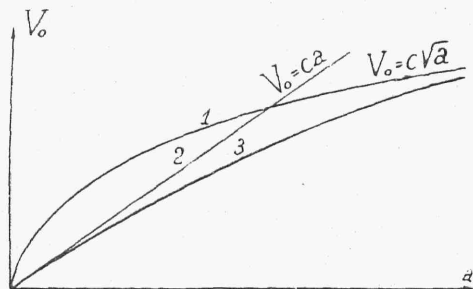


Z powyższych teorii widać, jak duży wpływ na wytrzymałość materiałów izolacyjnych stałych ma ogrzewanie się, względnie stopień odprowadzania



Rys. 29.

ciepła, powstałego skutkiem strat w dielektryku. Stąd pochodzą różne wartości, otrzymywane w pozornie tych samych warunkach. Jasnym też jest, że wielkość strat w dielektryku może być oceną dobroci i wytrzymałości materiału. Nowoczesną tendencją jest określanie dobroci wyrobu nie tylko jego wytrzymałością na przebicie, ale i wielkością strat, czyli stratnością dielektryczną, która wyraża się w W/cm^3 .

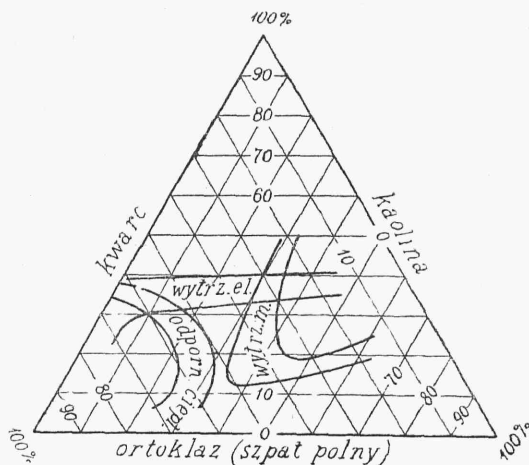
4. Porcelana.

Najbardziej rozpowszechnionym i najważniejszym materiałem izolacyjnym w technice wysokich napięć jest porcelana, używana do wyrobu wszelkiego rodzaju izolatorów.

Porcelana izolatorowa, t. zw. porcelana twarda, jest to mieszanina $\frac{2}{4}$ kaoliny, $\frac{1}{4}$ krzemu i $\frac{1}{4}$ szpatu polnego (ortoklaz), którą się wypala w specjalnych piecach. Kaolina jest to związek krzemo-aluminowy ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), topliwy przy temperaturze 1200 do 1800° C. Przez dodanie łatwiej topliwego szpatu (punkt topliw. ok. 1200° C) otrzymuje się materiał, który daje się dobrze formować i wypalać już przy temperaturze 1400 ÷ 1500° C. Kwarc ma topliwość podobną, — w temperaturze wypalania nie topi się więc, lecz tylko zostaje częściowo rozpuszczony przez roztopiony szpat tak, jak koałina.

Kaolina daje porcelanie przed jej wypaleniem potrzebną plastyczność, a następnie odporność na wpływy termiczne; kwarc — daje należyłą wytrzymałość mechaniczną, stanowiąc niejako szkielet porcelany; wreszcie szpat jest czynnikiem, łączącym oba tamte, i daje porcelanie spistość i wy-

trzymałość elektryczną. Zależnie od procentowego składu tych trzech czynników w masie porcelanowej, otrzymujemy materiał w różnym stopniu odporny na wpływy elektryczne, mechaniczne i cieplne. Osiągnięcie optimum wytrzymałości pod każdym względem jest niemożliwe, trzeba się decydować na jeden, względnie dwa warunki, pomijając trzeci. Zależnie od potrzeby, dobiera się odpowiedni stosunek procentowy tych składników na podstawie specjalne-



Rys. 30.

go wykresu trójkąтового układu 3-ch osi współrzędnych, który uzmysławia bardzo przejrzyście własności porcelany (Rys. 30). Każdy punkt wewnątrz trójkąta jest określony trzema współrzędnymi, odpowiadającymi procentowemu stosunkowi ortoklazu, kaoliny i kwarcu w masie porcelanowej. Krzywe, podane w tym układzie, określają granice tego procentowego składu, który należy zastosować, aby uzyskać odpowiednie własności wytrzymałości elektrycznej, mechanicznej i cieplnej. Widać z tego, że wymagania najlepszych własności są sprzeczne tak, że trzeba wybierać między nimi stosownie do przeznaczenia materiału. Optimum tych własności jest zawarte między temi trzema krzywymi, co odpowiada mniej więcej składowi 40 — 50% kaoliny, 25 — 30% ortoklazu i ok. 25% kwarcu.

Masa, służąca do wyrobu izolatorów porcelanowych, składa się więc, jak wyżej powiedziano, z trzech głównych składników: kaoliny, kwarcu i ortoklazu, tworzących mieszaninę doskonale sproszkowaną. Roz-

robiwszy ją wodą na rzadko, przepuszcza się ją obok magnesów, celem wyłowienia cząstek żelaza, i przez sita, celem usunięcia grudek i zanieczyszczeń, poczem za pomocą pras wyciska się wodę i robi masę, która, po odleżeniu pewnego czasu w piwnicy, podczas czego odbywają się procesy rozkładowe, staje się plastyczną. Masę taką poddaje się działaniu specjalnych maszyn gniotących, mających na celu usunięcie powietrza.

Kształt nadaje się izolatorowi albo tocząc go za pomocą szablonu na obracającej się tarczy garncarskiej, albo odlewając w gipsowych formach, po uprzednim rozrobieniu masy wodą. Pierwszy sposób daje przedmiotom większą wytrzymałość, bo przez ściskanie masy staje się ona bardziej spoistą.

Drobniejsze przedmioty porcelanowe można wyciskać za pomocą pras.

Uformowane izolatory suszy się powoli i równomiernie, poczem pociąga się je polewą i wstawia do specjalnego pieca, tunelowego lub pierścieniowego, gdzie się je wypala przy temperaturze 1400—1500° C, ogrzewając stopniowo przez 25 — 30 godzin, a potem ostudzając przez dalsze 30 — 40 godzin. Cały proces wypalania trwa więc 50 — 70 godzin. W piecach stoją przedmioty na trzonach szamotowych. Po wystudzeniu czyści się je i segreguje.

Przedmioty porcelanowe zmniejszają objętość przez wypalenie około 20%. Różnice wymiarów o $\pm 5\%$ są nie do uniknięcia — wobec tego są dopuszczalne w/g przepisów.

Staranność wyrobu i wypalania jest pierwszorzędnym czynnikiem, warunkującym dobroć izolatora. Fabryki mają tu swe sposoby wypróbowane, których zazdrośnie strzegą. Jako najważniejsze warunki stawiane pod tym względem są: delikatne zmielenie składników i dokładne ich zmieszanie z sobą; staranne modelowanie izolatora, aby uniknąć pór powietrznych, szczelin, szwów, gdyż na wytrzymałość porcelany ma wielki wpływ jej spoistość i jednolitość; powolne suszenie wyrobionego przedmiotu, aby uniknąć naprężeń wewnętrznych. Jednak najważniejszym procesem jest wypalanie porcelany przy właściwej temperaturze (1400 — 1500° C), najlepiej w piecach tunelowych. Za niska temperatura powoduje to, że porcelana jest za mało gęsta i wytrzymała. Przy temperaturze zbyt wysokiej masa staje się w piecu zbyt miękka i przedmiot może się zdeformować, a porcela-

na tak wypalona jest bardzo krucha. Studzenie, jak i ogrzewanie, musi być również bardzo powolne, aby znowu nie dopuścić do naprężeń wewnętrznych, a przez to do rys, częstokroć mikroskopijnie małych. Ażeby się przedmiot jednostajnie w całej masie ostudzał, należy unikać nadmiernych zgrubień. Przedmioty cieńsze wykazują większą wytrzymałość mechaniczną, niż uformowane niejednolicie. Nowoczesna technika izolatorowa przepisuje, aby izolatory nie miały w żadnym miejscu ścianki grubszej niż 20 do 25 mm (z wyjątkiem izolatorów o podwójnym kołpaku, które mają trzon specjalnie gruby; o tem później).

Ażeby porcelanę uczynić bardziej odporną na wpływy zewnętrzne, pokrywa się ją polewą, t. j. szklistą masą porcelanową z dodatkiem kredy, magnezji i potasu, posiadającą niższy punkt topliwości niż porcelana. Polewa musi dokładnie przylegać do porcelany i mieć ten sam współczynnik rozszerzalności, bo inaczej popęka i odpadnie po ostudzeniu. Chroni ona izolator od osadzania się na nim brudu, dymu i t. p., przez co z czasem powierzchnia izolatora mogłaby się stać przewodzącą. Wpływy atmosferyczne także mniej dają się we znaki izolatorom polewanym, niż bez polewy.

Własności mechaniczne porcelany.

Ciężkość właściwa — $2,3 \div 2,4$.

Wydłużalność — różna, zależnie od składu i wypalenia, wynosi ok. $4 \div 6 \cdot 10^{-6}$.

Twardość — $7 \div 8$.

Współczynnik sprężystości — $680\,000 \div 780\,000 \text{ kg/cm}^2$.

Wytrzymałość na ściskanie — bardzo duża, zwłaszcza przy małych próbkach; średnio można przyjąć $1000 \div 4000 \text{ kg/cm}^2$, zmniejsza się ona z rosnącym przekrojem próbki.

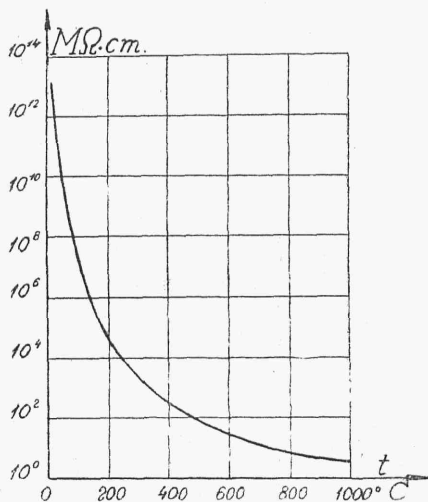
Wytrzymałość na rozciąganie — również bardzo rozmaita, zależnie od próbki. Jakkolwiek w stosunku do poprzedniej — mała, to jednak naogół znacznie większa, niż początkowo przyjmowano, tak że nadaje się do konstrukcji izolatorowych, pracujących na rozciąganie; wynosi $200 \div 250 \text{ kg/cm}^2$.

Wytrzymałość na zginanie — zależy bardzo od kształtu i wymiarów próbki i wynosi $400 \div 450 \text{ kg/cm}^2$.

Obrabialność — bardzo mała; porcelany prawie się nie obrabia.

Porowatość zależy od wyrobu; dobrze wypalona porcelana nie powinna wykazywać porowatości, a więc wchłaniać wody; porcelana zaś wypalona niestarannie jest higroskopijna.

Odporność na ciepło. Przy temperaturze powyżej 600°C zaczyna porcelana mięknąć, przy 950° części polewane mogą do siebie przyłgnąć; iskra nie pozostawia na niej śladów, natomiast płomień dłużej trwającego łuku świetlnego, może uszko-



Rys. 31.

dzić izolator, względnie jego polewę. W oleju natomiast łuk wżera się w powierzchnię izolatora, bo olej utrudnia mu przejście. Ważną jest odporność na nagłe zmiany temperatury; porcelana powinna wytrzymać nagłe przeskoki ($50 \div 75^{\circ}\text{C}$) bez najmniejszych rys lub pęknięć.

Odporność na mróz — o ile woda nie wsiąka — zupełna.

Odporność na kwasy — bardzo duża; normalnie, izolatory porcelanowe nie poddają się wpływom atmosferycznym, oparom, wyziewom.

Własności elektryczne porcelany.

Oporność właściwa porcelany — bardzo duża, rzędu $10^{14} - 10^{15} \Omega/cm$ przy normalnej temperaturze; spada ona znacznie z rosnącą temperaturą. (Rys. 31). Wobec oporności powierzchniowej można ją w normalnych warunkach pominąć.

Oporność powierzchniowa zależy

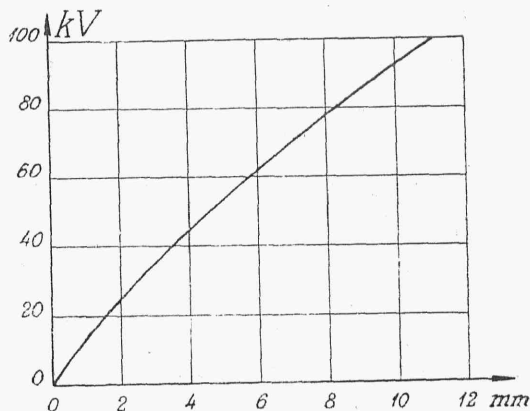
bardzo od wilgotności powietrza i stanu samej powierzchni; np. oporność mierząca dwa miliony $M\Omega$ przy 40% wilgotności, opadła na 100 $M\Omega$ przy 100%. Izolatory czyste po zmoczeniu deszczem i wyschnięciu osiągają z powrotem swe pierwotne wartości prędkiej, niż zabrudzone.

Stała dielektryczna — $5,5 \div 6$.

Stratność dielektryczna — znikomoma; kąt stratności ok. 1° . Straty upływowe izolatorów zależą od stanu atmosfery i opadów; wynoszą np. dla izolatora stojącego przy 6 kV:

| | |
|--------------------|------------|
| w suchem powietrzu | ok. 0,05 W |
| we mgle | ok. 0,20 W |
| w deszczu | ok. 1,0 W |
| w ulewę | ok. 2,0 W |

a więc wogóle są tak małe, że można ich nie uwzględniać przy obliczaniu strat w linii.



Rys. 32.

Wytrzymałość na przebicie. Dane zależą bardzo od kształtu elektrod i próbki, od czasu trwania naprężenia, kształtu krzywej napięcia, szybkości podnoszenia napięcia przy próbie i t. d. Wytrzymałość zależy też bardzo od jej składu i procesu wypalania. Wartości otrzymane przez różnych badaczy, różnią się bardzo. Według Scheringa *) zależność napięcia przebicia od grubości płytki wyraża się, jak na Rys. 32. Zgrubsza można przyjąć ok. 80—100 kV dla płytki 10 mm, a ok. $20 \div 25$ kV dla 2 mm. W technice wysokich napięć ważniejsza jest wytrzymałość gotowych izolatorów, niż samego materiału.

*) Schering. Isoliermittel der Elektrotechnik, 1924.