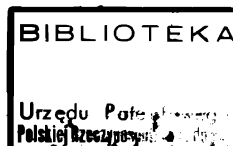


URZĄD PATENTOWY



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

H05 b 5/16

F27b 14/06

Kl. 21 h 18.

Nr 11833.

Ajax Electrothermic Corporation
(Trenton, New Jersey, Stany Zjednoczone Ameryki).

Elektryczny piec indukcyjny.

Zgłoszono 17 września 1925 r.

Udzielono 25 marca 1930 r.

Wynalazek dotyczy elektrycznych pieców indukcyjnych o częstotliwości większej od tej, która się zwykle stosuje w sieciach rozdzielczych. Piec, zapomocą którego w sposób dogodny uzyskuje się bardzo wysoką temperaturę, może być ładowany zarówno niemagnetycznymi materiałami przewodzącymi, jak i magnetycznymi przy temperaturze, powyżej której te materiały tracą swe własności magnetyczne.

Niniejszy wynalazek polega na ustaleniu pewnego racjonalnego stosunku między częstotliwością prądu a średnicą i opornością właściwą ładunku. Zależność ta jest wyzyskana przy budowie pieca.

Dalszą cechą wynalazku jest zmniejszenie częstotliwości, przyczem wielkość ładunku pieca jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z częstotliwości.

Według wynalazku niniejszego piec zasi-

ła się od wielobiegunowej wirującej prądnicy prądu zmiennego dostatecznie wielkiej częstotliwości bez konieczności stosowania żelaznego rdzenia w piecu.

Łącznie z tą prądnicą stosuje się urządzenia do poprawiania ogólnego współczynnika mocy w postaci np. kondensatorów.

Zgłaszająca firma ustaliła zależność między wzrostem kosztu prądnicy a wzrostem częstotliwości, tudzież wpływ ulepszenia współczynnika mocy na koszty. Te zależności umożliwiają otrzymanie najtańszej instalacji przez odpowiedni dobór wymienionych wielkości.

Dalszymi cechami wynalazku są: utrzymanie odpowiednio niskiego stosunku oporności rzeczywistej uzwojenia wzbudzającego do jego oporności urojonej przez zastosowanie cewki, której szerokość w kierunku promienia znajduje się w takim stosunku do średnicy, że strata energii w cewce jest

nieznaczna; samoczynne dostosowywanie prądu do wielkości ładunku; stosowanie zwojów, składających się z kilku równoległe połączonych płaskich przewodników i wogóle takie dobranie cech konstrukcyjnych i wielkości fizycznych i elektrycznych, że otrzymuje się piec indukcyjny bez rdzenia żelaznego, wytwarzający ciepło przy częstotliwości mniejszej od stosowanej dotychczas w tego rodzaju piecach.

Fig. 1, 2, 9 i 10 przedstawiają schematycznie pionowe przekroje poprzeczne pieca, dwie ostatnie jedynie częściowo. Fig. 3 i 4 przedstawiają wykresy, dotyczące indukcji i gęstości prądu w ładunku pieca. Fig. 5, 6, 7 i 8 przedstawiają schematy różnych możliwych sposobów włączania urojonych oporów ujemnych do obwodu. Fig. 11 przedstawia schematycznie układ połączeń pieca. Fig. 12 przedstawia krzywe kształtów prądnic i kondensatorów oraz krzywą sumy ogólnych kosztów.

Wynalazek umożliwia zastosowanie strumienia magnetycznego dużej częstotliwości do nagrzewania metali niemagnetycznych i magnetycznych powyżej ich punktu rozżarzania oraz do topienia wszelkich metali przy utrzymaniu częstotliwości w granicach, osiągalnych zapomocą zwykłego typu prądnic wielobiegunowych.

Poprzednie propozycje w tym kierunku nie dawały się urzeczywistnić w praktyce przeważnie wskutek braku należytego ujęcia kwestji, dotyczącej zależności między cechami konstrukcyjnymi, fizycznymi i elektrycznymi zarówno pieca, jak i obwodu prądu, oraz wskutek stosowania po większej części zbyt małych częstotliwości.

Typową konstrukcję pieca indukcyjnego, niezawierającego rdzenia żelaznego, przedstawia w sposób schematyczny fig. 1. Na rysunku tym M oznacza komorę pieca wypełnioną metalem, który ma być nagrzewany powstającymi w nim prądami indukcyjnymi. J oznacza uzwojenie wzbudzające w postaci jednowarstwowej cewki, któ-

rej zwoje wykonane są z płaskiego przewodnika, ułożonego napłask prostopadle do osi cewki, bądź o przekroju pełnym z chłodzeniem powietrznym, bądź też w postaci spłaszczonej rurki, przez którą przepływa woda. Zmienne napięcie doprowadza się do zacisków 13 i 14. Na figurze tej średnice oznaczone są w następujący sposób: średnica komory pieca, wypełnionej metalem topionym, oznaczona jest przez d ; średnica wewnętrzna cewki — przez D ; średnica zewnętrzna cewki — przez D_0 ; średnia średnica cewki — przez A . Dla ułatwienia promień komory pieca oznaczony jest przez B , zaś promień wewnętrzny cewki — przez C . Wysokość komory pieca oznaczona jest przez $H = H_1 A$, przyczem H_1 może być wielkością stałą dla serii pieców. Izolacja cieplna posiada pewną grubość h , zaś cewka — grubość t , która dla serii pieców równa jest At_1 , gdzie t_1 jest wielkością stałą.

Na fig. 2 są użyte te same oznaczenia, przyczem zamiast cewki przedstawiona jest tylko przestrzeń na cewkę, która może się składać z jednego tylko zwoju lub też dowolnej ilości zwojów i może być chłodzona zarówno wodą, jak i powietrzem.

Izolacja cieplna 15, która może jednocześnie służyć jako oparcie dla uzwojenia wzbudzającego, jest widoczna wewnątrz cewki, przyczem między nią i tygłem 17 jest pozostawiona przestrzeń powietrzna 16.

Cewka J może mieć dowolną liczbę zwojów n , które mogą być nawinięte w jednej warstwie i zajmować przestrzeń o wysokości H i grubości t .

Zmienny strumień magnetyczny, względnie zmienne pole wzbudza się wewnątrz cewki J . Jeżeli cewka jest pusta, to strumień ten zajmuje równomiernie całe wnętrze. Większa część tego strumienia przechodzi w naładowanym piecu przez komorę pieca M w kierunku, zbliżonym do kierunku osi cewki, część zaś strumienia płynie w tym samym kierunku, między tą ostatnią i

komorą M przez izolację. Tylko ta część strumienia magnetycznego, która przechodzi przez komorę M , może indukować w metalu topionym prądy elektryczne. Gdyby pole magnetyczne wewnątrz cewki było zupełnie jednostajne, to część strumienia magnetycznego, przechodząca przez M , równałaby się $\frac{s}{S}$, gdzie s oznacza przekrój ko-

mory M , wypełnionej metalem, wprowadzonym do pieca, S zaś — przekrój wewnętrzny całej cewki. Pole magnetyczne w pobliżu końca cewki rozszerza się, wskutek czego stosunkowa wielkość strumienia magnetycznego, przechodzącego przez komorę, jest

nieco mniejsza od $\frac{s}{S}$. Gdy długość cewki jest w przybliżeniu równa jej średnicy, to przy takich wymiarach względnych, jak na fig. 1, współczynnik sprzężenia cewki i ładunku (czyli stosunek strumienia, przechodzącego przez ładunek do strumienia, zawartego wewnątrz cewki) jest mniej więcej

równy $\frac{d^2}{D^2} \cdot 0,80$. W danym razie wynosi on

w przybliżeniu 62%. Gdy prąd w cewce J wzrasta od zera do najwyższej wartości, to strumień magnetyczny wywołuje w metalu, znajdującym się w komorze M , silne prądy elektryczne, które płyną przeważnie po kole i wytwarzają ciepło. Gęstość tych prądów jest największa na powierzchni i zmniejsza się w miarę oddalania się od powierzchni. Jeżeli metal topiony jest dobrym przewodnikiem i średnica komory jest dostatecznie duża, to gęstość prądu spada prawie do zera na pewnej odległości od osi i znaczna część energii strumienia magnetycznego przechodzi do ładunku pieca w postaci ciepła.

Stopień rozgrzania ładunku pieca przy określonej ilości amperozwojów cewki jest proporcjonalny do częstotliwości.

Ze wzrostem częstotliwości i przewodności materiału wzrasta dążność przepływających przez materiał prądów do zgęszczania się w bliskości obwodu komory M .

Przy dużej przewodności i małej średnicy komory należy stosować bardzo wielkie częstotliwości do zamiany energii elektromagnetycznej na energię cieplną na pewnej odległości od osi pieca. Przy próbach uruchomienia pieca zapomocą prądu o małej częstotliwości jego sprawność niezmiernie malała, z czego wyprowadzono wniosek, że osiągnięcie wysokiej temperatury przy nagrzewaniu metali niemagnetycznych zapomocą prądów małej częstotliwości bez zastosowania rdzeni transformatorowych nie jest możliwe. Pręt grafitowy o średnicy 25 mm wymaga przynajmniej 5000 okresów, podczas gdy w stopie o mniejszej oporności właściwej, jak np. mosiądz, przy niewiele większej średnicy, prawie cała energia pola magnetycznego już przy 500 lub nawet mniejszej ilości okresów zamienia się w energię cieplną, przyczem dla utrzymania takiego samego efektu grzejnego liczba amperozwojów uzwojenia wzbudzającego powinna być znacznie zwiększona. Przy większych prądach powinna więc cewka posiadać większy przekrój poprzeczny, gdyż inaczej strata mocy w cewce powiększy się. Duży przekrój poprzeczny może być otrzymany w ten sposób, że płaski szeroki przewodnik nawija się napłask, prostopadle do osi cewki.

Wraz ze wzrostem częstotliwości wzrasta koszt prądnic do wytwarzania prądu dużej częstotliwości i po przekroczeniu pewnej granicy koszt wzrasta o tyle, a jednocześnie sprawność spada o tyle, że wirujące wielobiegunowe prądnice nie nadają się do użycia.

Na fig. 3 przedstawiony jest częściowy przekrój przez bryłę o długości l i o grubości q . Bryła ta posiada powierzchnię zewnętrzną a — a o znacznej rozciągłości

w kierunku prostopadłym do powierzchni rysunku. Na prawo od powierzchni bryły znajduje się urządzenie do wytwarzania zmiennego pola magnetycznego, którego kierunek oznaczony jest linią a . Linie sił tego pola zmiennego przenikają do bryły M , co jest uwidocznione przez przerywane linie g' . Pole to traci swe natężenie w miarę posuwania się ku lewej stronie. Ponieważ pole jest zmienne, przeto w masie wzbudzają się prądy elektryczne o kierunku prostopadłym do powierzchni rysunku.

Gęstość prądu i wytwarzane ciepło maleją według określonego prawa w miarę posuwania się wгłęb bryły. Linie c i c' na fig. 4 wskazują zmniejszanie się prądu, względnie wartości i^2r w miarę coraz dalszego odsuwania się w lewo od powierzchni a — a na fig. 3.

Jeżeli na fig. 4 przeprowadzić pionową linię 2—4 w ten sposób, żeby powierzchnia ograniczona prostokątem 0—1—2—4—0 równała się powierzchni zakreskowanej, ograniczonej krzywą c , to szerokość 1—2 tego prostokąta określa tak zwana głębokość przenikania prądu do bryły M . Rzędne krzywej c przedstawiają gęstość prądu, a odcięte — odległości od powierzchni bryły, zaś powierzchnia zakreskowana przedstawia ogólny prąd indukowany.

Steinmetz w swoim dziele p. t. „Transient Electric Phenomena” w rozdziałach VI i VII (por. str. 383) wyjaśnia, że przy stosowaniu materiału niemagnetycznego „głębokość przenikania” można wyrazić wzorem:

$$l_p = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{N}} \dots (1),$$

gdzie ρ jest opornością właściwą materiału bryły, a N —częstotliwością indukowanego pola zmiennego.

Wzór ten dotyczy bryły o powierzchni płaskiej. Powierzchnia wklęśła zmniejsza, a powierzchnia wypukła zwiększa nieco tę

głębokość. Ponieważ najczęściej ma się do czynienia z walcami o niewielkiej średnicy, a więc z wypukłymi powierzchniami, to z dostateczną dokładnością można stosować wzór następujący:

$$l_p = 6000 \sqrt{\frac{\rho}{N}} \dots (2).$$

Z krzywej c (fig. 4) widać, że przy przesunięciu się wгłęb bryły na czterokrotną głębokość przenikania, wartość gęstości prądu staje się w przybliżeniu równą $1/20$ wartości początkowej, natomiast wytwarzane ciepło c' wynosi tylko $(1/20)^2 = 1/400$, tego, jakie było na powierzchni bryły. W praktyce przyjęto, że rzeczywiste przenikanie jest równe czterokrotnej „głębokości przenikania”. W każdym poszczególnym przypadku można wykonać poprawkę w zależności od danych warunków.

Wewnątrz bryły, na głębokości równej czterokrotnej „głębokości przenikania”, działanie grzejne prądu spada do niezmiernie małej wartości. Jeżeli przyjąć, że promień komory pieca ma być równy lub większy od czterokrotnej „głębokości przenikania”, to średnica komory d otrzymuje się w zależności:

$$d \geq 8 l_p = 48000 \sqrt{\frac{\rho}{N}}$$

albo w przybliżeniu

$$d \geq 5 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{\rho}{N}} \dots (3).$$

Np. dla roztopionego mosiądzu, którego oporność właściwa w przybliżeniu równa

się $40 \cdot 10^{-6} \Omega \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$, przy częstotliwości 360

okresów, średnica komory nie powinna być mniejsza od 16,7 cm.

Na fig. 1 uzwojenie wzbudzające posiada przekrój $H.t$ o długości H i grubości t . Część tego przekroju zajmuje miedz uzwo-

jenia, część — izolacja i wreszcie część — woda, powietrze lub inny środek chłodzący.

Jeżeli za przekrój uzwojenia wzbudzającego uważała całą powierzchnię $H.t$, to jego oporność właściwa równa się oporności

właściwej miedzi wynoszącej $2.10^{-6} \Omega \frac{cm^2}{cm}$

przy temperaturze roboczej, podzielonej przez stosunek powierzchni rzeczywiście zajmowanej przez miedź po powierzchni ogólnej $H.t$. Jeżeli dla prostoty przyjmujemy, że mniej więcej połowę poprzecznego przekroju zajmuje miedź, to oporność właściwa przewodnika dla całej powierzchni $H.t$ wy-

niesie $\rho = 4 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega cm^2}{cm}$.

Szerokość przestrzeni, zajętej przez uzwojenie wzbudzające, w stosunku do jego średnicy, może być w szerokich granicach swobodnie obierana i obiera się ją tak, ażeby straty $i^2 R$ w cewce stanowiły tylko małą część ogólnego poboru mocy pieca i wynosiły mniej więcej 10—20%. Stwierdzono, że takie straty będą wtedy, kiedy grubość t wynosi w przybliżeniu $\frac{1}{20}$ wewnętrznej średnicy cewki. Bez względu na obrane wielkości może być w piecach różnej skali zachowany z korzyścią ten sam stosunek między grubością przewodnika i średnicą cewki.

Stosunek między średnicą komory M i wewnętrzną średnicą uzwojenia wzbudzającego określa współczynnik sprzężenia, który z kolei wyznacza współczynnik mocy pieca. Ten stosunek winien być jak największy, jednak z zachowaniem dostatecznej grubości izolacji cieplnej. Powinno być również przewidziane miejsce dla ścianek tył-
 je, jeżeli nie jest on przewodnikiem.

Im wyższa jest temperatura, tem większa winna być przestrzeń izolacyjna. W normalnych warunkach w piecach o dużej średnicy przestrzeń ta nie potrzebuje być większa niż w piecach o mniejszej średnicy.

Dzięki temu, im większy jest piec, tem większy staje się stosunek między średnicą komory i wewnętrzną średnicą cewki, wskutek czego dla dużych pieców otrzymuje się lepsze sprzężenie, a więc lepszy współczynnik mocy.

Jeżeli stosunek $\frac{B}{C}$ równa się w przybli-

żeniu 0,80, to współczynnik sprzężenia wynosi w przybliżeniu 51%. Pożądane jest, żeby wysokość cewki indukcyjnej równała się w przybliżeniu jej średnicy.

Współczynnik sprzężenia równa się

zwykle mniej więcej $0,8 \frac{s}{S}$. Odchylenia od

tego zależą przeważnie od długości. Bez popełnienia dużego błędu można go okre-

ślić jako $\Phi = \frac{0.8 d^2}{D^2}$ i praktycznie wielkość

jego waha się pomiędzy 0,5 — 0,7.

Jeżeli uzwojenie wzbudzające posiada jeden zwój, to jego oporność wynosić będzie

$$r' = \frac{\pi A}{H.t} \rho' \dots (4),$$

przyczem dla ρ' została przyjęta wartość

$$\rho' = 4 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega cm^2}{cm}.$$

Jeżeli stosunek $\frac{A}{t}$ jest wartością stałą

$=K$ i jeżeli w przestrzeni $H.t$ mieści się n zwojów, to opór będzie n^2 razy większy, czyli

$$r' = \frac{\pi \cdot n^2 \rho' K}{H} \dots (5)$$

albo

$$r' = \alpha_1 \frac{n^2}{H} \dots (6)$$

przyczem α z odpowiednim wskaźnikiem będzie dalej stale używane do znaczenia współczynnika stałego.

Pusta cewka indukcyjna posiada indukcyjność własną $L = \alpha_2 n^2 D$.

Ponieważ $D = 5.10^4 \sqrt{\frac{\rho}{N}}$, czyli innemi

słowy $D = \alpha_3 \rho^{\frac{1}{2}} N^{\frac{1}{2}}$, przeto pożądanę jest, żeby D zmieniało się w stosunku wprost proporcjonalnym do pierwiastka kwadratowego z oporności właściwej metalu i odwrotnie proporcjonalnym do pierwiastka kwadratowego z zastosowanej częstotliwości.

Z ostatniego wzoru wynika, że $N = \alpha_3 \frac{\rho}{D^2}$.

Oporność urojona pustej cewki $X = 2 \pi N L$,

skąd wynika, że $X = \alpha_4 \rho \frac{L}{D^2}$, a ponieważ

$L = \alpha_2 n^2 D$, przeto

$$X = \alpha_5 \frac{n^2 \rho}{D} \quad (7).$$

Oporność indukcyjna pustej cewki zmienia się w stosunku wprost proporcjonalnym do oporności właściwej ładunku i odwrotnie proporcjonalnie do jego średnicy lub innych liniowych wymiarów.

Jeżeli przemiana energii elektromagnetycznej w energię cieplną w piecu jest prawie całkowita, to pobór mocy wynosi w przybliżeniu: $P = 2 \Phi N W_1 = \Phi L N I^2$, przyczem $W_1 = \frac{1}{2} L I^2$ jest energią, którą prąd rozwija każdorazowo, wzrastając od zera od wartości maksymalnej I .

Jeżeli prąd zmienny ma postać sinusoidalną i i jest jego wartością skuteczną, to $I^2 = 2 i^2$ oraz $P = 2 \Phi L N i^2$. Ponieważ $X = 2 \pi N L$, to z wystarczającą dokładnością można powiedzieć, że przyjęta przez masę w cewce moc jest równa:

$$P = \frac{\Phi X i^2}{\pi} \quad (8),$$

co zależne jest od zachowania stosunku (3).

Przez połączenie równań (7) i (8) otrzymuje się

$$P = \alpha_6 \frac{\Phi \cdot \rho}{D} (ni)^2 \quad (9).$$

Ilość amperozwojów (ni) znajduje się przeto w zależności od pobieranej mocy, a n — od istniejącego napięcia.

Ponieważ $P = E \cdot i \cdot F$, przyczem F jest współczynnikiem mocy, przeto można określić stopień ogrzania ze współczynnika mocy, jeżeli E oraz i są wiadome.

Jeżeli ładunek pieca jest niemagnetyczny, to przy współczynniku mocy F i współczynniku sprzężenia Φ będzie w przybliżeniu

$$F = \frac{0.45 \Phi}{\sqrt{\Phi^4 + 2 - 2 \Phi^2}} \quad (10).$$

Jak widać stąd, F zależy wyłącznie od sprzężenia. Jeżeli Φ równa się jedności, to $F = 0.45$; jeżeli zaś $\Phi = 0$, to i $F = 0$.

Sprawność elektryczna $\eta_{el.} = \frac{P}{P + i^2 2 R}$

Sprawność elektryczna może być uważana za jednakową w przybliżeniu w piecach różnej wielkości przy zachowaniu powyżej wyszczególnionych założeń, gdyż P , a także

$i^2 R$ zmieniają się proporcjonalnie do $\frac{(ni)^2}{D}$.

Korygowanie współczynnika mocy wykonywa się zapomocą statycznych kondensatorów, włączonych szeregowo z cewką przy niskim napięciu albo, co jest korzystniejsze, włączonych bocznikowo z cewką wzbudzającą pieca. Zwykła prądnica wielobiegunowa G , zasilająca piec prądem wielkiej częstotliwości, oddaje wtedy swój prąd w fazie z napięciem. Prądnica winna dostarczać jedynie mocną składową, bezmocną zaś składową prądu dostarczając kondensa-

tory. Moc prądnicy powinna być tylko nieco większa od poboru mocy przez piec.

Na rysunkach na fig. 5 — 8 przedstawione są z wielu możliwych cztery różne odpowiednie sposoby włączania kondensatora w obwód. Fig. 5 i 6 przedstawiają ogólną formę bocznikowego i szeregowego włączenia kondensatora c w obwód, zawierający prądnicę G i cewkę indukcyjną 18 . Cewka w przedstawionym przykładzie podczas działania pieca posiada opór indukcyjny X i opór rzeczywisty R .

Fig. 7 i 8 przedstawiają bocznikowe i szeregowo włączenie kondensatora, chociaż pojemność nie jest tutaj bezpośrednio włączona do obwodu, lecz włączona indukcyjnie zapomocą transformatorów 19 , których uzwojenia pierwotne 20 włączone są równolegle lub szeregowo względem cewki 18 , a których uzwojenia wtórne są połączone w szereg z pojemnością C' .

Prądnice prądu zmiennego budowane są według mocy w kVA , przyczem ich koszty na jednostkę mocy raptownie zwiększają się, gdy częstotliwość przekroczy pewną granicę. Z drugiej zaś strony koszty budowy kondensatorów na CE^2 , a więc i na kVA zmniejszają się ze wzrostem częstotliwości. Tę zmienność kosztów instalacyjnych przedstawiają krzywe 21 i 22 na fig. 12, krzywa 23 na tejże figurze wskazuje sumę tych dwóch krzywych, t. j. przedstawia wielkość kosztów instalacji prądnicy i kondensatora przy danej wielkości instalacji. Dla każdej poszczególnej instalacji koszty te muszą być oddzielnie obliczane.

Krzywa 23 w swej najniższej części jest prawie płaska i wynalazek ma na celu, dla osiągnięcia możliwie najniższych kosztów połączonej instalacji prądnicy z kondensatorem, wybór częstotliwości, odpowiadającej dolnym wartościom tej krzywej. Wybór jest możliwy w pewnych granicach, zależnie od tego, czy chodzi o możliwie dużą czy też możliwie małą częstotliwość.

Przedstawiona krzywa została opracowana dla równoległego włączenia kondensatora. Uległaby ona zmianie przy zastosowaniu innych niż kondensatory środków otrzymania ujemnej oporności urojonej. Także i inne czynniki, jak zmieniające się koszty materiału, ulepszenia w konstrukcji i sposobach wykonania zmieniają dla każdego poszczególnego przypadku kształt tych trzech krzywych.

Można dowiedzieć, że moc kondensatora w kVA , potrzebna do podniesienia współczynnika mocy na zaciskach do 100% przy bocznikowym włączeniu kondensatora, jest

$$\text{równa: } KVA = \frac{W\sqrt{1-F^2}}{F}, \text{ gdzie } W \text{ oznacza}$$

moc, doprowadzoną do pieca, a F — współczynnik mocy.

Koszt kondensatora przeto wynosi:

$$S_c = K \frac{W\sqrt{1-F^2}}{F},$$

przyczem K jest wielkością stałą.

Strata i^2R wewnątrz uzwojenia wzbudzającego na jednostkę jego objętości będzie proporcjonalna do $A^{-4} \cdot (ni)^2$, co zresztą może być łatwo sprawdzone. Można również dowiedzieć, że jeżeli pracują podobne pod względem geometrycznym piece o jednakowych wartościach $A^{-4} \cdot (ni)^2$, (ściśle mówiąc, przy pełnym obciążeniu), to zarówno intensywność grzania, jak i stosunek oporności urojonej do oporności rzeczywistej są proporcjonalne do iloczynu A^2N . Intensywność grzania określona jest tutaj jako moc, która przemienia się na ciepło w każdej jednostce objętości ładunku.

W piecach, które pracują przy jednakowych wartościach $A^{-4} \cdot (ni)^2$ w warunkach doprowadzających do jednakowych wartości A^2N , ciepło musi przenikać do ładunków pieców z jednakową intensywnością. Mały piec, pracujący przy częstotliwości 50 000 okresów, winien działać tak samo, jak piec

o dziesięciokrotnie większej średnicy i częstotliwości 500 okresów, przyczem ładunek i wymagana moc dla większego pieca jest w przybliżeniu 1000 razy większa, niż dla małego. Piece te powinny posiadać jednakową sprawność i jednakową intensywność grzania.

W razie puszczania małego pieca w ruch przy 500 okresach prąd, ograniczony tutaj przez dopuszczalne obciążenie cewki, pozostałby bez zmiany i strata ciepła w uzwojeniu wzbudzającym miałyby mniej więcej tę samą wartość, jak przy 50 000 okresach, natomiast ciepło, oddawane ładunkowi pieca, jeżeli można byłoby zachować ten sam współczynnik mocy, spadłoby do 1% swej poprzedniej wartości.

Z dwóch powyżej wspomnianych pieców — większy może prędzej rozgrzać ładunek, pracować z wystarczającą sprawnością przy niższych częstotliwościach i nawet osiągnąć wyższe temperatury przy większej różnorodności materiałów o rozmaitej oporności. Przy jednakowych temperaturach większy piec wykazuje mniejsze straty wskutek promieniowania na jednostkę objętości od pieca mniejszego. Przy jednakowym napięciu mniejszy piec powinien mieć więcej zwojów i większą częstotliwość, niż piec duży.

Dla jednakowych wartości $A^{-1} \cdot (\pi i)^2$ i $A^2 N$ częstotliwość zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu promienia. Przy jednakowej intensywności doprowadzonego ciepła i jednakowej sprawności wartości E/An są równe. Przez odpowiedni dobór liczby zwojów można przeto odpowiednio dobrać dogodne napięcie.

Jednakże wielkości pieca nie można powiększać bez granic.

Wynalazek nadaje się do przetwarzania energii bez zastosowania żelaza transformatorowego. Oczywiście, naczynie, będące przewodnikiem elektryczności, jak np. tygiel, może służyć za ładunek pieca.

Aczkolwiek pożądane jest nie stosować

transformatorów napięcia i częstotliwości, to jednakże trzeba zauważyć, że w razie konieczności, napięcie może być podniesione zapomocą jednego, częstotliwość zapomocą drugiego urządzenia, przyczem w obydwóch przypadkach powstają pewne straty energii.

Na fig. 9 i 10 przedstawione są uzwojenia z płaskiego przewodnika, nawiniętego napłask prostopadle do osi cewek, z których pierwsze są chłodzone wodą, drugie — powietrzem. Oba rodzaje posiadają swe zalety. Cewka chłodzona wodą posiada niską temperaturę wskutek szybkiego i niezawodnego odprowadzania ciepła, natomiast cewka z ochładzaniem powietrznem ma tę zaletę, że jest prostej konstrukcji i że przy stosowaniu takiej cewki niema obawy o przedostanie się wody do pieca.

W obu przypadkach każdy z poszczególnych zwojów 24, 24' jest wykonany w postaci kilku równolegle połączonych przewodników tak, że jeden „zwój” zajmuje znaczną długość powierzchni pieca, równoległą do jego osi, przyczem chłodzenie odbywa się zupełnie prawidłowo. W przedstawionym przypadku każdy zwój składa się z trzech przewodników. Taki układ jest bardzo odpowiedni w tych przypadkach, gdy konstrukcja wymaga niedużej liczby zwojów. Na fig. 9 liczba 25 oznacza przewody do dopływu, a 26 — do odpływu wody. Jeden lub też obydwa te przewody mogą służyć do elektrycznych połączeń, jak przy 25', 26'. Na fig. 9 przedstawione jest uzwojenie z obydwóch stron, a na fig. 10 — z jednej strony.

Przewodniki, tworzące poszczególne zwójce, nie wymagają pomiędzy sobą izolacji, natomiast każdy zwój jest izolowany od drugiego, zapomocą warstw materiału izolacyjnego 27, 27'. W obydwóch przykładach wykonania zastosowana jest izolacyjna rura 15, zabezpieczająca te urządzenia przed szkodliwym działaniem żaru pieca i służąca jednocześnie do umocowania cewki.

Według fig. 11 uzwojenie może być podzielone na dowolną ilość cewek, w danym przypadku — na dwie, połączone równolegle. Całkowite obciążenie rozkłada się na obie cewki, a większa lub mniejsza nierównomierność tego przykładu zależy od rozproszenia ich strumieni magnetycznych.

Oporność uzwojenia wzbudzającego, która dotychczas była uważana za wielkość stałą, zmienia się nieco wraz z częstotliwością i w znacznym stopniu ze wzrostem temperatury.

Stwierdzono, że dolną granicę częstotliwości, dostatecznej do rozżarzenia takich materiałów, jak miedź i mosiądz, można w przybliżeniu określić na 360 okresów i, że niema dużego zwiększenia kosztów prądnicy i kondensatora aż do 500 okresów, które można wytwarzać w zwykłych wirujących wielobiegunowych prądnicach prądu zmiennego bez użycia transformatorów częstotliwości. Napięcia, potrzebne do tych pieców, leżą w granicach tych napięć, jakie można otrzymać przy pomocy takich prądnic bez użycia transformatorów napięcia.

Tam, gdzie była mowa, że cewka pieca jest zasilana przez prądnicę, należy zrozumieć nie tylko bezpośredni dopływ prądu z prądnicy, ale i dopływ tego prądu za pośrednictwem transformatorów napięcia lub częstotliwości.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Piec indukcyjny na wysokie temperatury, niezawierający żelaza transformatorowego i zasilany prądem o częstotliwości, która może być wytwarzana w zwykłych wirujących prądnicach wielobiegunowych, znamieny tem, że wymiary komory pieca, oporność właściwa ładunku pieca i częstotliwość prądu są wzajemnie dobrane w ten sposób, że w zasadzie przetwarzanie energii elektromagnetycznej na ciepło odbywa się zdala od środkowej osi pionowej ładunku.

2. Piec według zastrz. 1, znamieny tem, że uzwojenie wzbudzające składa się z kilku cewek, umieszczonych jedna nad drugą wzdłuż komory pieca i połączonych równolegle.

3. Piec według zastrz. 1 i 2, znamieny tem, że każdy oddzielny zwój cewki, zajmujący znaczną długość w kierunku osi pionowej ładunku, jest wykonany z kilku płaskich przewodników, połączonych równolegle, zwiniętych napłask prostopadle do osi cewki, które ochładzają się oddzielnie i których przekrój ma w kierunku promienia większy wymiar, niż w kierunku osi pieca.

4. Piec według zastrz. 1 — 3, znamieny tem, że wewnętrzna średnica uzwojenia wzbudzającego jest nie mniejsza od ośmiokrotnej i nie większa od dwudziestokrotnej szerokości tego uzwojenia w kierunku promienia pieca.

5. Piec według zastrz. 1 — 4, w którym zwoje cewek są wykonane z przewodników wewnątrz pustych i posiadają dodatkowe chłodzenie zapomocą przepływającej przez nie wody, znamieny tem, że woda ochładzająca jest doprowadzana do poszczególnych części cewki indukcyjnej równolegle.

6. Piec według zastrz. 1 — 5, znamieny tem, że cewka ma jedną warstwę zwojów i że pomiędzy średnicą niemagnetycznego przewodzącego ładunku d (w centy-

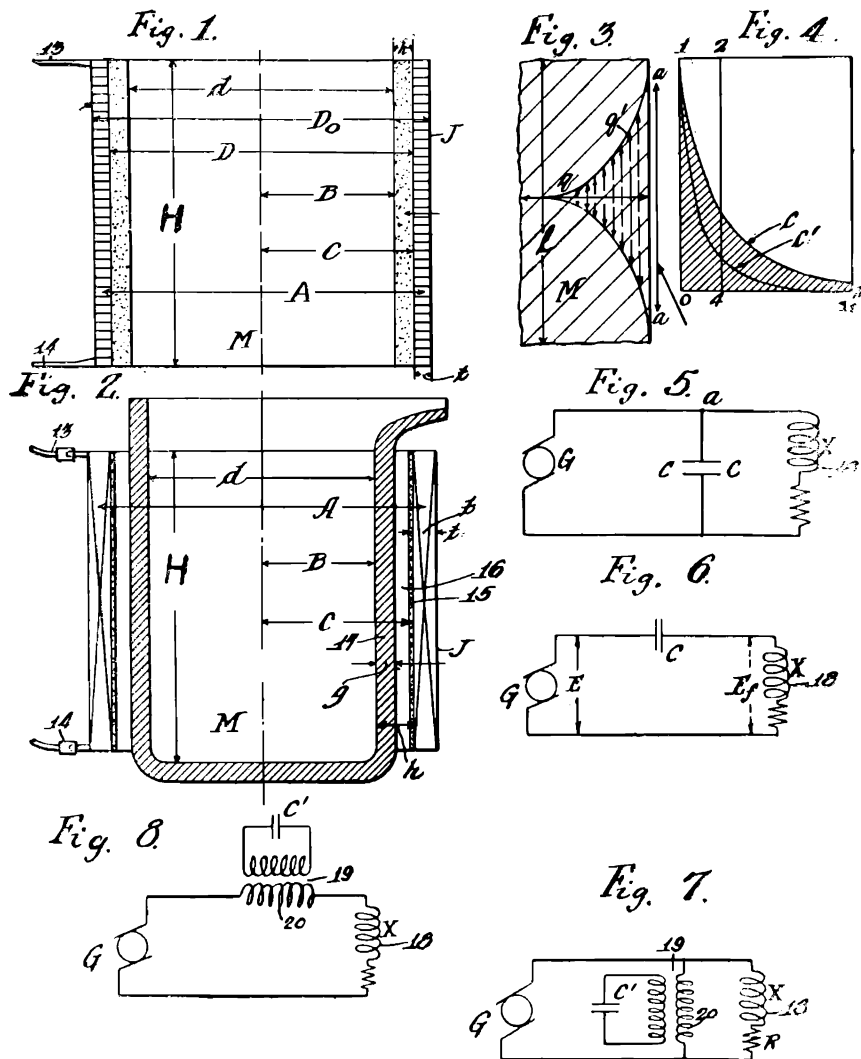
metrach) i opornością właściwą ρ (w $\Omega \frac{cm^2}{cm}$)

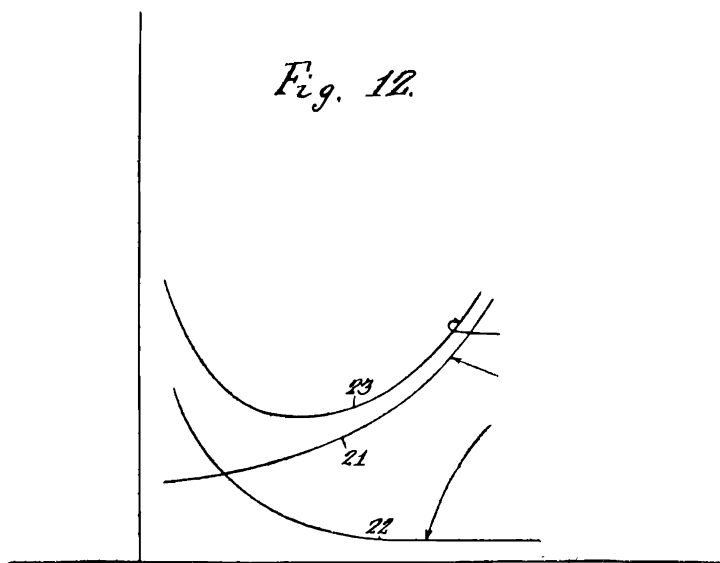
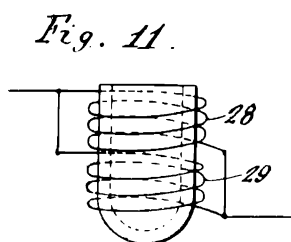
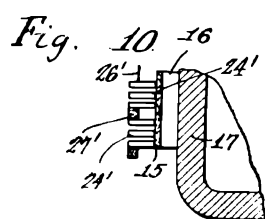
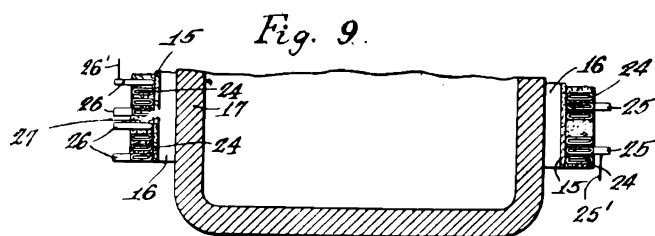
tego ładunku oraz częstotliwością prądu N (okresów na sekundę) istnieje stosunek

$$D = 50\,000 \sqrt{\frac{\rho}{N}}.$$

Ajax Electrothermic
Corporation.

Zastępca: M. Brokman,
rzecznik patentowy.





UZUPEŁNIENIE

do opisu patentowego nr 11833 (kl. 21 h, 18).

Orzeczeniem Wydziału Odwoławczego z dnia 24 lutego i 3 marca 1938 r. nr Odw. 2327/37 patent został unieważniony w części przez skreślenie zastrzeżeń patentowych 1, 2, 3, 5 i nadanie zastrzeżeniom pozostałym porządku i brzmienia następującego:

1. Piec indukcyjny na wysokie temperatury, nie zawierający żelaza transformatorowego i zasilany prądem o częstotliwości, która może być wytwarzana w zwykłych wirujących prądnicach wielobiegunowych, oraz zaopatrzony w cewkę o jednej warstwie zwojów, znamienny tym, że pomiędzy średnicą niemagnetycznego przewodzącego ładunku d (w centymetrach), opornością właściwą ρ (w $\Omega \frac{cm^2}{cm}$) tego ładunku oraz częstotli-

wością prądu N (okresów na sekundę) istnieje stosunek $d = 50\,000 \sqrt{\frac{\rho}{N}}$.

2. Piec według zastrz. 1, znamienny tym, że wewnętrzna średnica uzwojenia wzbudzającego jest nie mniejsza od ośmiokrotnej i nie większa od dwudziestokrotnej szerokości tego uzwojenia w kierunku promienia pieca.

