

<u>12.</u> Grzejnictwo elektryczne	199
<u>12.1.</u> Wiadomości ogólne	199
<u>12.2.</u> Materiały stosowane w grzejnictwie elektrycznym	200
<u>12.3.</u> Nagrzewanie rezystancyjne	201
<u>12.4.</u> Metalowe materiały rezystancyjne	202
<u>12.5.</u> Elementy grzejne	203
<u>12.6.</u> Nagrzewanie elektrodowe	204
<u>12.7.</u> Piece łukowe	205
<u>12.8.</u> Spawanie łukowe	206
<u>12.9.</u> Nagrzewanie indukcyjne	207
<u>12.10.</u> Nagrzewanie pojemnościowe	209
<u>12.11.</u> Nagrzewanie promiennikowe	210
<u>12.12.</u> Eksploatacja urządzeń grzejnych	211
<u>Pytania kontrolne</u>	



12

Grzejnictwo elektryczne

12.1

Wiadomości ogólne

Grzejnictwo elektryczne (elektrotermia) wykorzystuje możliwość przemiany energii elektrycznej w energię cieplną. Grzejnictwo elektryczne ma wiele zalet w stosunku do innych metod nagrzewania (np. przez spalanie paliw stałych, ciekłych lub gazowych) a mianowicie:

- 1- możliwość szybkiego nagrzania;
- 2- czystość procesu grzejnego ,
- 3- wydzielaniu energii cieplnej nie towarzyszy wydzielanie spalin, pyłów itp.;
- 4- łatwość regulacji temperatury i poboru mocy, również możliwość regulacji automatycznej;
- 5- możliwość osiągania temperatury wyższej niż przy innych metodach nagrzewania;
- 6- wyeliminowanie transportu paliwa.

W warunkach polskich energię elektryczną uzyskuje się głównie z energii cieplnej wydzielanej wskutek spalania węgla, przy czym straty energii wynoszą ok. 70%. Proces odwrotny, tzn. przemiana energii elektrycznej w ciepłą, jest bardziej opłacalny.

Najważniejsze zastosowania przemysłowe grzejnictwa elektrycznego:

- uszlachetnianie stali oraz wytop stali stopowych;
- wytop metali nieżelaznych i ich stopów;
- obróbka cieplna metali;
- produkcja niektórych materiałów, jak np. karbidu, karborundu, grafitu i innych.

Energia elektryczna ponadto jest stosowana do ogrzewania pomieszczeń oraz do zasilania wielu elektrycznych urządzeń grzejnych.

W grzejnictwie elektrycznym wykorzystuje się różne zjawiska fizyczne, w wyniku których następuje przemiana energii elektrycznej w ciepłą. Rozróżnia się:

- 1. Nagrzewanie rezystancyjne** (oporowe) — energia cieplna wydzielana się w czasie przepływu prądu elektrycznego przez przewodzące ciała stałe.
 - 2. Nagrzewanie elektrodowe** — energia cieplna wydzielana się podczas przepływu prądu elektrycznego przez ciecz (elektrolit); napięcie jest doprowadzone do elektrod zanurzonych w tej cieczy.
 - 3. Nagrzewanie łukowe** — źródłem energii cieplnej jest łuk elektryczny.
 - 4. Nagrzewanie indukcyjne** — wykorzystuje się głównie zjawisko prądów wirowych indukowanych w nagrzewanym wsadzie metalowym.
 - 5. Nagrzewanie pojemnościowe** — wykorzystuje się zjawisko powstawania strat mocy w dielektryku umieszczonym w zmiennym polu elektrycznym wielkiej częstotliwości.
 - 6. Nagrzewanie promiennikowe** — wykorzystuje się energię cieplną wypromieniowaną przez elektryczne promienniki podczerwieni.
- Energia elektryczna jest przetwarzana w energię cieplną w różnego rodzaju piecach elektrycznych oraz urządzeniach grzejnych.



12.2

Materiały stosowane w grzejnictwie elektrycznym.

W elektrycznych urządzeniach grzejnych stosuje się materiały specjalne, spełniające określone funkcje.

Materiały elektroizolacyjne. służące do odizolowania części znajdujących się pod napięciem, powinny być odporne na wysoką temperaturę. Stosuje się materiały ceramiczne, jak np. steatyt, kordieryt, alund, porcelanę, a także specjalne masy izolacyjne zawierające tlenki glinu i magnezu, ponadto różne gatunki miki, mikanity i inne.

Materiały termoizolacyjne stosuje się w celu zmniejszenia strat cieplnych urządzeń grzejnych. Są to wyroby szamotowe w postaci kształtek lub zasyпки, ziemia okrzemkowa, wata mineralna, żużlowa lub szklana.

Materiały ogniotrwałe służą do wyłożenia wewnętrznych ścian komór grzejnych pieców o wysokich temperaturach roboczych i wykonania kształtek odpornych na wysokie temperatury. Stosuje się wyroby szamotowe, krzemionkowe, mulitowe, korundowe, chromitowe, cyrkonowe, węglowe.

Materiały rezystancyjne służą do wyrobu elementów grzejnych rezystancyjnych (oporowych).

Materiały elektrodowe służą do wyrobu elektrod do pieców łukowych, do elektrolizy aluminium i innych metali. Stosuje się również węgiel i grafit. W elektrycznych urządzeniach grzejnych elementy konstrukcyjne, które są narażone na działanie wysokiej temperatury, wykonuje się ze stali żaroodpornych.

Uwaga! Materiały zawierające azbest są niebezpieczne dla zdrowia człowieka. Obowiązuje szczególna ostrożność przy kontakcie z nimi (ubranie ochronne, rękawice, okulary, maska przeciwpyłowa).



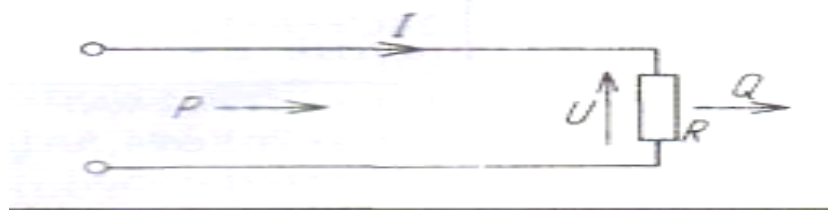
12.3

Nagrzewanie rezystancyjne

Nagrzewanie rezystancyjne (oporowe) jest bardzo szeroko stosowane zarówno w przemysłowych urządzeniach grzejnych (piece rezystancyjne, nagrzewnice), jak i w urządzeniach grzejnych powszechnego użytku (kuchenki, grzałki, garnki elektryczne, żelazka, grzejniki różnego rodzaju itp.).

Współcześnie stosuje się elektryczne ogrzewanie pomieszczeń. Oprócz tradycyjnych grzejników elektrycznych różnego rodzaju, rozpowszechnia się ogrzewanie powierzchniowe za pomocą przewodów i kabli grzejnych ułożonych pod podłogą, albo mat (dywanów) grzejnych, a nawet tapet grzejnych. Poprzez stosowanie dużych powierzchni grzejnych o niewielkiej temperaturze uzyskuje się równomierne ogrzewanie pomieszczenia i unika zjawiska suchej destylacji pyłów (zwłaszcza tworzyw sztucznych) na powierzchniach nagrzanych.

Podczas przepływu prądu elektrycznego przez rezystancję (rys. 12.1) wydzielą się energia cieplna. Ilość wydzielonego ciepła zależy od mocy grzejnika oraz czasu grzania i jest określona wzorem

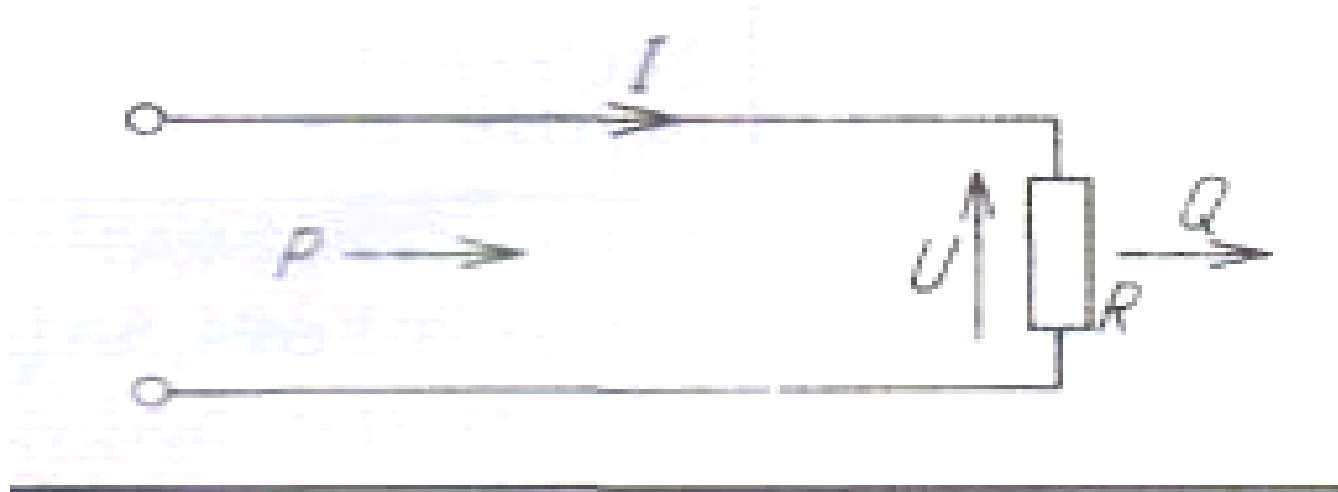


Rys. 12.1. Przemiana energii elektrycznej w energię cieplną za pomocą rezystancji

$$Q = Pt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$



W którym: Q — ilość ciepła, w J; P — moc elektryczna, w W; t — czas, w s; I — prąd przepływający przez element, w A, R — rezystancja, w Ω ; U — napięcie na elemencie grzejnym, w V.



Rys. 12.1. Przemiana energii elektrycznej w energią cieplną za pomocą rezystancji
Energia cieplna może się wydzielać bądź w specjalnych elementach rezystancyjnych, bądź bezpośrednio w nagrzewanym wsadzie (nagrzewa nie bezpośrednie).

Elementy rezystancyjne mogą być wykonywane jako:

- metalowe — ze stopów metali (najczęściej stosowane);
- niemetalowe — z węgla, grafitu lub karborundu (stosowane w niektóry-ych typach pieców przemysłowych).



12.4

Metalowe materiały rezystancyjne

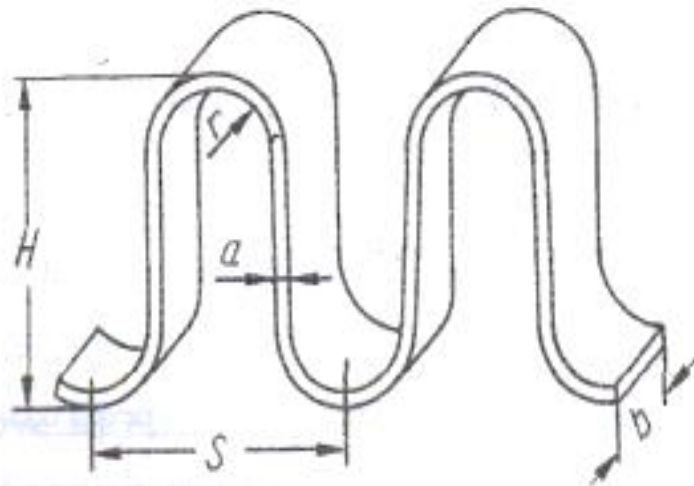
Do wyrobu elementów grzejnych rezystancyjnych używa się najczęściej drutów lub taśm wykonanych ze stopów różnych metali które wykazują:

- dużą rezystywność;
- odporność na utlenianie się i inne wpływy chemiczne w temperaturze pracy;
- dobrą wytrzymałość mechaniczną w temperaturze pracy.

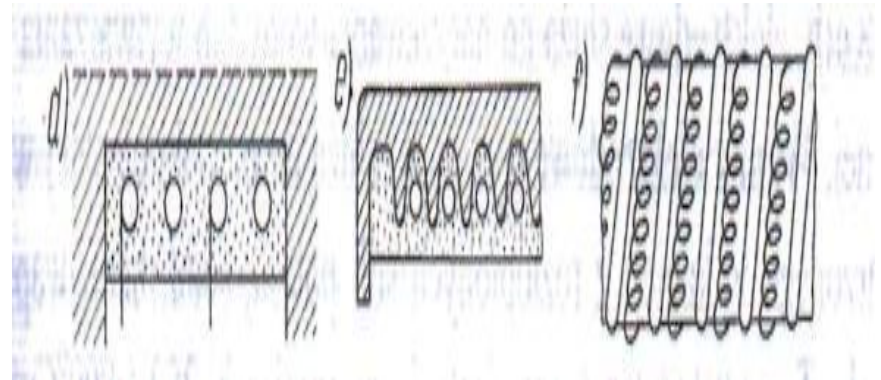
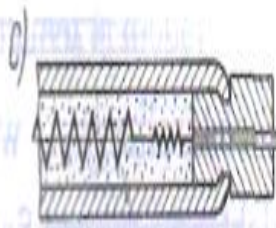
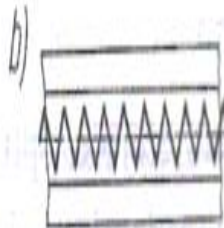
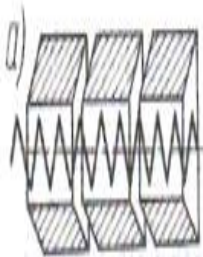
Właściwości najczęściej stosowanych materiałów podano w tabl. 12.1.

Tablica 12.1. Właściwości najczęściej używanych metalowych materiałów rezystancyjnych

Nazwa	Skład chemiczny	Rezystywność ρ	Współczynnik temperaturowy rezystancji	Temperatura maksymalna pracy
	%	$\mu\Omega \cdot m$ $\frac{\mu\Omega \cdot mm^2}{m}$	$\frac{1}{^\circ C}$	$^\circ C$
Konstantan	60Cu+40Ni	0,48	$0,04 \cdot 10^{-3}$	300÷500
Manganin	84Cu+12Mn+4Ni	0,42	$0,03 \cdot 10^{-3}$	300÷500
Nikielina I	62Cu+18Ni+20Zn	0,43	$0,3 \cdot 10^{-3}$	400÷500
Nowe srebro	63Cu+15Ni+22Zn	0,27	$0,3 \cdot 10^{-3}$	400÷500
Ferronichrom	50Ni+33Cr+17Fe	1,05	$0,11 \cdot 10^{-3}$	800÷900
Nichrom	80Ni+20Cr	1,10	$0,05 \cdot 10^{-3}$	1100
Kanthal D5	21Cr+73Fe+4Al+2Co	1,35	$0,053 \cdot 10^{-3}$	1150
Kanthal A	23Cr+70Fe+5Al+2Co	1,39	$0,048 \cdot 10^{-3}$	1300
Kanthal Al	24Cr+68Fe+5,5Al+2,5Co	1,45	$0,032 \cdot 10^{-3}$	1350
Baildonal 8	13Cr+81Fe+4Al	1,28	$0,12 \cdot 10^{-3}$	950
Baildonal 10	18Cr+76Fe+4,5Al	1,33	$0,07 \cdot 10^{-3}$	1050
Baildonal 12	25Cr+69Fe+5Al	1,42	$0,04 \cdot 10^{-3}$	1150



Rys. 12.2. Ukształtowanie przewodu rezystancyjnego o przekroju prostokątnym w wężownicy o wymiarach: $H = (2-3)b$; $S = (1,5-3)b$; $r = (4-5)a$



Rys. 12.3. Elementy grzejne w urządzeniach powszechnego użytku. Przewód rezystancyjny umieszczony: a) w koralikach ceramicznych; b) w rurze ceramicznej lub ze szkła kwarcowego; c) w rurze metalowej; d), e) w masie izolacyjnej; f) na wsporniku ceramicznym



12.5

Elementy grzejne

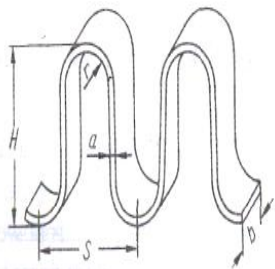
Przewody rezystancyjne okrągłe zwiја się w spiralę przez nawinięcie na trzpieniu walcowym o średnicy D_x określonej wzorem

$$D_t = (2 \div 8) d$$

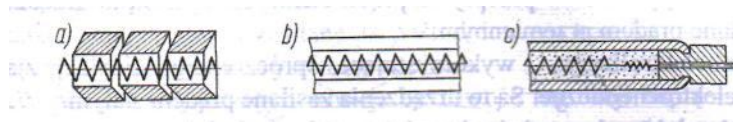
w którym: d oznacza średnicą drutu rezystancyjnego.

Po zdjęciu z trzpienia spiralę nagrzewa się prądem elektrycznym i w stanie gorącym rozciąga do wymaganej długości. Przewody rezystancyjne o przekroju prostokątnym formuje się w węzownicę (rys. 12.2). W piecach rezystancyjnych przemysłowych spiralę lub węzownicę umieszcza się w kanałach, znajdujących się w kształtkach z materiału ogniotrwałego o właściwościach izolacyjnych. Końce elementów grzejnych łączy się z końcówkami wykonanymi z materiału żaroodpornego, zwykle przez spawanie lub zgrzewanie.

~~~ $U$  urządzeniach grzejnych powszechnego użytku stosuje się na ogół elementy grzejne wykonane z drutu rezystancyjnego okrągłego. Na rysunku 12.3 przedstawiono elementy grzejne różniące się sposobem odizolowania i zamocowania drutu rezystancyjnego.



Rys. 12.2



Rys. 12.3



## 12.6

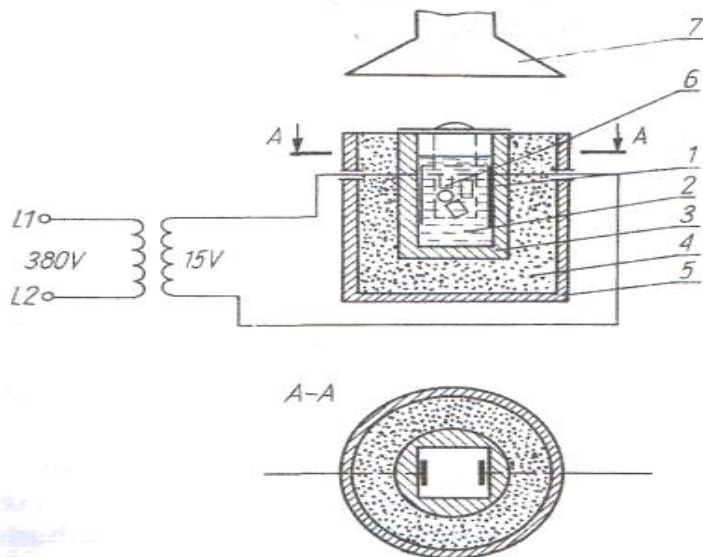
### Nagrzewanie elektrodowe.

Urządzenia do nagrzewania elektrodowego można podzielić na dwie grupy:

- Kotły i wanny elektrodowe — wykorzystujące tylko energię ciepłą wydzielaną w czasie przepływu prądu elektrycznego. Są to urządzenia zasilane prądem przemiennym.
- Termoelektrolizery — wykorzystujące, oprócz energii cieplnej, zjawiska elektrochemiczne. Są to urządzenia zasilane prądem stałym.

**Kotły elektrodowe** służą do nagrzewania wody lub wytwarzania pary wodnej. **Wanny elektrodowe** (rys. 12.4) służą do obróbki cieplnej wsadu zanurzonego w kąpeli z roztopionych soli potasu, sodu, baru, wapnia i innych. Temperatura pracy zawiera się w granicach  $250 \pm 900^{\circ}\text{C}$ . Moc pobierana z sieci wynosi 10 do 150 kW przy zasilaniu jednofazowym i trójfazowym, a napięcie zasilania 8 do 25 V.

**Termoelektrolizery** służą głównie do produkcji i rafinacji aluminium. Są zasilane prądem stałym 70 - 150 kA, przy napięciu ok. 5 V na jednej wannie. Wanny łączy się szeregowo po 50 do 200 szt. Moc pobierana przez jeden ciąg wanien może zatem przekraczać 100 MW.



Rys. 12.4. Schemat budowy wanny elektrodowej jednofazowej

- 1 — elektroda;
- 2 — kąpiel solna;
- 3 — warstwa ogniotrwała;
- 4 — warstwa termoizolacyjna;
- 5 — obudowa stalowa;
- 6 — pojemnik z wsadem;
- 7 — osłona pieca i wyciąg;
- L1, L2 — przewody fazowe

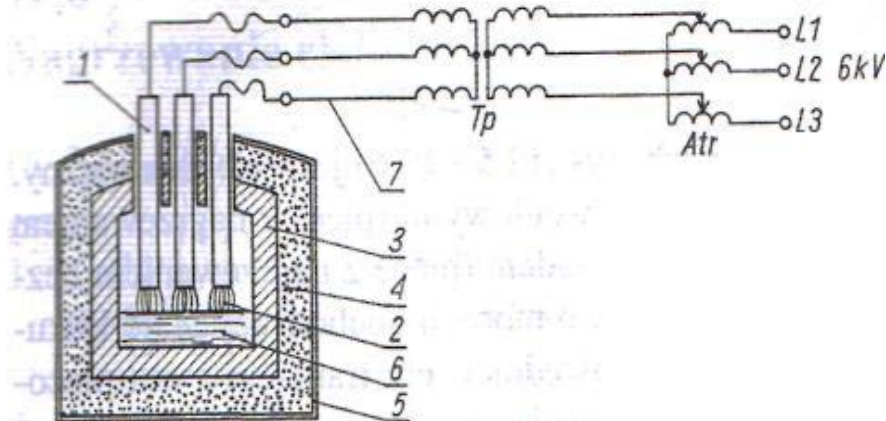
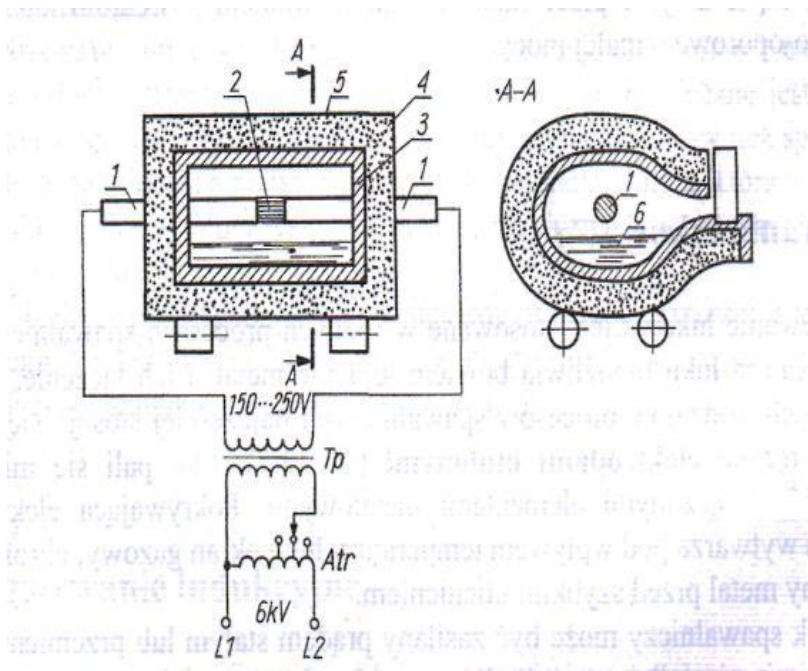


## 12.7 Piecze łukowe.

Źródłem ciepła w piecach łukowych (rys. 12.5 i 12.6) jest łuk elektryczny, palący się między dwiema elektrodami węglowymi (piec z nagrzewaniem pośrednim) lub między elektrodami i wsadem (piec z nagrzewaniem bezpośrednim). Są budowane piecze łukowe o mocach dochodzących do kilku-dziesięciu megawatów i zasilane za pośrednictwem transformatora pieco-wego, najczęściej z sieci wysokiego napięcia.

W piecach trójfazowych istnieje możliwość regulacji napięcia każdej fazy za pomocą autotransformatora lub za pomocą zaczepów na transformatorze piecowym. Regulacja napięcia umożliwia regulację mocy wydzielonej z łuku każdej fazy oddzielnie.

**Piecze łukowe z nagrzewaniem pośrednim** (rys. 12.5) stosuje się głównie do wytopu metali nieżelaznych i wytwarzania stopów tych metali. **Piecze łukowe z nagrzewaniem bezpośrednim** (rys. 12.6) stosuje się do produkcji stali jakościowych i stopów żelaza.



**Rys. 12.6.** Schemat budowy i układu zasilania pieca łukowego trójfazowego z nagrzewaniem bezpośrednim  
1 + 6 — oznaczenia jak na rys. 12.5; 7 — tor wieloprądowy; L1, L2, L3 — przewody fazowe

12.5. Schemat budowy pieca łukowego jednofazowego z nagrzewaniem pośrednim do topienia metali

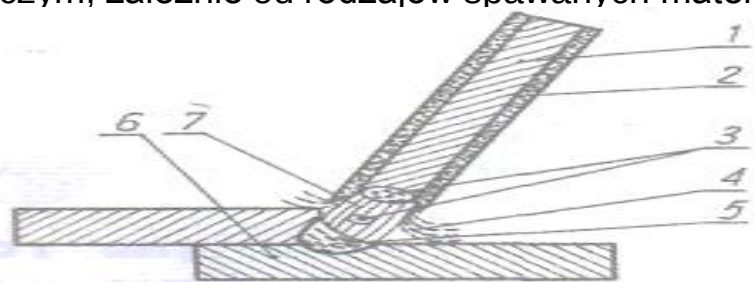
1 — elektroda węglowa; 2 — łuk elektryczny; 3 — warstwa ogniotrwała; 4 — warstwa termoizolacyjna; 5 — obudowa stalowa; 6 — wsad; Atr — autotransformator regulacyjny; Tp — transformator piecowy; L1, L2 — przewody fazowe



## 12.8 Spawanie łukowe.

Nagrzewanie łukowe jest stosowane w różnych procesach spawalniczych. Temperatura łuku umożliwia bowiem topienie metali i ich łączenie. Spośród wielu rodzajów procesów spawalniczych najczęściej stosuje się spawanie ręczne **elektrodami otulonymi** (rys.12.7). Łuk pali się między elektrodą i łączonymi elementami metalowymi. Pokrywająca elektrodę otulina wytwarza pod wpływem temperatury łuku ekran gazowy, chroniący stopiony metal przed szybkim utlenieniem.

Łuk spawalniczy może być zasilany prądem stałym lub przemiennym. Urządzeniami zasilającymi dla łuku prądu stałego są przetwornice maszynowe oraz prostowniki spawalnicze, a dla łuku prądu przemiennego — transformatory spawalnicze. Wszystkie urządzenia spawalnicze umożliwiają regulację prądu w obwodzie spawalniczym, zależnie od rodzajów spawanych materiałów i średnicy zastosowanych elektrod.



**Rys. 12.7.** Schemat spawania elektrodą otuloną  
 1 — metal elektrody,  
 2 — otulina, 3 — krople **stopionego** metalu,  
 4 — ekran gazowy, 5- płynny metal,  
 6 — elementy łączone, 7 — łuk elektryczny



**Spawanie aluminium** — stosowane przy montażu urządzeń elektrycznych — wykonuje się najczęściej łukiem elektrycznym w osłonie gazowej argonu, który zapobiega utlenianiu się aluminium. Łuk pali się między elektrodą wolframową i elementem spawanym, a drut aluminiowy podaje się do łuku (tzw. metoda TIG). W innej metodzie (MIG) łuk pali się między drutem aluminiowym i elementem spawanym. Drut topi się i **jest podawany** ze stałą prędkością za pomocą specjalnego uchwytu. Spawanie aluminium pod osłoną specjalnych topników jest rzadko stosowane, ze względu na możliwość zanieczyszczenia spoiny żużłem powstałym ze stopionego topnika.

**Spawanie miedzi** jest trudniejsze niż spawanie aluminium z uwagi na dobre odprowadzanie energii cieplnej przez miedź. Konieczne jest stosowanie narzędzi spawalniczych o dużej mocy. Stosuje się również spawanie elektryczne miedzi za pomocą elektrod ze specjalną otuliną, która wydziela dodatkowe ilości ciepła wskutek reakcji chemicznych zachodzących podczas spawania.

Obiekt spawany podgrzewa się niekiedy prądem elektrycznym z dodatkowego transformatora lub izoluje watą mineralną w celu osiągnięcia wymaganej temperatury w czasie spawania.



## 12.9

### Nagrzewanie indukcyjne

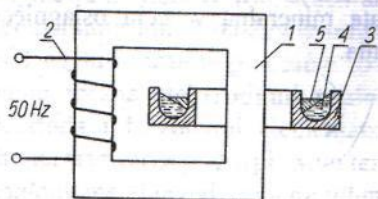
Nagrzewaniu indukcyjnemu poddaje się przedmioty metalowe, umieszczając je w zmiennym polu magnetycznym. Wskutek działania zmiennego pola magnetycznego w przedmiotach metalowych indukuje się siła elektromotoryczna i płynie prąd elektryczny, co powoduje wydzielanie się ciepła. Jeśli w zmiennym polu magnetycznym umieści się przedmioty ferro- magnetyczne (np. stalowe), to wydzieli się dodatkowa energia cieplna wskutek występowania zjawiska histerezy magnetycznej.

Nagrzewanie indukcyjne wykorzystuje się w różnego rodzaju **piecach indukcyjnych** do topienia metali, wytwarzania stopów oraz w **nagrzewnicach indukcyjnych**, używanych głównie do hartowania elementów stalowych.

**Piece indukcyjne rdzeniowe** działają na zasadzie transformatora (rys. 12.8). Uzwojenie wtórne w postaci jednego zwoju zwartego jest utworzone przez wsad umieszczony w korycie z materiału ogniotrwałego. Siła elektromotoryczna indukowana we wsadzie powoduje przepływ prądu przez wsad i jego nagrzewanie. Lustro stopionego metalu nie układa się poziomo wskutek oddziaływań elektrodynamicznych. Piece rdzeniowe z kanałem zamkniętym (rys. 12.9) działają na podobnej zasadzie jak rdzeniowe z kanałem otwartym. Piec taki musi być zalany metalem płynnym. Piece rdzeniowe zasilają się jednofazowo lub trójfazowo napięciem o częstotliwości 50 Hz. Moc pieców 30 + 400 kW.

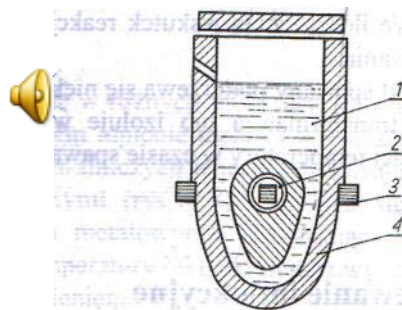
**Piece indukcyjne bezrdzeniowe** (rys. 12.10) są zasilane napięciem o częstotliwości 50-3000 Hz. Moc pieców wynosi 60+ 1200 kW. Wsad metalowy jest nagrzewany dzięki prądom wirowym, a wsad ferromagnetyczny dodatkowo wskutek zjawiska histerezy magnetycznej.

Zastosowanie nagrzewania indukcyjnego do hartowania stali umożliwia hartowanie określonych stref przedmiotu, przy czym warstwa zahartowana może mieć określoną grubość. Pozwala to na uzyskanie korzystnych właściwości mechanicznych. Im większa częstotliwość prądu przepływającego przez wzbudnik nagrzewnicy, tym mniejsza grubość warstwy nagrzewanej i hartowanej. Kształt wzbudnika musi być dobrany do kształtu hartowanego przedmiotu (rys. 12.11).



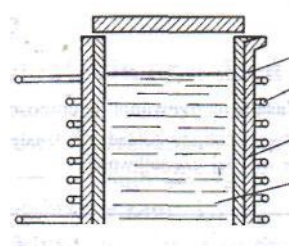
Rys. 12.8. Schemat budowy pieca indukcyjnego rdzeniowego z kanałem otwartym

1. — rdzeń, 2 — uzwojenie wzbudzające, 3 — kanał z materiału ogniotrwałego w kształcie pierścienia, 4 — metal stopiony, 5 — żużel stopiony

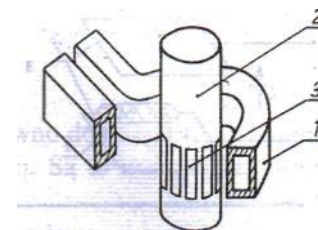


Rys. 12.9. Schemat budowy pieca indukcyjnego kanałowego

1 — metal stopiony, 2 — rdzeń, 3 — uzwojenie wzbudzające, 4 — obudowa z materiału ogniotrwałego



Rys. 12.10. Schemat budowy pieca indukcyjnego bezrdzeniowego tyglowego 1 — obudowa z materiału ogniotrwałego, 2 — uzwojenie wzbudzające, 3 — rdzeń, 4 — metal stopiony



Rys. 12.11. Wzbudnik nagrzewnicy indukcyjnej do hartowania strefowego wałków

1 — wzbudnik chłodzony wodą, 2 — wałek hartowany, 3 — strefa nagrzewania

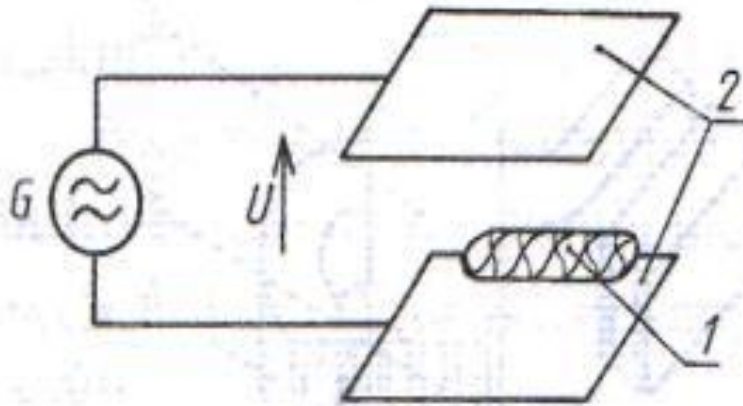


## 12.10

### Nagrzewanie pojemnościowe

W nagrzewaniu pojemnościowym wykorzystuje się energię cieplną wydzielaną w dielektrykach umieszczonych w zmiennym polu elektrycznym, np. między okładzinami kondensatora płaskiego (rys.12.12).

Między okładziny kondensatora doprowadza się napięcie o wielkiej częstotliwości, uzyskane z generatora elektronicznego. Zgodnie z konwencją międzynarodową przy nagrzewaniu pojemnościowym wykorzystuje się częstotliwości 13,56 MHz oraz 27,12 MHz i 40,68 MHz. Korzystanie z innych częstotliwości jest zabronione ze względu na zakłócenia radiowe. We wsadzie wydzielą się w postaci energii cieplnej moc czynna. Nagrzewanie pojemnościowe wykorzystuje się w przemyśle do przeróbki tworzyw sztucznych, suszenia drewna, pasteryzacji mleka itp., a w gospodarstwach d



$$P = U^2 2\pi f C \operatorname{tg} \delta$$

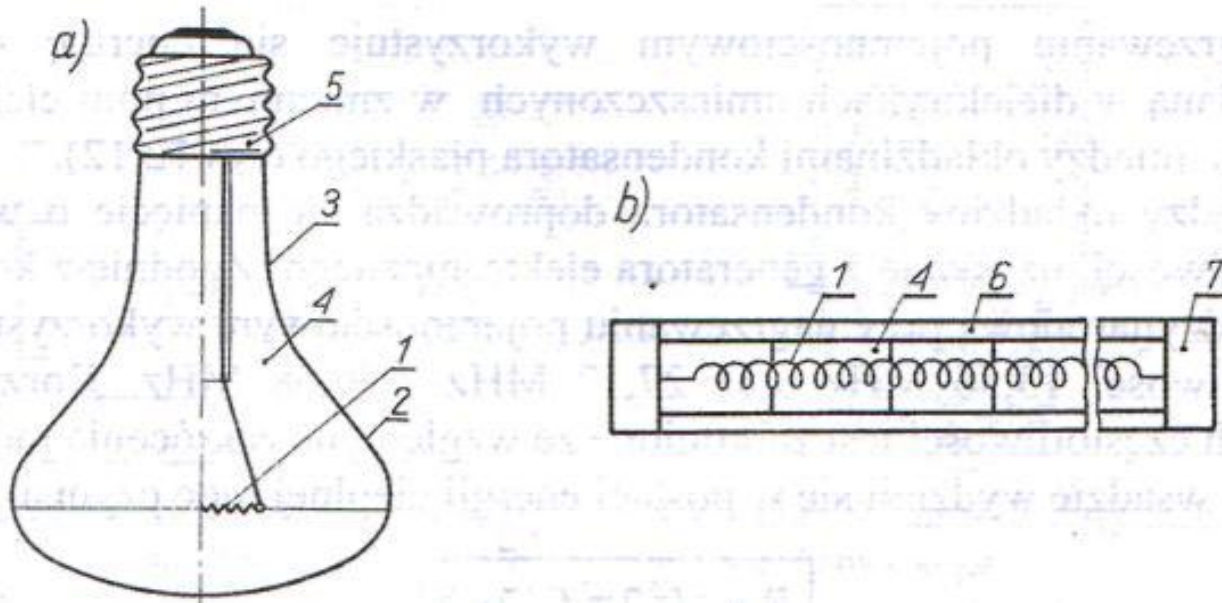


Rys. 12.12. Zasada nagrzewania pojemnościowego 1 — wsad, 2 — elektrody (okładziny kondensatora), G — generator wielkiej częstotliwości

## 12.11

### Nagrzewanie promiennikowe.

Energia cieplna jest przekazywana przez promieniowanie ze źródła promieni podczerwonych — promiennika — do przedmiotu nagrzewanego. Szerokie zastosowanie znalazły **promienniki lampowe** i **kwarcowe** (rys. 12.13). Nagrzewanie promiennikowe stosuje się w przemyśle głównie w suszarniach i piecach do wypalania powłok lakierniczych.



Rys. 12.13. Promienniki podczerwieni: a) lampowy; b) kwarcowy  
1 — skrętka grzejna, 2 — bańka szklana, 3 — powłoka odbłaskowa metalowa, 4 —  
próżnia, 5 — trzonek  
z gwintem, 6 — rura ze szkła kwarcowego żaroodpornego, 7 — oprawka metalowa



12.12

## **Eksploatacja urządzeń grzejnych**

Użytkowanie urządzeń grzejnych — zarówno domowych, jak i przemysłowych — wymaga szczególnej ostrożności. Są to urządzenia, które stwarzają podwójne **zagrożenie**:

**1-elektryczne** — możliwość porażenia prądem;

**2-termiczne** — możliwość poparzeń i wywołania pożaru lub wybuchu.

**W sąsiedztwie urządzeń grzejnych nie wolno składać materiałów łatwo palnych. Wszelkie płyny łatwo palne w pobliżu elektrycznych urządzeń grzejnych grożą pożarem lub wybuchem. Wyjątek stanowią urządzenia, w których osiągnięte temperatury są na tyle niskie (ogrzewanie powierzchniowe), że nie mogą spowodować zapalenia materiału.**

Przemysłowe urządzenia grzejne poddaje się okresowym przeglądom, zwykle nie rzadziej niż raz w roku. Wykonuje się wtedy:

- badanie stanu technicznego urządzenia;
- sprawdzenie działania mechanizmów,
- pomiary rezystancji izolacji,
- pomiary skuteczności ochrony przeciwporażeniowej,
- pomiary prądów lub mocy;
- czynności konserwacyjne zgodnie z dokumentacją fabryczną,
- sprawdzenie zabezpieczeń;
- usunięcie zauważonych usterek.



## Pytania kontrolne

- Wymień zalety grzejnictwa elektrycznego.
- Jakie materiały są używane w grzejnictwie elektrycznym?
- Jakie zjawiska fizyczne wykorzystuje się w grzejnictwie elektrycznym?
- Na czym polega spawanie elektryczne?
- W jakim celu są stosowane elektrody otulone przy spawaniu elektrycznym?