszający – śmigło jest dwu-, trzy- lub czterołatkowe. Łopatki (śmigła) mają zmienne pochylenie od 45° u podstawy do 21° na końcu śmigła. Jeden propeler zapewnia intensywne mieszanie cieczy w strefie o wysokości równej średnicy mieszalnika. Średnica śmigła nie przekracza $0,33$ średnicy mieszalnika.

Mieszadła łapowe należą do mieszadeł promieniowych, wytwarzających przepływ cieczy poziomy – promieniowy.

W mieszadle czterołapowym łapy znajdują się na różnej wysokości. Na skutek ruchu obrotowego łap mieszadła w układzie ciekłym na krawędziach łap mieszadła powstają wiry cieczy, które po oddaleniu od łap rozpadają się na coraz mniejsze, powodując mieszanie cieczy.

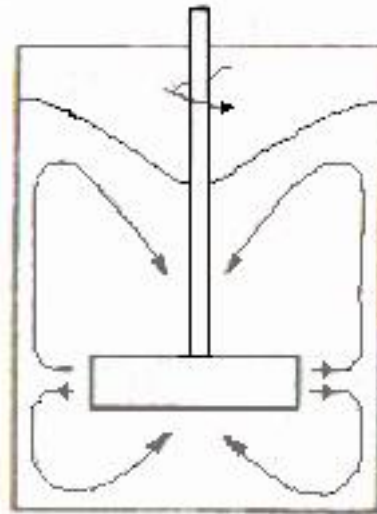


Rys. 23. Mieszadło czterołapowe [1]

Ruch cieczy w mieszalniku jest ruchem złożonym i składa się z trzech ruchów składowych: okrężnego, promieniowego i osiowego. Ruch okrężny odbywa się po obwodach kół wokół osi obrotu wału, promieniowy – wzdłuż promieni mieszalnika, a osiowy w kierunku osi obrotu.

Prędkości ruchu okrężnego są największe. Powoduje to wirowanie cieczy wokół osi obrotu wału i powstawanie leja, którego głębokość zależy od częstotliwości obrotów

mieszadła i rośnie wraz z nią. Ruch okrężny cieczy wokół osi obrotu nie wpływa korzystnie na proces mieszania. O jakości procesu mieszania decyduje ruch osiowy i promieniowy.



Rys.24. Przepływ promieniowy i osiowy cieczy w mieszalniku [1]

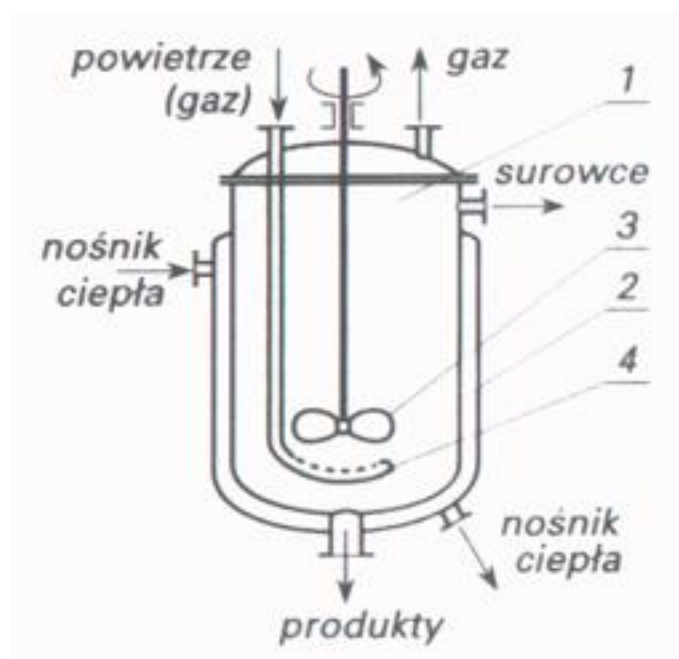
Ciecz na wysokości łap, pod wpływem siły odśrodkowej przepływa w kierunku promieniowym od osi do ścian mieszalnika, i rozdziela się na dwa strumienie wzdłuż ścian do góry i na dół. W pobliżu dna i powierzchni cieczy strumienie zmieniają kierunek przepływu z osiowego na promieniowy. Przepływają w kierunku osi obrotu i spływają ponownie do obszaru, w którym łapy wykonują ruch obrotowy.

Mieszadła łapowe są mieszadłami prostymi w budowie, wolnoobrotowymi. Wykorzystuje się je do mieszania cieczy o małych lepkościach.

Reaktory

Reaktory są aparatami, w których są prowadzone reakcje chemiczne. W zależności od sposobu pracy dzieli się je na: okresowe, przepływowe i półprzepływowe.

Reaktory okresowe są najczęściej zbiornikami, kotłami wyposażonymi w urządzenia mieszające, aparaty do wymiany ciepła, pozwalające na utrzymanie wymaganej temperatury lub jak w przedstawionym reaktorze płaszcz grzejny.

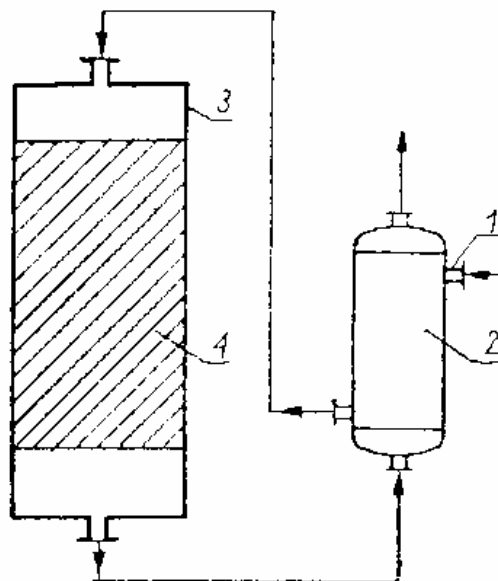


Rys. 25. Reaktor okresowy: 1– zbiornik, 2 – płaszcz grzewczy, 3 – mieszadło, 4 – barboter [2]

Substraty doprowadza się do kotła. Do płaszcza reaktora w zależności od wymaganej temperatury procesu jak i efektów cieplnych reakcji, doprowadza się lub odprowadza ciepło. Wyrównuje stężenia reagentów i temperaturę. Po skończonej reakcji mieszaninę reakcyjną wyładowuje się.

Reaktory przepływowe pracują w sposób ciągły. Po ustaleniu się warunków, parametry zachodzącego procesu i mieszaniny reakcyjnej są różne w różnych miejscach reaktora, ale niezmiennie w danym punkcie w czasie.

W przepływowym kontaktowym reaktorze rurowym z zewnętrznym wymiennikiem ciepła zimne substraty wpływają do przestrzeni międzyrurowej wymiennika ciepła, po podgrzaniu kierowane są do reaktora, przepływają przez złożę katalizatora, a następnie mieszanina poreakcyjna doprowadzana jest do przestrzeni rurowej wymiennika, gdzie chłodzi się i równocześnie podgrzewa zimne substraty.



Rys. 26. Przepływowy kontaktowy reaktor rurowy z zewnętrznym wymiennikiem ciepła; 1- króciec doprowadzający zimne substraty, 2 – wymiennik ciepła, 3 – reaktor, 4 – warstwa katalizatora [1]

W reaktorach półprzepływowych doprowadza się w sposób ciągły albo część reagentów (inne załadowane są wcześniej), albo odprowadza jeden z produktów. Zaletą tych reaktorów jest możliwość zmian natężenia strumienia doprowadzanego reagenta, tym samym możliwość zmiany stężenia mieszaniny reakcyjnej i prowadzenia reakcji w pożądanym kierunku.

Suszarki

Produkty otrzymane w przemyśle chemicznym zawierają pewną ilość wilgoci. Zawilgocenie może powodować nie tylko woda, ale również inne ciecze. Otrzymanie, suchego lub o niewielkiej zawartości wilgoci produktu, umożliwia proces pozbywania się wilgoci metodami mechanicznymi lub cieplnymi. Stosuje się niekiedy metody chemiczne suszenia np. przez zastosowanie cieczy higroskopijnych (stężony kwas siarkowy, pięciotlenek fosforu, chlorek wapnia itp.).

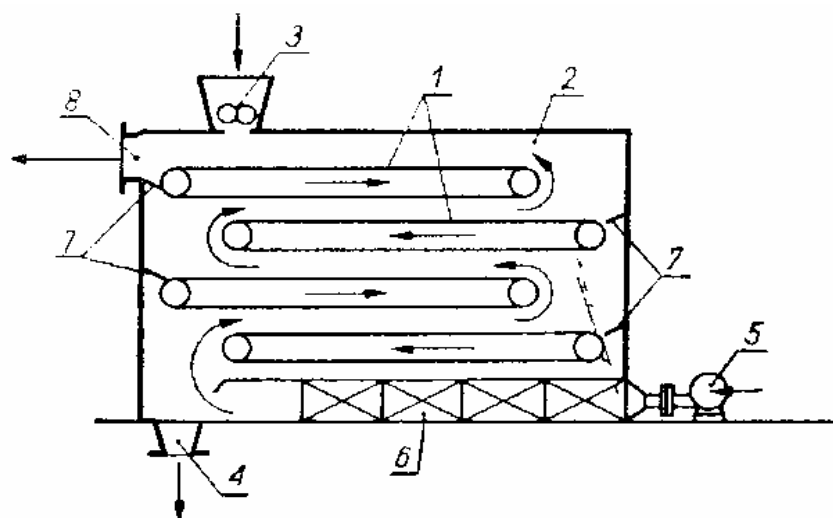
Wilgoć może być z materiałem wilgotnym w różny sposób związana: mechanicznie, fizykochemicznie, chemicznie. Wilgoć mechanicznie związana wypełnia w materiale wolne przestrzenie między ziarnami i można ją usunąć przez wirowanie lub prasowanie.

Wilgoć związana fizykochemicznie połączona jest z ciałem stałym siłami adsorpcji lub osmozy. Usunięcie tej wilgoci nie jest możliwe metodami mechanicznymi.

Wilgoć związana chemicznie – połączona jest z ciałem stałym wiązaniami chemicznymi.

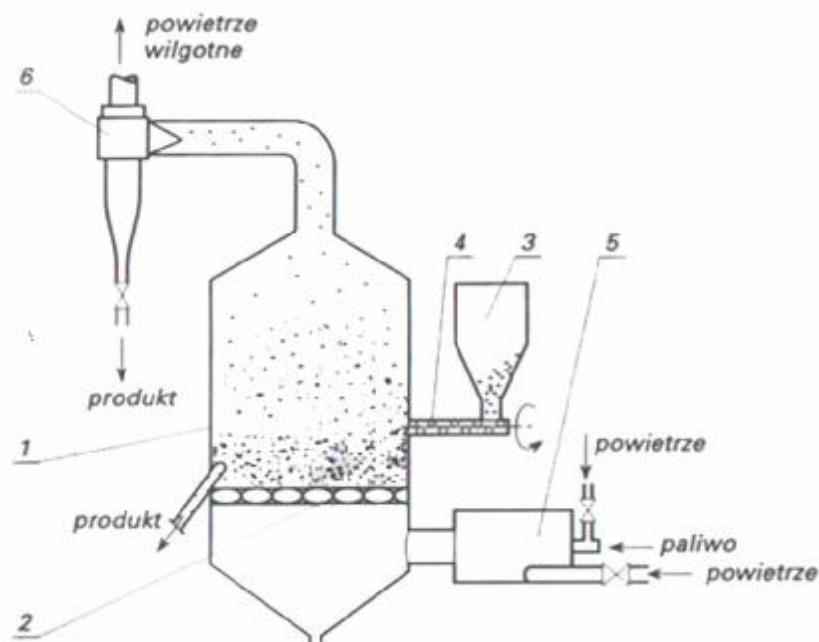
W suszarce wielotaśmowej wewnątrz podłużnej komory znajdują się taśmowe poziome przenośniki.

Wilgotny materiał doprowadza się na górną taśmę podajnikiem. Powietrze tłoczone jest przez wentylator do podgrzewaczy. Po podgrzaniu przepływa nad taśmami, susząc znajdujący się tam wilgotny materiał. Po częściowym podsuszeniu materiał spada na taśmę niżej położoną i tak kolejno przesypywany jest na niższe. Z najniższej taśmy wysuszony materiał spada do króćca odprowadzającego.



Rys. 27. Suszarka wielotaśmowa: 1-taśmy, 2 – komora, 3 – podajnik, 4 – króciec wysypowy materiału suchego, 5 – wentylator, 6 – podgrzewacz, 7 – przegrody, 8 – króciec odpływowy powietrza [1]

W suszarkach fluidalnych wilgotne cząstki materiału są zawieszane w strumieniu gazu, najczęściej powietrza. Ze względu na znaczny czas przebywania cząstek w strefie suszenia, zachodzi dobra wymiana masy (wilgoci) i ciepła. Cząstki powinny mieć rozmiary od dziesiątych części mm do ok. 50 μm . Suszenie prowadzi się w złożu fluidalnym wytworzonym w cylindrycznym aparacie. Ciepło przekazywane jest do złoża za pośrednictwem gazu fluidyzacyjnego podawanego pod dno sitowe. Wilgotny materiał jest podawany do złoża podajnikiem ślimakowym. Cząstki stałe sfluidyzowane po oddaniu wilgoci odprowadzone są przesypem. Drobne cząstki, unoszone strumieniem gazu odlotowego, wydzielane są w odpylaczach. W suszarkach fluidalnych suszone są wilgotne materiały sypkie, zawiesiny, szlamy i pasty.



Rys. 28. Suszarka fluidalna: 1 – korpus aparatu, 2 – półka sitowa (ruszt), 3 – zasobnik surowca, 4 – podajnik ślimakowy, 5 – piec, 6 – cyklon

Bilanse procesów

Bilans materiałowy wyparki

Masowe natężenie przepływu roztworu surowego Q_{m1} doprowadzonego do wyparki jest równe sumie masowego natężenia przepływu roztworu zatężonego Q_{m2} i odparowanego rozpuszczalnika W w jednostce czasu

$$Q_{m1} = Q_{m2} + W$$

$$Q_{m1} = Q_{v1} \cdot d_1$$

Gdzie:

Q_{v1} – objętościowe natężenie przepływu roztworu surowego, m^3/s ,

d_1 – gęstość roztworu surowego, kg / m^3 ,

Q_{m1} – masowe natężenie przepływu roztworu surowego, kg/s ,

Q_{m2} – masowe natężenie przepływu roztworu zatężonego

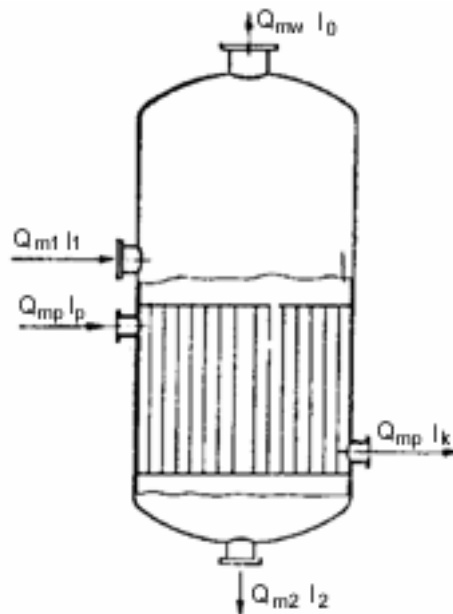
W – ilość odparowanej wody kg/s ,

Ilość odparowanej wody:

$$W = Q_{m1} - Q_{m2}$$

Bilans energetyczny wyparki

Ilość ciepła doprowadzonego jest równa ilości ciepła odprowadzonego wówczas, gdy nie ma strat ciepłych lub są bardzo małe. W przypadku wyparki dobrze izolowanej straty ciepła wynoszą poniżej 1% i można je pominąć w bilansie.



Rys. 29. Wyparka

Doprowadzone i odprowadzone strumienie materiałowe niosą ze sobą pewne ilości ciepła.

Oznaczenia:

- I_1 – entalpia właściwa roztworu rozcieńczonego doprowadzonego do wyparki, J/ kg,
 I_2 – entalpia właściwa roztworu zatężonego opuszczającego wyparkę, J/kg,
 I_p – entalpia właściwa pary grzejnej doprowadzonej do wyparki, J/kg,
 I_k – entalpia właściwa skroplin powstałych z pary grzejnej, opuszczających wyparkę J/kg,
 I_o – entalpia właściwa oparów opuszczających wyparkę, J/kg,
 Q_{mp} – masowe natężenie przepływu pary grzejnej doprowadzanej do wyparki, kg/s
 Q_{m1} – masowe natężenie przepływu roztworu rozcieńczonego doprowadzanego do wyparki, kg/s,
 Q_{m2} – masowe natężenie przepływu roztworu zatężonego odprowadzanego z wyparki, kg/s,
 Q_{mw} – masowe natężenie przepływu odprowadzanych oparów, kg/s.

$$Q_{m1} \cdot I_1 + Q_{mp} \cdot I_p = Q_{m2} \cdot I_2 + Q_{mp} \cdot I_k + Q_{mw} \cdot I_o$$

Ilości ciepła wprowadzane i odprowadzane z wyparki :

- $Q_{m1} \cdot I_1$ – ciepło doprowadzone z roztworem rozcieńczonym, J/s,
 $Q_{m2} \cdot I_2$ – ciepło odprowadzone z roztworem zatężonym, J/s,
 $Q_{mp} \cdot I_p$ – ciepło doprowadzone z parą grzejącą, J/s,
 $Q_m \cdot I_k$ – ciepło odprowadzone ze skroplinami(masowe natężenie przepływu skroplin równe jest masowemu natężeniu przepływu pary grzejnej doprowadzonej do wyparki), J/s,
 $Q_{mw} \cdot I_o$ – ciepło odprowadzone z oparami, J/s.

Z równania można wyznaczając Q_{mp} , obliczyć zapotrzebowanie pary wodnej potrzebnej do przeprowadzenia procesu zatężania.

Bilans materiałowy krystalizatora

Równanie bilansu materiałowego krystalizatora:

$$m_1 = m_2 + m_k + m_r$$

$$m_k = m_1 - m_2 - m_r$$

- gdzie: m_1 - masa roztworu surowego, kg,
 m_2 - masa roztworu pokrystalicznego, kg,
 m_k - masa kryształów, kg,
 m_r - masa odparowanego rozpuszczalnika, kg.

Aby wykonać bilans krystalizatora, należy obliczyć, ile soli znajdowało się w roztworze surowym, ile w ługu pokrystalicznym oraz ile soli wykryzalizowało. Uwzględniając parowanie wody, należy również obliczyć ilość pary wodnej. Przychód i rozchód powinny się zbilansować.

Przychód	Rozchód
1. Roztwór surowy:	1. Kryształy soli, kg.
– ilość soli, kg,	2. Ług pokrystaliczny:
– woda, kg.	– sól, kg,
	–woda, kg,
	–para wodna, kg.

Przykład [Gayer R. Matysikowa Z]

Nasycony wodny roztwór CuSO_4 , wprowadzony do krystalizatora w ilości 1000 kg, ochładzany jest od temperatury 373 K do 293 K. Wykonać bilans materiałowy krystalizacji $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$.

Rozpuszczalność soli:

- w temp. 373 K – 75,4 kg CuSO_4 /100 kg H_2O ,
- w temp. 293 K – 20,7 kg CuSO_4 /100 kg H_2O

Obliczenia:

Roztwór surowy

1. Masa roztworu surowego –1000 kg
2. Masa soli w roztworze surowym
 $(75,4 : 175,40) \cdot 1000 = 430 \text{ kg}$
3. Przeliczenie masy soli na masę soli uwodnionej.
 $(249,7 : 159,6) \cdot 430 = 673 \text{ kg}$

gdzie:

249,7 – masa kilomola $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$,
159,6 – masa kilomola CuSO_4 .

4. Nadmiar wody w roztworze surowym
 $1000 - 673 = 327 \text{ kg}$
5. Masa $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ przypadająca na 1 kg nadmiaru wody.
 $673 : 327 = 2,06 \text{ kg } \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} / 1 \text{ kg } \text{H}_2\text{O}$,

Roztwór pokrystaliczny

1. Roztwór pokrystaliczny zawiera 20,7 kg CuSO_4 / 100 kg H_2O ,
2. Przeliczenie masy CuSO_4 na sól uwodnioną
 $(249,7 : 159,6) \cdot 20,7 = 32,38 \text{ kg}$
3. Nadmiar wody
 $1207 - 32,38 = 88,3 \text{ kg}$
4. Masa uwodnionej soli przypadająca na 1 kg wody
 $32,38 : 66,3 = 0,36 \text{ kg } \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} / 1 \text{ kg } \text{H}_2\text{O}$,
5. Masa kryształów
 $327 (2,06 - 0,37) = 552 \text{ kg}$
6. Masa roztworu pokrystalicznego
 $327 + 327 \cdot 0,37 = 448 \text{ kg}$
7. Masa soli w roztworze pokrystalicznym
 $448 - 327 = 121 \text{ kg}$

Wyniki obliczeń

Przychód (kg)
 1. Roztwór surowy,
 1280
 w tym:
 – $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ - 673
 – woda - 327

Razem: 1000

Rozchód (kg)
 1. Kryształy $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ - 552 -
 2. Roztwór pokrystaliczny.
 w tym:
 – $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ - 121
 – woda - 327

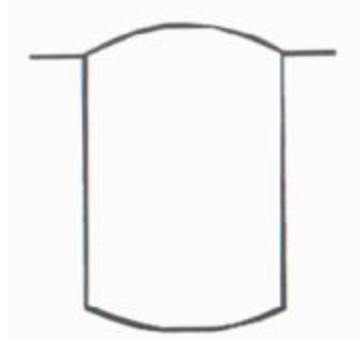
Razem: 1000

Znormalizowane symbole aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego

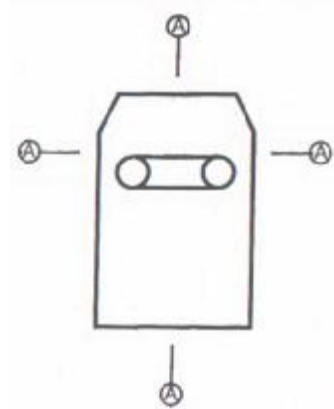
Schemat technologiczny przedstawia proces lub instalację przemysłową za pomocą symboli graficznych połączonych liniami przepływu. Symbole graficzne przedstawiają wyposażenie, a linie przedstawiają przepływ masy lub energii. W normie PN-EN-ISO 10628:2005 przedstawiono przykłady schematów technologicznych oraz symbole graficzne aparatów i urządzeń.



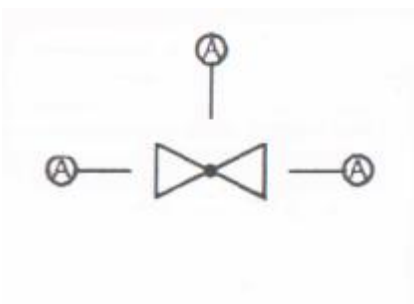
Naczynie otwarte



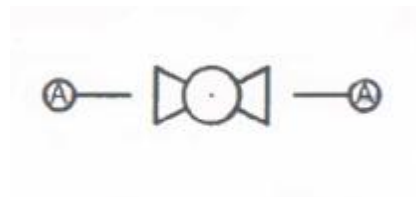
Naczynie zamknięte



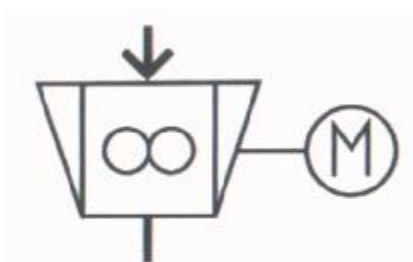
Suszarka taśmowa



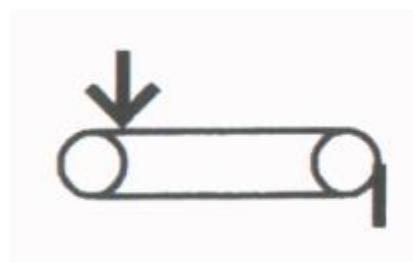
Zawór grzybkowy



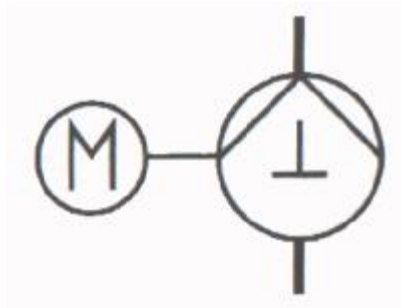
Zawór kulowy



Kruszarka walcowa



Przeñośnik taśmowy



Pompa tłokowa

Rys. 30. Przykładowe symbole graficzne aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdź, czy jesteś przygotowany o wykonania ćwiczenia.

1. Jakie aparaty stosowane są do oddzielania ciała stałego od cieczy?
2. Na czym polega praca wyparki rurowej?
3. Co to są rekuperatory?
4. W jaki sposób następuje ogrzewanie bezprzeponowe?
5. Jakie wielkości mają wpływ na proces filtracji?
6. Na czym polega sporządzanie bilansu materiałowego?
7. W jakich warunkach zachodzi proces krystalizacji?
8. W jakim celu stosuje się oznaczenia symbolowe aparatów i urządzeń?
9. Na czym polega proces ekstrakcji?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj bilans materiałowy krystalizacji. Do krystalizatora wprowadzono 5000 kg nasyconego roztworu NaNO_3 . Roztwór jest ochładzany od temperatury 363 K do 313 K. W krystalizatorze jednocześnie z ochładzaniem następuje odparowanie wody w ilości 3% masy początkowej roztworu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) obliczyć masę wody w roztworze surowym,
- 2) obliczyć masę odparowanej wody,
- 3) obliczyć masę wody w roztworze pokrystalicznym (pomniejszoną o masę odparowanej wody),
- 4) obliczyć masę kryształów,
- 5) wyniki umieścić w tabelce.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tablice fizykochemiczne.

Ćwiczenie 2

Zbadaj efektywność mieszania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) sprawdzić, jaki wpływ na efektywność mieszania ma:
- 2) rodzaj mieszadła,
- 3) ilość obrotów mieszadła,
- 4) rodzaj cieczy,
- 5) temperatura.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- różne rodzaje mieszadeł,
- termometr,
- łaźnia wodna,
- zlewki,
- gliceryna, olej, woda.

Ćwiczenie 3

Zbadaj efektywność procesu filtracji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zmontować zestaw do sączenia,
- 2) odmierzyć 4 porcje wody po 50 cm³,
- 3) odważyć 4 porcje kredy po 15 g każda i dodać do wody,
- 4) zmierzyć czas sączenia przez: 2 różne sączki i tkaninę filtracyjną,
- 5) zmierzyć czas sączenia podgrzanej mieszaniny do 50°C,
- 6) zapisać wyniki i wyciągnąć wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zlewki, lejki, statyw,
- łaźnia wodna,
- stoper,
- sączki, tkanina filtracyjna,
- kreda.

Ćwiczenie 4

Za pomocą znormalizowanych symboli aparatów przedstaw opisany niżej proces technologiczny.

W otwartym zbiorniku znajduje się substancja stała, w drugim zamkniętym ciecz. Substancja stała ze zbiornika podawana jest przenośnikiem ślimakowym do młyna kulowego, a z młyna również podajnikiem ślimakowym do mieszalnika. Do mieszalnika doprowadzona jest ciecz. Następnie mieszanina zostaje przetransportowana do kotła. Z kotła mieszanina jest dostarczana do wirówki. Po odwirowaniu ciecz przepływa przez filtr i po przefiltrowaniu przepompowana jest do zamkniętego zbiornika. Osad

z wirówki podajnikiem taśmowym zostaje dostarczony do suszarki, a z niej podajnikiem ślimakowym do zbiornika zamkniętego. [Stępień L.]

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać oznaczenia symbolowe podstawowych aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego,
- 2) narysować schemat technologiczny procesu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma dot. oznaczeń symbolowych – PN-EN-ISO-10628:2005 (do sprawdzenia prawidłowości wykonanej pracy).

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

Tak

Nie

- 1) wyjaśnić sposób działania wirówki sedymentacyjnej?
- 2) wyjaśnić wpływ ciśnienia na proces filtracji?
- 3) określić sprawność energetyczną wyparki?
- 4) wykonać bilans krystalizatora?
- 5) porównać znane Ci aparaty do oddzielania ciała stałego od cieczy?
- 6) podać zastosowanie rekuperatorów?
- 7) określić, jakie wielkości mają wpływ na proces mieszania?
- 8) wyjaśnić zasadę działania baterii ekstraktorów?
- 9) rozpoznawać na schematach technologicznych aparaty i urządzenia przemysłu chemicznego

5. Sprawdzenie osiągnięć

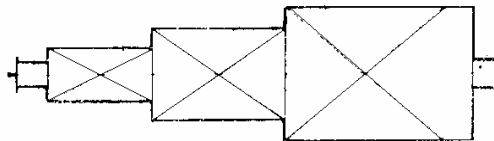
Instrukcja dla ucznia

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań.
5. Każde zadanie ma 4 możliwe odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
6. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X.
7. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
8. Na rozwiązanie testu masz 45 minut.

Powodzenia!

Zestaw pytań testowych

1. Tworzywem sztucznym termoplastycznym jest:
 - a) guma
 - b) ebonit
 - c) żywica epoksydowa
 - d) polistyren
2. Który z produktów nie jest stopem:
 - a) manganin
 - b) lignofol
 - c) znal
 - d) monel
3. Stal otrzymuje się z:
 - a) żeliwa
 - b) surówki białej
 - c) żeliwa i surówki
 - d) surówki szarej
4. W ochronie katodowej rolę katody może pełnić:
 - a) Cr i Ni
 - b) Zn i Cr
 - c) Ni i Sn
 - d) Zn i Sn
5. Do produkcji emalii szklistych nie używa się:
 - a) gliny
 - b) skalenia
 - c) miki
 - d) piasku
6. Rysunek przedstawia:



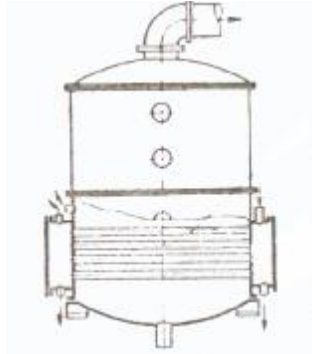
- a) ekstraktor
 - b) mieszalnik
 - c) klasyfikator
 - d) krystalizator
7. Tworzenie się dużego leja przy mieszaniu cieczy:
 - a) ma korzystny wpływ
 - b) nie ma żadnego wpływu
 - c) ma częściowo niekorzystny wpływ
 - d) ma zdecydowanie niekorzystny wpływ

8. Nacza to aparat służący do:
- zateżania
 - ogrzewania
 - mieszania
 - filtracji
9. Według oznaczenia X10 Ni Cr Mn 15-10 stal ta zawiera:
- 10% Ni, 10% Cr, 10% C
 - 15% Ni, 15% Cr, 15% Mn
 - 15% Ni, 10% Cr, 0,1% C
 - 10% Ni, 15% Cr, 10% Mn
10. Do zabezpieczania podziemnych rurociągów przed korozją stosuje się:
- powłoki z emalii szklistych
 - powłoki katodowe
 - oksydowanie
 - ochronę katodową
11. Główny dodatek stopowy stali kwasoodpornej to:
- Mn
 - Co
 - Cr
 - Cu
12. W reaktorach okresowych parametry procesu:
- wszystkie zmieniają się
 - żaden nie zmienia się
 - jeden pozostaje stały
 - jeden nie zmienia się
13. Brąz jest stopem:
- Cu i Zn
 - Al i Mg
 - Ni i Fe
 - Cu i Sn
14. Lignofol powstaje przez:
- stapianie
 - prasowanie
 - ogrzewanie
 - utwardzanie
15. Żaroodporność stale uzyskują dzięki dodatkom:
- Cr i Ni
 - Si i Ni
 - Al i Ni
 - Cr i Mo

16. Żeliwo to stop żelaza o zawartości węgla:

- a) 0,1%
- b) 1%
- c) 2%
- d) więcej niż 2%

17. W aparacie przedstawionym na rysunku prowadzi się proces:



- a) filtracji
- b) ogrzewania
- c) ekstrakcji
- d) zateżania

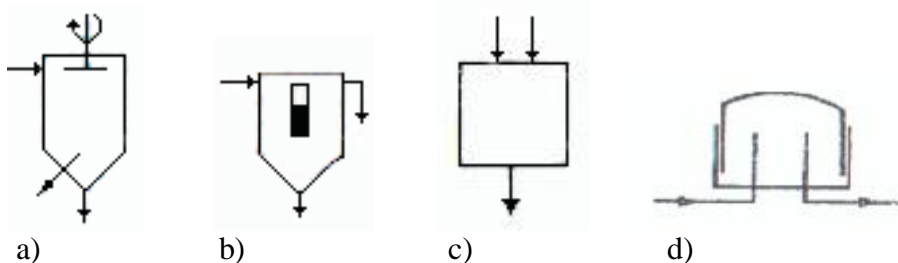
18. Świeżenie to proces:

- a) mechanicznego oczyszczania surówki
- b) dodawania pierwiastków stopowych
- c) wypalania zanieczyszczeń
- d) poddawania obróbce cieplnej

19. Kwasoodporność żeliwu nadaje dodatek:

- a) P
- b) Si
- c) S
- d) Mn

20. Który z symboli przedstawia mieszalnik:



Karta odpowiedzi

Imię nazwisko

Stosowanie aparatów i urządzeń przemysłu chemicznego

Zakreśl poprawną odpowiedź, wpisz brakujące części zadania lub wykonaj rysunek.

Nr zadania	Odpowiedzi				Punkty
1.	a	b	c	d	
2.	a	b	c	d	
3.	a	b	c	d	
4.	a	b	c	d	
5.	a	b	c	d	
6.	a	b	c	d	
7.	a	b	c	d	
8.	a	b	c	d	
9.	a	b	c	d	
10.	a	b	c	d	
11.	a	b	c	d	
12.	a	b	c	d	
13.	a	b	c	d	
14.	a	b	c	d	
15.	a	b	c	d	
16.	a	b	c	d	
17.	a	b	c	d	
18.	a	b	c	d	
19.	a	b	c	d	
20.	a	b	c	d	
Razem:					

6. Literatura

1. Błasiński H., Młodziński B.: Aparatura przemysłu chemicznego. WNT, Warszawa 1983
2. Warych J.: Aparaty i urządzenia przemysłu chemicznego i przetwórczego. WSiP, Warszawa 1996
3. Praca zbiorowa: Mały poradnik mechanika. Tom I i II. WNT, Warszawa 2002
4. Jasińska K., Jasiński Zb.: Materiałoznawstwo . WSiP, Warszawa 1974
5. Wojtkun F., Bukala W.: Materiałoznawstwo. Część 1 i 2. WSiP, Warszawa 1997
6. Normy techniczne: PN-EN-1560:2001
PN-EN-10027-1:2005(U)
PN-EN-10005:2002
PN-EN ISO-10628:2005