

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

O pewnych zagadnieniach z dziedziny przewodzenia ciepła, nap. Dr. Inż. Bolesław Szczeniowski.

Doświadczenia nad wpływem niskiej temperatury na wiązanie i twardnienie betonu, nap. Inż. W. Pogany, Kraków.

Zagadnienia wyzyskania sił wodnych. Referaty złożone na II Wszeczeświatową Konferencję Energetyczną w czerwcu r.b., (dok.) nap. Inż. H. Herbich.

Przegląd pism technicznych.

Bibliografia.

SOMMAIRE:

Quelques problèmes de la conductibilité thermique (à suivre), par M. B. Szczeniowski, Dr., Ingénieur.

Essais relatifs à l'influence de basse température sur la résistance du béton, par M. W. Pogany, Ingénieur.

Problèmes de l'utilisation de l'énergie hydraulique d'après les rapports soumis à la Conférence Mondiale de l'Energie, Berlin 1930 (suite et fin), par M. H. Herbich, Ingénieur.

Revue documentaire.

Bibliographie.

O pewnych zagadnieniach z dziedziny przewodzenia ciepła.

Napisał Dr. Inż. Bolesław Szczeniowski.

W pracy niniejszej podaję przedewszystkiem rozwiązanie jednowymiarowego zagadnienia płyty między dwoma ośrodkami nieskończonemi¹⁾, w założeniu, że początkowe temperatury płyty i obu ośrodków są jednostajne, a różnią się jedynie od siebie o stałe wielkości. W dalszym ciągu przerabiam zagadnienie analogiczne, ale w założeniu linjowego rozkładu temperatur w płycie środkowej w chwili początkowej.

Wspomniana druga część pracy ma na celu przygotowanie teoretyczne do traktowania zagadnień podobnych, lecz o założeniach bardziej zbliżonych do warunków, które w praktyce rzeczywistości mogą mieć miejsce. Ponieważ oddzielenie niewiadomych funkcji w przytoczonych poniżej układach równań całkowych, doprowadzenie tych równań do typów znanych w analizie matematycznej oraz ostateczne rozwiązanie metodą kolejnych iteracji wymaga stosowania szeregu pewnego typu całek określonych dotychczas nieznanymi, przeto w celu uzyskania większej przejrzystości w toku samych rozważań, zgrupowałem wszystkie potrzebne do tych rozważań całki w paragrafie pierwszym.

§ 1. Kilka całek określonych, znajdujących zastosowanie w teorii przewodzenia

ciepła. Przedewszystkiem formułujemy tak zw. całkę błędów Gauss'a, jako:

$$\Theta(\beta) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\beta} e^{-a^2} da \quad \dots \quad (1)$$

i uważamy ją za znaną²⁾.

Wynika stąd bezpośrednio, że np.:

$$\frac{n}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{n^2}{\vartheta}}}{\vartheta^{3/2}} d\vartheta = 1 - \Theta\left(\frac{n}{\sqrt{\tau}}\right), \quad \dots \quad (2)$$

albo

$$\frac{n}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta = 1 - \Theta\left(\frac{n}{\sqrt{\tau}}\right), \quad \dots \quad (3)$$

przytem $n > 0$.

Weźmy teraz całkę

$$\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{n^2}{\vartheta}}}{\sqrt{\vartheta}} d\vartheta$$

i zcałkujemy ją przez części, oznaczając $\frac{d\vartheta}{2\sqrt{\vartheta}} = dV$,

¹⁾ Sformułowanie tego zagadnienia patrz: B. Szczeniowski. Nowa metoda wyznaczania przewodności cieplnej materiałów izolacyjnych (dySSERTacja). Nakładem Akademii Nauk Technicznych. Streszczenie tej rozprawy podałem w Nr. 2 „Przeglądu Technicznego” (str. 25) z roku bież. (1930).

²⁾ Wartości liczbowe tej funkcji podawane są w zbiorach tabel, np.: Jahnke i Emden. Funktionentafeln, 1909, str. 31.

to otrzymamy:

$$\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{n^2}{\vartheta}}}{\sqrt{\vartheta}} d\vartheta = \frac{\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{n^2}{\tau}} - n \left[1 - \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau}} \right) \right]; \quad (4)$$

podobnie, zamieniając τ na $(\tau - \vartheta)$, otrzymamy:

$$\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta = \frac{\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{n^2}{\tau}} - n \left[1 - \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau}} \right) \right], \quad (5)$$

przytem $n \geq 0$.

W dalszym ciągu weźmy pod uwagę całkę:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\vartheta^{3/2} (\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta = \frac{1}{\tau^2 \sqrt{\pi}} \int_0^1 \frac{e^{-\frac{1}{\tau} \left(\frac{m^2}{\alpha} + \frac{n^2}{1-\alpha} \right)}}{\alpha^{3/2} (1-\alpha)^{3/2}} d\alpha.$$

Całkę tę rozkładamy na dwie całki następujące:

$$\frac{(m+n)e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}}{2mn\tau^2\sqrt{\pi}} \int_0^1 \frac{[m-(m-n)\alpha] e^{-\frac{1}{\tau} \frac{[m-(m-n)\alpha]^2}{\alpha(1-\alpha)}}}{\alpha^{3/2} (1-\alpha)^{3/2}} d\alpha - \frac{(m-n)e^{-\frac{(m-n)^2}{\tau}}}{2mn\tau^2\sqrt{\pi}} \int_0^1 \frac{[m-(m+n)\alpha] e^{-\frac{1}{\tau} \frac{[m-(m+n)\alpha]^2}{\alpha(1-\alpha)}}}{\alpha^{3/2} (1-\alpha)^{3/2}} d\alpha.$$

W pierwszej z tych całek podstawiamy

$$\frac{m-(m+n)\alpha}{\sqrt{\tau}\sqrt{\alpha(1-\alpha)}} = y,$$

zaś w drugiej

$$\frac{m-(m-n)\alpha}{\sqrt{\tau}\sqrt{\alpha(1-\alpha)}} = z;$$

przytem okazuje się, że druga całka równa się zeru. Otrzymamy zatem ostatecznie:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\vartheta^{3/2} (\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta = \frac{(m+n)e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}}{mn\tau^{3/2}}, \quad (6)$$

przytem $m > 0$ oraz $n > 0$. Poniższą, nieco ogólniejszą całkę rozwiązuje się przez sprowadzenie do typu (6), po podstawieniu $\alpha = \vartheta + (\tau - \vartheta)\beta$:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\alpha-\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\alpha}}}{(\alpha-\vartheta)^{3/2} (\tau-\alpha)^{3/2}} d\alpha = \frac{(m+n)e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau-\vartheta}}}{mn(\tau-\vartheta)^{3/2}}, \quad (7)$$

przytem $m > 0$ oraz $n > 0$.

Przytoczoną całkę (6) rozłożyć można w sposób następujący:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\vartheta^{3/2} (\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta = \\ & = \frac{1}{m\tau\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\vartheta^{3/2} (\tau-\vartheta)^{3/2}} [m\tau - (m-n)\vartheta] d\vartheta + \\ & + \frac{(m-n)}{m\tau\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\vartheta} (\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta. \end{aligned}$$

W pierwszej całce po prawej stronie równania podstawiamy $\frac{m\tau - (m-n)\vartheta}{\sqrt{\tau}\sqrt{\vartheta}(\tau-\vartheta)} = y$

i otrzymujemy, że całka ta równa się

$$\frac{2e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}}{m\tau^{3/2}};$$

uwzględniając ponadto wartość całki (6), otrzymamy:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\vartheta} (\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta = \frac{e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}}{n\sqrt{\tau}}, \quad (8)$$

przytem $m \geq 0$, zaś $n > 0$.

Zamieniając w powyższej całce ϑ na $(\tau - \vartheta)$ oraz znaczenie m i n , otrzymamy:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\vartheta^{3/2} \sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta = \frac{e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}}{m\sqrt{\tau}}, \quad (9)$$

przytem $m > 0$, zaś $n \geq 0$.

Poniższe, nieco ogólniejsze całki rozwiązuje się przez sprowadzenie do typów (8) i (9) po podstawieniu $\alpha = \vartheta + (\tau - \vartheta)\beta$:

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\alpha-\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\alpha}}}{\sqrt{\alpha-\vartheta} (\tau-\alpha)^{3/2}} d\alpha = \frac{e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau-\vartheta}}}{n\sqrt{\tau-\vartheta}}, \quad (10)$$

przytem $m \geq 0$, zaś $n > 0$.

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\alpha-\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\alpha}}}{(\alpha-\vartheta)^{3/2} \sqrt{\tau-\alpha}} d\alpha = \frac{e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau-\vartheta}}}{m\sqrt{\tau-\vartheta}}, \quad (11)$$

przytem $m > 0$, zaś $n \geq 0$.

W dalszym ciągu zbadajmy całkę

$$\begin{aligned} f(\tau, m, n) &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\vartheta} (\tau-\vartheta)} d\vartheta = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^1 \frac{e^{-\frac{1}{\tau} \left(\frac{m^2}{\alpha} + \frac{n^2}{1-\alpha} \right)}}{\sqrt{\alpha(1-\alpha)}} d\alpha. \end{aligned}$$

Wyznamy najprzód pochodną tej funkcji:

$$\frac{\partial f}{\partial m} = \frac{2m}{\tau\pi} \int_0^1 \frac{e^{-\frac{1}{\tau} \left(\frac{m^2}{\alpha} + \frac{n^2}{1-\alpha} \right)}}{\alpha^{3/2} \sqrt{1-\alpha}} d\alpha = -\frac{2e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}}{\sqrt{\pi}\tau}.$$

Po zcałkowaniu otrzymamy:

$$\begin{aligned} f(\tau, m, n) &= -\frac{2}{\sqrt{\pi}\tau} \int_0^m e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}} dm + f(\tau, 0, n) = \\ &= \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau}} \right) = \Theta \left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}} \right) + f(\tau, 0, n). \end{aligned}$$

Zakładając w tem równaniu $m = \infty$, otrzymamy przytem $m \geq 0, n > 0$.

$$f(\tau, 0, n) = 1 - \Theta\left(\frac{n}{\sqrt{\tau}}\right),$$

więc ostatecznie:

$$\frac{1}{\pi} \int_0^\tau \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{\sqrt{\vartheta}(\tau - \vartheta)} d\vartheta = 1 - \Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}}\right), \quad (12)$$

przytem $m \geq 0$ oraz $n \geq 0$.

Poniższą, nieco ogólniejszą. całkę rozwiązuje się przez sprowadzenie jej do typu (12), po podstawieniu $\alpha = \vartheta + (\tau - \vartheta)\beta$:

$$\frac{1}{\pi} \int_0^\tau \frac{e^{-\frac{m^2}{\alpha - \vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \alpha}}}{V(\alpha - \vartheta)(\tau - \alpha)} d\alpha = 1 - \Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}}\right), \quad (13)$$

przytem $m \geq 0$ oraz $n \geq 0$.

W dalszym ciągu zbadajmy całkę

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^\tau \frac{V\vartheta e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{(\tau - \vartheta)} d\vartheta &= \frac{\tau}{\pi} \int_0^\tau \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{V\vartheta(\tau - \vartheta)^{3/2}} d\vartheta - \\ &- \frac{1}{\pi} \int_0^\tau \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{V\vartheta(\sigma - \vartheta)} d\vartheta. \end{aligned}$$

Posiłkując się wzorami (8) oraz (12), otrzymamy:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^\tau \frac{V\vartheta e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{(\tau - \vartheta)^{3/2}} d\vartheta &= \frac{V\tau}{n\sqrt{\pi}} e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}} - \\ &- \left[1 - \Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}}\right)\right], \quad \dots \quad (14) \end{aligned}$$

przytem $m \geq 0$, zaś $n > 0$.

Zamieniając w powyższej całce ϑ na $(\tau - \vartheta)$ oraz znaczenia m i n , otrzymamy:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^\tau \frac{V\tau - \vartheta e^{-\frac{m^2}{\alpha - \vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \alpha}}}{\vartheta^{3/2}} d\vartheta &= \frac{V\tau}{m\sqrt{\pi}} e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}} - \\ &= \left[1 - \Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}}\right)\right], \quad \dots \quad (15) \end{aligned}$$

przytem $m > 0$, zaś $n \geq 0$.

Poniższe, nieco ogólniejsze całki rozwiązuje się przez sprowadzenie ich do typów (14) i (15), po postawieniu $\alpha = \vartheta + (\tau - \vartheta)\beta$:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^\tau \frac{V\alpha - \vartheta e^{-\frac{m^2}{\alpha - \vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \alpha}}}{(\tau - \alpha)^{3/2}} d\alpha &= \frac{V\tau - \vartheta}{n\sqrt{\pi}} e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}} - \\ &- \left[1 - \Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau - \vartheta}}\right)\right], \quad \dots \quad (16) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^\tau \frac{V\tau - \alpha e^{-\frac{m^2}{\alpha - \vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \alpha}}}{(\alpha - \vartheta)^{3/2}} d\alpha &= \frac{V\tau - \vartheta}{m\sqrt{\pi}} e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau - \vartheta}} - \\ &- \left[1 - \Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau - \vartheta}}\right)\right], \quad \dots \quad (17) \end{aligned}$$

przytem $m > 0, n \geq 0$.

W dalszym ciągu zbadajmy całkę:

$$f(\tau, m, n) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta\left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}}\right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{(\tau - \vartheta)^{3/2}} d\vartheta.$$

Wyznaczymy najprzód pochodną tej funkcji:

$$\frac{\partial f}{\partial m} = \frac{2}{\pi} \int_0^\tau \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{V\vartheta(\tau - \vartheta)^{3/2}} d\vartheta = \frac{2e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}}{n\sqrt{\pi}V\tau}.$$

Po zcałkowaniu otrzymamy:

$$f(\tau, m, n) = \frac{1}{n} \Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}}\right) - \frac{1}{n} \Theta\left(\frac{n}{\sqrt{\tau}}\right) + f(\tau, 0, n).$$

Zakładając w tem równaniu $m = \infty$, otrzymamy:

$$f(\tau, 0, n) = \frac{1}{n} \Theta\left(\frac{n}{\sqrt{\tau}}\right) - \frac{1}{n} + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{(\tau - \vartheta)^{3/2}} d\vartheta = 0,$$

więc ostatecznie

$$\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta\left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}}\right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau - \vartheta}}}{(\tau - \vartheta)^{3/2}} d\vartheta = \frac{1}{n} \left[\Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}}\right) - \Theta\left(\frac{n}{\sqrt{\tau}}\right) \right], \quad (18)$$

przytem $m \geq 0$, zaś $n > 0$.

Zamieniając w powyższej całce ϑ na $(\tau - \vartheta)$, otrzymamy:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta\left(\frac{m}{\sqrt{\tau - \vartheta}}\right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\vartheta}}}{\vartheta^{3/2}} d\vartheta &= \\ &= \frac{1}{n} \left[\Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}}\right) - \Theta\left(\frac{n}{\sqrt{\tau}}\right) \right], \quad \dots \quad (19) \end{aligned}$$

przyczem $m \geq 0$, zaś $n > 0$.

Poniższe, nieco ogólniejsze całki rozwiązuje się przez sprowadzenie ich do typów (18) lub (19), po podstawieniu $\alpha = \vartheta + (\tau - \vartheta)\beta$:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta\left(\frac{m}{\sqrt{\alpha - \vartheta}}\right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau - \alpha}}}{(\tau - \alpha)^{3/2}} d\alpha &= \\ &= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta\left(\frac{m}{\sqrt{\tau - \alpha}}\right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau - \alpha}}}{(\alpha - \vartheta)^{3/2}} d\alpha = \\ &= \frac{1}{n} \left[\Theta\left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau - \vartheta}}\right) - \Theta\left(\frac{n}{\sqrt{\tau - \vartheta}}\right) \right], \quad \dots \quad (20) \end{aligned}$$

przytem $m \geq 0$, zaś $n > 0$.

W dalszym ciągu zbadajmy całkę:

$$\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\tau-\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\vartheta}}}{\sqrt{\vartheta}} d\vartheta,$$

Całkujemy pierwszą z tych całek przez części, oznaczając $\frac{d\vartheta}{\sqrt{\tau-\vartheta}} = dV$; następnie, uwzględniając wartości (15) i (18), otrzymamy ostatecznie:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta &= \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\tau-\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\vartheta}}}{\sqrt{\vartheta}} d\vartheta = \\ &= \frac{\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}} \left[e^{-\frac{n^2}{\tau}} - e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}} \right] + \\ &+ \left[n \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau}} \right) - (m+n) \Theta \left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}} \right) \right] + m, \end{aligned} \quad (21)$$

przytem $m \geq 0$ oraz $n \geq 0$.

Poniższe, nieco ogólniejsze całki rozwiązuje się przez sprowadzenie ich do typu (21), po podstawieniu $\alpha = \vartheta + (\tau - \vartheta)\beta$:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\alpha-\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\alpha}}}{\sqrt{\tau-\alpha}} d\alpha &= \\ &= \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\tau-\alpha}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\alpha-\vartheta}}}{\sqrt{\alpha-\vartheta}} d\alpha = \\ &= \frac{\sqrt{\tau-\vartheta}}{\sqrt{\pi}} \left[e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}} - e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau-\vartheta}} \right] + \\ &+ \left[n \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau-\vartheta}} \right) - (m+n) \Theta \left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau-\vartheta}} \right) \right] + m, \end{aligned} \quad (22)$$

przytem $m \geq 0$ oraz $n \geq 0$.

W dalszym ciągu zbadajmy całkę:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^{\tau} \frac{\sqrt{\tau-\vartheta}}{\sqrt{\vartheta}} e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}} d\vartheta &= \\ &= \frac{\tau}{\pi} \int_0^{\tau} \frac{e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\vartheta}(\tau-\vartheta)} d\vartheta - \frac{1}{\pi} \int_0^{\tau} \frac{\sqrt{\vartheta}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}} d\vartheta. \end{aligned}$$

Drugą całkę po prawej stronie powyższego równania zcałkujemy przez części, oznaczając

$$\frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} = dV; \quad V = -2\sqrt{\tau-\vartheta} e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}} - 2n\sqrt{\pi} \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau-\vartheta}} \right);$$

uwzględniając następnie wartości (12), (15), (19) i (21), otrzymamy ostatecznie:

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{\tau} \frac{\sqrt{\tau-\vartheta}}{\sqrt{\vartheta}} e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}} d\vartheta =$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\tau}{2} + m^2 - n^2 \right) \left[1 - \Theta \left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}} \right) \right] - \\ &- \frac{(m-n)}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\tau} e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}, \dots \end{aligned} \quad (23)$$

przytem $m \geq 0$ oraz $n \geq 0$ oraz

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^{\tau} \frac{\sqrt{\vartheta}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}} d\vartheta &= \\ &= \left(\frac{\tau}{2} - m^2 + n^2 \right) \left[1 - \Theta \left(\frac{m+n}{\sqrt{\pi}} \right) \right] + \\ &+ \frac{(m-n)}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\tau} e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}}, \dots \end{aligned} \quad (24)$$

przytem $m \geq 0$ oraz $n \geq 0$.

W dalszym ciągu zbadajmy całkę:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{1/2}} d\vartheta &= \\ &= \frac{\tau}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta - \\ &- \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta. \end{aligned}$$

Uwzględniając wartości (18) i (21), otrzymamy ostatecznie:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{\vartheta e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta &= \\ &= \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\tau-\vartheta}} \right) \frac{(\tau-\vartheta) e^{-\frac{n^2}{\vartheta}}}{\vartheta^{3/2}} d\vartheta = \\ &= \frac{\sqrt{\tau}}{\sqrt{\pi}} \left[e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}} - e^{-\frac{n^2}{\tau}} \right] + \\ &+ \left(\frac{\tau}{2n} + m + n \right) \Theta \left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}} \right) - \\ &- \left(\frac{\tau}{2n} + n \right) \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau}} \right) - m, \dots \end{aligned} \quad (25)$$

przytem $m \geq 0$, zaś $n > 0$.

Wreszcie zbadajmy całkę:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{\vartheta e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta &= \\ &= \frac{\tau}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta - \\ &- \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^{\tau} \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \sqrt{\tau-\vartheta} e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}} d\vartheta. \end{aligned}$$

Ale szukaną całkę można również zcałkować przez

części, oznaczając $\frac{d\vartheta}{\sqrt{\tau-\vartheta}} = dV$:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{\vartheta e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta = \\ & = -\frac{m}{\pi} \int_0^\tau \frac{\sqrt{\tau-\vartheta}}{\sqrt{\vartheta}} e^{-\frac{m^2}{\vartheta} - \frac{n^2}{\tau-\vartheta}} d\vartheta - \\ & - \frac{n^2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{\vartheta e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta + \\ & + \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \sqrt{\tau-\vartheta} e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}} d\vartheta. \end{aligned}$$

Z powyższych dwóch równań, uwzględniając wartości (21), (23) i (25) otrzymamy ostatecznie:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \frac{\vartheta e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta = \\ & \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\tau-\vartheta}} \right) \frac{(\tau-\vartheta) e^{-\frac{a^2}{\vartheta}}}{\sqrt{\tau}} d\vartheta = \\ & = n \left(\tau + \frac{2n^2}{3} \right) \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau}} \right) - \left[(m+2n) \frac{\tau}{2} - \right. \\ & \left. - \frac{(m+n)^2}{3} (m-2n) \right] \Theta \left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}} \right) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + \frac{2}{3\sqrt{\pi}} \sqrt{\tau} [\tau + n^2] e^{-\frac{n^2}{\tau}} - \\ & - \frac{1}{3\sqrt{\pi}} \sqrt{\tau} \left[2\tau - (m+n)(m-2n) \right] e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}} + \\ & + m \left[\frac{\tau}{2} - \frac{(m^2-3n^2)}{3} \right], \dots (26) \end{aligned}$$

przytem $m \geq 0$ i $n \geq 0$ oraz

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\vartheta}} \right) \sqrt{\tau-\vartheta} e^{-\frac{n^2}{\tau-\vartheta}} d\vartheta = \\ & = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \Theta \left(\frac{m}{\sqrt{\tau-\vartheta}} \right) \sqrt{\vartheta} e^{-\frac{n^2}{\vartheta}} d\vartheta = -\frac{2n^3}{3} \Theta \left(\frac{n}{\sqrt{\tau}} \right) - \\ & - \left[m \frac{\tau}{2} - \frac{(m+n)^2}{3} (m-2n) \right] \Theta \left(\frac{m+n}{\sqrt{\tau}} \right) + \\ & + \frac{1}{3\sqrt{\pi}} \sqrt{\tau} (\tau - 2n^2) e^{-\frac{n^2}{\tau}} - \\ & - \frac{1}{3\sqrt{\pi}} \sqrt{\tau} \left[\tau - (m+n)(m-2n) \right] e^{-\frac{(m+n)^2}{\tau}} + \\ & + m \left[\frac{\tau}{2} + \frac{(m^2-3n^2)}{3} \right], \dots (27) \end{aligned}$$

przytem $m \geq 0$ oraz $n \geq 0$.

Oprócz wyżej rozpatrzonych całek, w dalszych rozważaniach stosować będziemy wzór Dirichlet'a³⁾.

$$\int_{\delta}^{\alpha} d\beta \int_{\delta}^{\beta} F(\alpha, \beta, \gamma) d\gamma = \int_{\delta}^{\alpha} d\gamma \int_{\gamma}^{\alpha} F(\alpha, \beta, \gamma) d\beta.$$

(d. n.).

Doświadczenia nad wpływem niskiej temperatury na wiązanie i twardnienie betonu.

Napisał Inż. W. Pogany, Kraków.

Zagadnienie wpływu niskiej temperatury na wiązanie i twardnienie betonu nie jest dotychczas dostatecznie wyjaśnione, i wyniki badań, podane w literaturze technicznej, wykazują znaczne odchylenia.

Badania prof. Garylego („Versuche über den Einfluss von Kälte und Wärme auf die Erhärtungsfähigkeit von Beton”, zeszyt 13) wykazały, że mróz w granicach od -5° do -10° C. wpływa nieznacznie na beton, o ile ten został przygotowany w normalnej temperaturze, opóźnia jedynie czas, w którym beton uzyskuje odpowiednią wytrzymałość, tak iż czas, przez który beton jest wystawiony na działanie mrozu, nie powinien być zaliczany do czasu twardnienia. Po ustaniu mrozu uzyskuje beton swoją końcową przymałość dopiero w normalnej temperaturze.

Prof. H. Gerner, w pracy p. t. „Einfluss niederer Temperaturen auf die Festigkeit von Mörtel-Mauerwerk und Beton” (Berlin 1911), podaje co następuje: wpływ mrozu (-10° C) na kostki betonowe jest tem większy, im wcześniej mróz zaczął działać i im dłużej trwał (mniej więcej 10 dni).

Prof. St. Burchatr zaś podaje w swem dziele „Versuche mit gefrorenen und wieder aufgetauten Mörtel und Beton”, że:

a) kilkunastogodzinny mróz (-10° C) nie działa szkodliwie na beton;

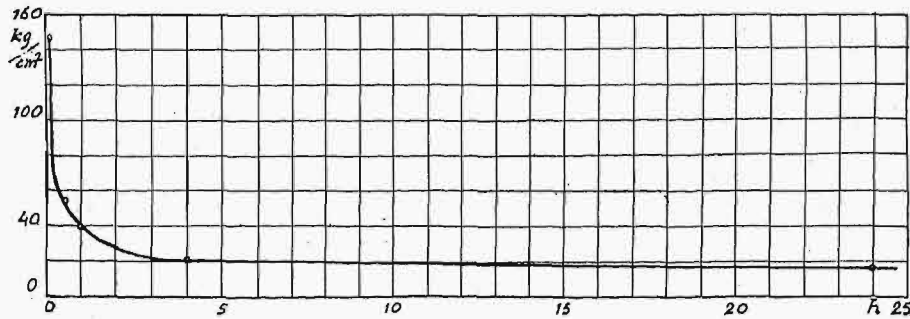
b) niska temperatura podczas wiązania opóźnia proces twardnienia;

³⁾ E. Goursat, Cours d'analyse mathématique, wyd. 5-te, t. I, str. 299, lub tom III, str. 327.

c) długotrwały mróz opóźnia proces twardnienia proporcjonalnie do czasu jego trwania;

d) wytrzymałość betonu zmarzniętego w czasie procesu wiązania jest znacznie mniejsza od normalnej.

Prof. Kleinogel w swej pracy „Einflüsse auf Beton“ twierdzi, że szkodliwy wpływ mrozu na beton w czasie procesu wiązania wynika stąd, że



Rys. 1.

Wpływ czasu działania mrozu na wytrzymałość betonu.

marznie woda w mieszaninie betonu, i wpływ mrozu jest tem większy, im wcześniej mróz zacznie działać na beton, znajdujący się w okresie procesu wiązania. Zmniejszenie wytrzymałości betonu następuje dlatego, że poszczególne ziarna w betonie nie przylegają do siebie szczelnie.

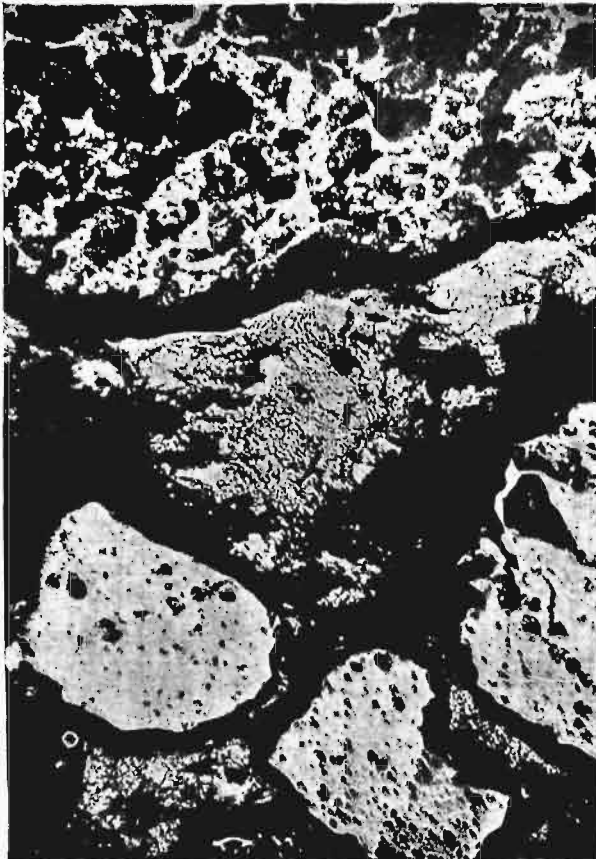
G. Francius — Burg w artykule „Mörtel und Kälte“, umieszczonym w czasopiśmie „Zement“ (1924), pisze, że zaprawa z cementu trasowego pod wpływem mrozu doznaje nie tylko opóźnienia wiązania, lecz także osiąga wytrzymałość o 30% mniejszą.

Tokuhiro Yoshida, profesor uniwersytetu w Illinois, pisze w swej pracy „Studies of Coating Fresh Concrete in Freezing Weather“, Experimental Station of the University of Illinois, Bull. t. XVII, Nr. 123, że nagły spadek temperatury powoduje bardzo powolne wiązanie, do tego stopnia, że już przy temp. $+10^{\circ}$, nie nastąpiło wiązanie.

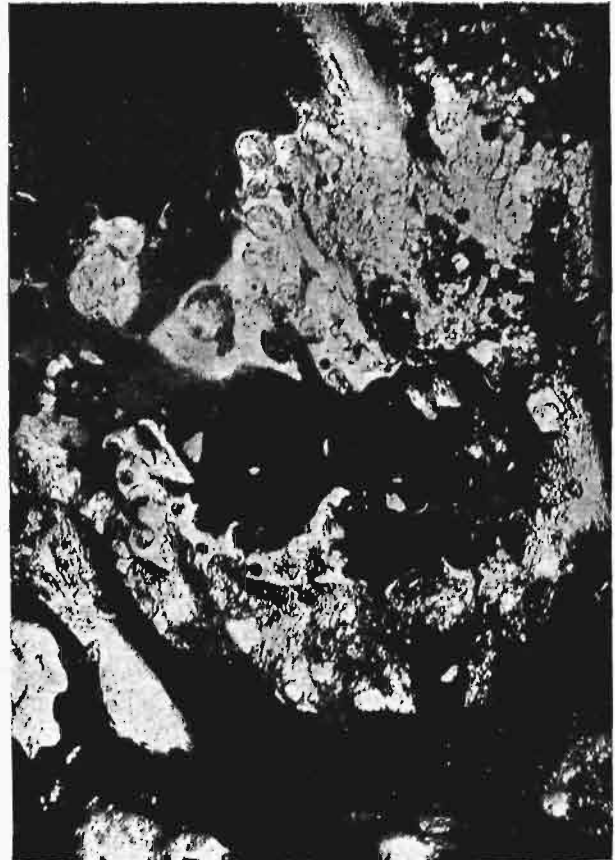
Zaś A. B. McDaniel podaje w swej pracy (Bulletin Nr. 81, Eng. Experiment. Station, 1915),

wydanej przez Uniwersytet Urbana, Illinois, że w danym razie może nastąpić także spadek wytrzymałości o 65 do 70%.

O. Werken podaje w „Zentralblatt der Bauverwaltung“ 1926, str. 396, że niska temperatura ma bardzo duży wpływ na proces wiązania, bo już



Rys. 2.



Rys. 3.

Mikrofotografie (w świetle odbitem) próbek betonu, wystawionego na działanie mrozu: przez $\frac{1}{2}$ godz. (rys. 2) i przez 4 godz. (rys. 3). Powiększenie $55\times$.



Rys. 4.



Rys. 5.



Rys. 6.



Rys. 7.

Mikrografje próbek betonu, poddanych działaniu mrozu w ciągu: 4 godz. (rys. 4), 24 godz. (rys. 5) i 72 godz. (rys. 6 i 7).
Powiększenie 55 X.

przy $+1^{\circ}$ C następuje proces wiązania dopiero po upływie 15-tu godzin i trwa 32 godzin.

przed działaniem mrozu należy stosować bardzo starannie.



Rys. 8.



Rys. 9.

Mikrografje próbek betonu, poddanych działaniu mrozu w ciągu 3 i 7 dni,

W ostatnim czasie przeprowadził rozległe próby prof. O. Graf ze Sztutgartu i wyniki ich opublikował w „Beton und Eisen” 1927, str. 245, i w „Deutscher Ausschuss für Eisenbeton” 1927, zeszyt 57, p. t. „Versuche über den Einfluss niedriger Temperatur auf die Widerstandsfähigkeit von Zementmörtel und Beton”. Według tych badań podaje, że:

a) poszczególne gatunki cementu wykazują bardzo różnorakie zachowanie się;

b) wpływ niskiej temperatury na beton jest bardzo duży, np. zaprawa trzymana przez 7 dni w temp. 0° C, następnie wystawiona w czasie wiązania na temp. pokojową, nie uzyskała nawet po 6-ciu miesiącach wytrzymałości, jaką osiąga zaprawa trzymana w temperaturze pokojowej przez 7 dni;

c) beton zmarznięty przed procesem wiązania traci na wytrzymałości przy użyciu cementu portlandzkiego do 60%, zaś przy użyciu cementu wysokowartościowego, względnie glinowego, traci do 20%.

W ogólności należy pamiętać, że mróz nie powinien działać na beton zanim ten nie uzyska twardości, jaką ma beton osiągnąć po upływie 24-ch godzin, twardniejąc w temperaturze normalnej.

W razie gdy to nie jest osiągalne, należy albo powiększyć ilość cementu, albo użyć cementu szybkowiążącego. Środki zaś zabezpieczające

Prof. Gessner w swej pracy p. t. „Über den Einfluss von niedriger Temperaturen und Frost auf die Festigkeitseigenschaften hochwertiger Portlandzemente” (Zement Nr. 1, 1928 r.) dochodzi do następujących wyników: wpływ niskiej temp. na twardnienie jest bardzo duży, szczególnie w początkach twardnienia; tak więc po upływie 5 dni beton taki nie osiąga nawet połowy wytrzymałości betonu, twardniejącego w temperaturze normalnej; strata na wytrzymałości betonu po upływie 7-iu dni od rozpoczęcia wiązania wynosi 55—60%.

Inż. David w swem dziele twierdzi, że beton, na który zaraz po wyrobieniu działa mróz, nie ulega wprawdzie zniszczeniu, lecz doznaje wielkich strat na wytrzymałości, a to tem większych, im dłuższe jest działanie mrozu.

Wszystkie wymienione wyżej twierdzenia oparte były na doświadczeniach z kostkami próbnymi, wykonanymi w ten sposób, iż po doświadczeniu usuwano osłonę i wkładano próbki do zimnej wody, stosownie do zwykłych przepisów postępowania, a zatem stwarzano warunki, które w praktyce właściwie się nie zdarzają.

Natomiast nigdy nie przeprowadzano w takich wypadkach badań nad zmianami strukturalnymi, tylko badano przeważnie zmiany wytrzymałości na ściskanie, spowodowane działaniem niskiej temperatury, rzadziej wytrzymałości na rozciąganie,

a Gerner badał również wytrzymałość na przyczepność i zginanie.

Chcąc sobie jednak wytworzyć dokładny obraz działania mrozu na beton, należałoby



Rys. 10.



Rys. 12.



Rys. 11.



Rys. 13.

Mikrofotografie (w świetle przechodzącym) szlifów z próbek betonu, poddanych działaniu mrozu. Powiększenie 55 X.

obok wytrzymałości zbadać również i jego strukturę. W tym celu, w czasie od lutego do maja r. b., wykonałem odpowiednie badania w Zakładzie mineralogji i petrografji prof. Rozena w Akademji Górniczej w Krakowie. Wykonałem mianowicie 8 seryj badań z kostkami próbnymi $7 \times 7 \times 7$ cm, które otrzymano z jednego i tego samego materiału i w warunkach zupełnie identycznych. Jako materiału kamiennego, użyto średnio-ziarnistego i drobno przesianego piasku wiślanego o wilgotności własnej 2,88% i temperaturze $+16,2$ C. Woda, użyta do mieszaniny w ilości 10% ciężaru piasku, miała temperaturę $+18^{\circ}$ C, cement zaś użyty miał temperaturę $+19^{\circ}$ C.

Analiza chemiczna dała wynik następujący:

strata zarowa	1,28%
kwasy krzemowego	26,12%
tlenku glinowego	4,13%
tlenku żelaza	1,79%
tlenku wapnia	64,16%
tlenku magnezu	1,08%
bezw. kwasu siarkowego	1,02%
nieoznaczona reszta (alkalja)	0,42%
spółczynnik hydrauliczny	2,00
„ krzemianowy	3,78
„ żelazowy	2,30

Przemiał wykazał pozostałość 0,44% na sicie o 900 oczkach na cm^2 , a 11,80% na sicie o 4900 oczkach na cm^2 ; pozostałość na sicie o 4900 oczkach składała się głównie z ziarenek piasku, co należałoby uważać albo za przypadkową domieszkę, albo za błąd fabrykacji.

Egzotermiczny wzrost temperatury podczas wiązania wynosił nieco ponad 1° C. Każda serja składała się z 4-ch kostek próbnych, a z nich:

serja pierwsza nie była poddawana działaniu mrozu;

serja II-ga wystawiona była na działanie mrozu w ciągu 10-minut i następnie pozostawała w temp. pokojowej przez 70 dni;

serja III-cia była wystawiona na działanie mrozu przez 30 minut, poczem pozostawała w temp. pokojowej przez 69 dni;

serja IV-ta była pod działaniem mrozu przez 1 godz., a w temp. pokojowej przez 68 dni;

serja V-ta była pod działaniem mrozu 4 godz., a w temp. pokojowej przez 67 dni;

serja VI-ta była pod działaniem mrozu 24 godz., a w temp. pokojowej pozostawała przez 63 dni;

serja VII-ma była pod działaniem mrozu 72 godz., a w temp. pokojowej 59 dni;

serja VIII-ma była pod działaniem mrozu 7 dni, a w temp. pokojowej pozostawała 45 dni.

Następnie z tych 8-miu seryj kostek użyto po dwie kostki do badań mikroskopowych, zarówno w świetle przechodzącym (płytki cienkie) jak i odbitem (płytki polerowane), zaś po dwie kostki użyto do prób wytrzymałości na ściskanie.

Temperaturę poniżej zera otrzymano przy pomocy mieszaniny ze śniegu i soli kuchennej o po-

czątkowej temp. — 22° C, która później, równomiernie się podnosząc, osiągnęła po paru godzinach — 8° C.

Przeprowadzone następnie badania wytrzymałości wykazały bardzo znaczny wpływ mrozu na beton, jak uwidocznia poniższa tabela:

Serja	Czas przebywania w niskiej t-rze	Wytrzymałość w kg		
		I próba	II próba	przeciętne
I	—	145	148	146,5
II	10'	52	52	53,5
III	30'	49	28,5	38,75
IV	1 h	30,5	11,8	21,1
V	4 „	12,4	16,6	14,5
VI	24 „	33,5	23,5	28,5
VII	72 „	6,9	6,2	6,5

Liczby przeciętne z tej tabeli, z wyjątkiem serji VI-tej, w której znaczne odchylenie jest wynikiem błędów doświadczalnych, przedstawiamy zapomocą wykresu na rys. 1.

Wyniki tych doświadczeń ważne są dlatego, że warunki, w jakich je wykonano, odnowiadają w dużej mierze warunkom, w jakich znaleźć się może beton, t. j. kiedy po krótszym lub dłuższym działaniu mrozu następuje wpływ temperatury coraz to wyższej. Na pytanie zaś, czy po nastaniu normalnej temperatury beton może „przyjść do siebie”, mogą nam dać odpowiedź badania mikroskopowe. Jeżeli mianowicie badania te wykażą zniszczenie spoiwości struktury betonu, to — przyjąwszy nawet późniejsze pewnego rodzaju dodatkowe stwardnienie — możemy śmiało powiedzieć, że wytrzymałość takiego betonu, wystawionego na działanie sił wytwarzających różnorakie napięcia, nie jest równoważna wytrzymałości betonu, tężającego w temperaturze normalnej.

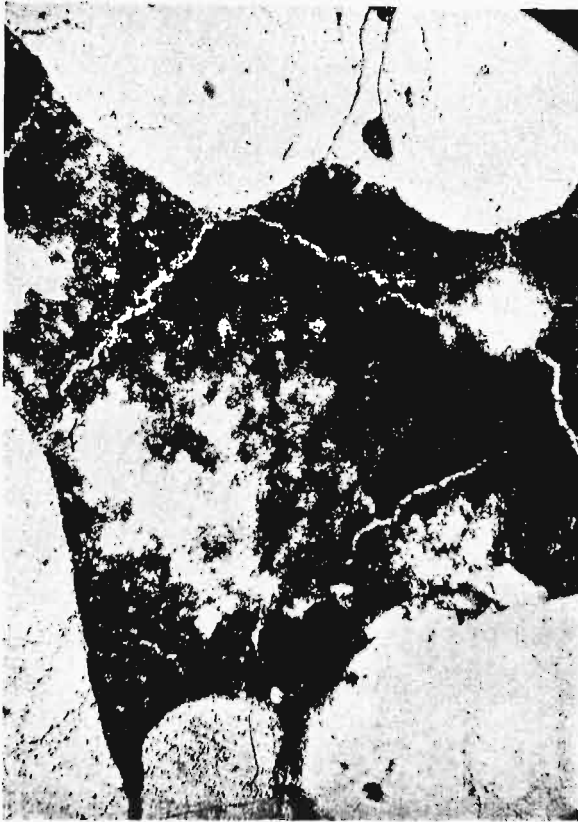
Nasze badania struktury wykazały bardzo ujemny wpływ działania mrozu na beton, jak to uwidoczniają zdjęcia mikrograficzne na rys. 2—8.

Rozpatrzmy najpierw wyniki badania płytek polerowanych w świetle odbitem (powiększenie 55-krotne). Serja II-ga w stosunku do serji I-szej nie wykazuje żadnej różnicy. Rys. 2 — z serji III-ciej, — która wystawiona była przez $\frac{1}{2}$ godz. na działanie mrozu, wykazuje skurczenia masv betonu, podobnie jak kurczy się wysychająca glina. Rys. 3 — z serji V-tej — wykazuje, oprócz poprzednio opisanego skurczenia, złuszczenia koliste, powstałe widocznie wskutek niejednorodności mieszaniny w miejscach bardziej wrażliwych na mróz, jako punkty koncentracyjne, a w dalszym następstwie — strukturę sferolityczną. Dokoła tych punktów wytworzyły się większe odkształcenia i następstwem tych odkształceń są owe koliste wypryski. Nigdzie jednak niema jeszcze większego pęknięcia.

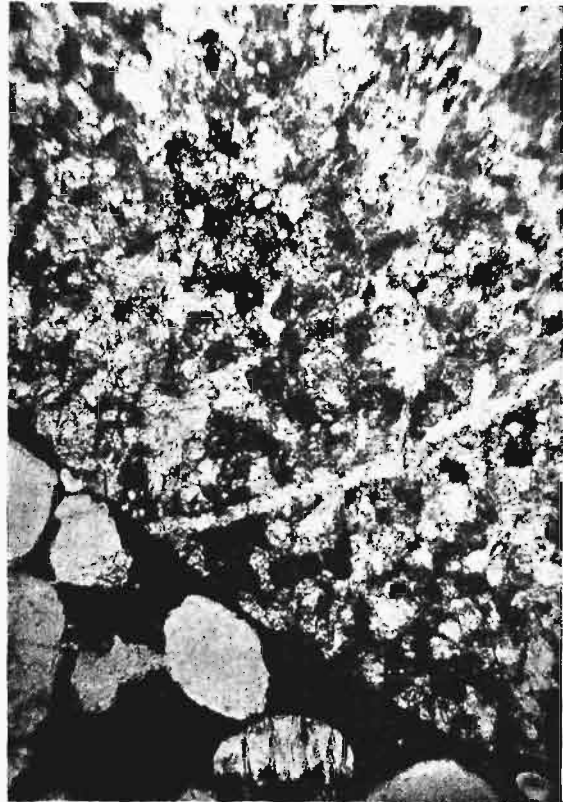
Rys. 4, też z serji V-tej, wykazuje już jednak zaczynające się pęknięcia podłużne, wraz z prostopadłami do nich, ale delikatnymi pęknięciami poprzecznymi.

Rys. 5, z serii VI-tej, ma już wyraźne pęknięcia w środku. Widać tu również charakterystyczne postrzępione brzozy na obwodzie masy, gdzie

prostolinjowe rysy, wychodzące w niektórych miejscach promieniowo z jednego punktu, tworząc jakby siatkę.



Rys. 14.



Rys. 15.

Mikrografje, cienkich płytek betonowych z budowli, wykonanej podczas 3-dniowego mrozu (-10°C). Powiększenie $55\times$.

kurczenie najłatwiej mogło się odbywać, które również widzimy na następujących zdjęciach.

Rys. 6, z serii VII-ej, wykazuje już liczne, wyraźniejsze jeszcze pęknięcia, tak samo jak rys. 7, 8 i 9, należące do serii VII-mej i VIII-mej. Fotografje te wykazują już bardzo dobrze widoczne rysy, świadczące o zniszczeniu wewnętrznej spójności betonu.

Na zdjęciach mikrograficznych, dokonanych na płytkach cienkich (szlifach) w świetle przechodzącym, widzimy co następuje: serie od 1 do 5 włącznie nie wykazały żadnych charakterystycznych różnic. Dopiero w serii 7-mej znajdujemy silnie zaznaczające się rysy.

Przy tej sposobności zrobiono również szlif z kawałków betonu, wyciętych z pewnej budowli żelbetowej, wykonanej w Krakowie w grudniu 1929 r., podczas mrozu -10°C , trwającego z małymi wahaniami temperatury prawie przez 3 doby, a mianowicie Nr. 12, 13 i 14, na których widać

Rys. 15, z tej samej serii, wykazuje pęknięcie przez okruh piaskowca, co dowodzi, że otaczająca ten okruh masa betonowa była od niego silniejsza. Z tych szczegółów mikrograficznych możemy więc wnioskować, że — choć jest możliwa pewna poprawa struktury betonu po ustaniu mrozu — to jednak można przyjąć za pewnik, że raz powstałe rysy w betonie już nigdy nie znikną, że zatem taki beton już nigdy nie osiągnie pełnego stopnia wytrzymałości betonu normalnego. Również wynika stąd, że beton, wystawiony przez dłuższy czas na działanie mrozu, nie tylko traci dużo na wytrzymałości, lecz także może ulec częściowemu zniszczeniu.

Wkońcu wyrażam Panu Prof. D-rowi Z. Rozenowi podziękowanie za cenne uwagi w czasie wykonywania pracy, Panu Zerndtowi — za życzliwe wskazanie metod badania mikroskopowego, Panu T. Zarosłemu — za wykonanie fotografij.

Z Zakładu Mineralogji i Petrografji Akademji Górniczej.

Zagadnienia wyzyskania sił wodnych.*)

Nowe zakłady wodno-energetyczne.

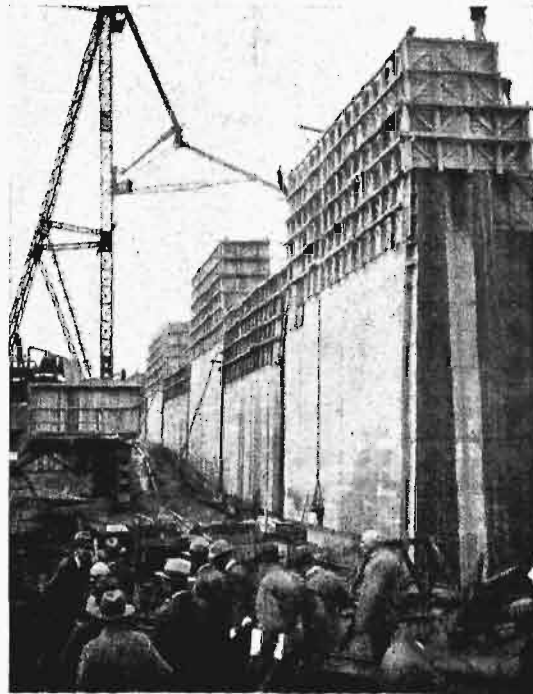
Napisał Inż. H. Herbich.

Po zakończeniu obrad Konferencji Energetycznej w Berlinie zorganizowane były wycieczki w różnych kierunkach, celem zwiedzenia zakładów, zbudowanych w ostatnich czasach lub znajdujących się jeszcze w budowie.

To też obok sprawozdania z referatów Konferencji Energetycznej podać należy choćby krótkie charakterystyki szeregu nowych wielkich zakładów wodno-energetycznych, jakie uczestnicy Kongresu mieli możliwość zwiedzić w południowo-zachodnich Niemczech i w Szwajcarii.

Tak więc w dorzeżu Ederu, w pobliżu Kassel, wykonana została w 1914 roku zapora (Edertalsperre) o wysokości 40 m, która utworzyła zbiornik wody o pojemności 202 milj. m³.

Poniżej zapory pracują dwa zakłady po 30 000 kW: jeden od roku 1914 (Hemfurth I), drugi od roku 1927 (Hemfurth II). Dla współpracy z temi zakładami jest obecnie w budowie zakład położony o kilka kilometrów poniżej, o charakterze szczytowym, Bringhausen. Zakład posiadać będzie moc instalowaną 150 000 kW (4 turbiny po 40 090 KM), wyzyskując około 300 metrów spadu wód z górnego zbiornika Peterskopf. Zbiornik ten mieć będzie 760 000 m³ pojemności, z możliwością wahań zwierciadła wody w warstwie 15 m, i mieścić będzie zasób energii 500 000 kWh. W celu umożliwienia częstego opróżniania i napełniania zbiornika metodą przepompowywania, postawiono o kilka kilometrów poniżej zakładu Bringhausen, w Affoldern, jaz na Ederze o wysokości 9 metrów, tworzący dolny zbiornik o pojem-



Rys. 1. Budowa zbiornika wodnego w Peterskopf dla zakładu w Bringhausen.

*) Dokończenie do str. 916 w Nr. 47 z r. b.



Rys. 2.

Rurociąg zasilający i zakład wodno-elektryczny w Bringhausen.

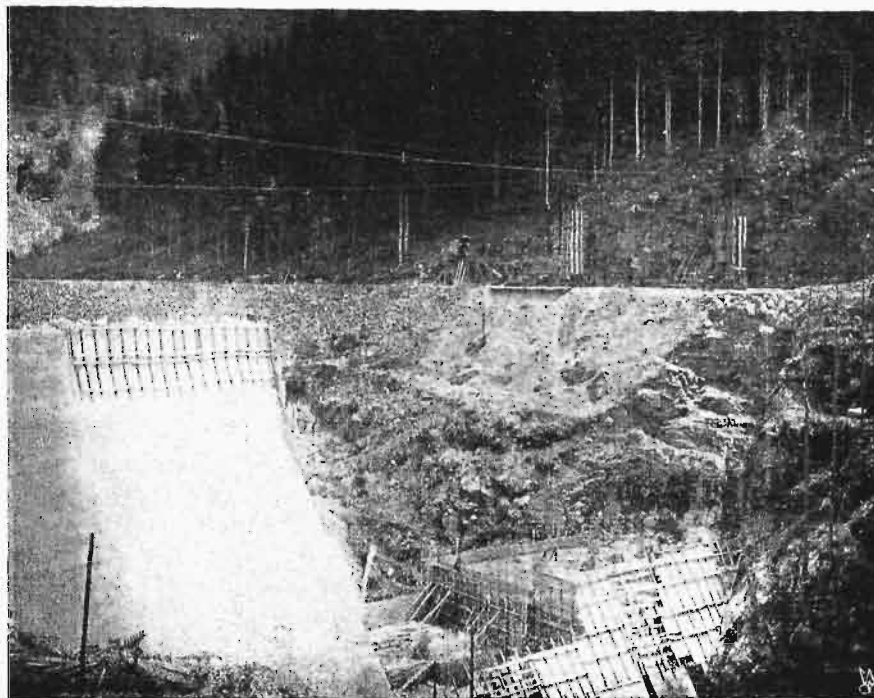


Rys. 3.

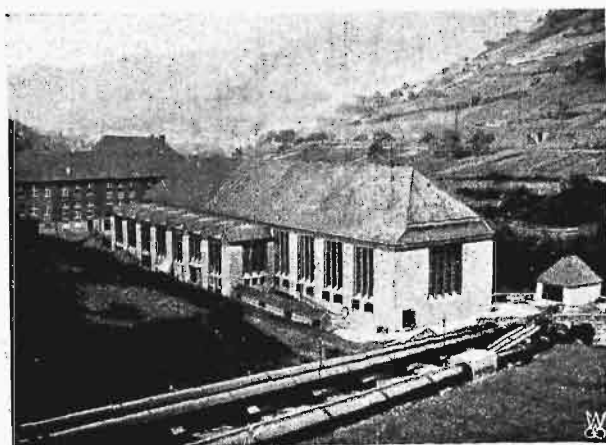
ności 2,2 milionów m³. Przy jazie zainstalowano zakład mniejszy, o mocy 2500 kW i wytwórczości rocznej 12 milj. kWh.

Budowa zakładu Bringhausen, jak również zbiornika górnego Peterskopf, rozpoczęła się w 1929 roku, a ukończona będzie w 1931 roku przy pracy po 17 godzin dziennie. Wszystkie te zakłady pracować będą wspólnie na jedną sieć o napięciu 220 000 V.

W dorzeczu Schwarzbach, w pobliżu Baden-Baden, zwiedzono zakład Murg-Schwarzenbachwerk. Zakład ten wybudowano w okresie 1914–1918, wyzyskując wody stosunkowo małego dorzecza (247 km²) przez umiejętne zu-



Rys. 4. Zakład Schluchsee. Budowa zapory.



Rys. 5 i 6. Elektrownia wodna w Murg-Schwarzenbach, Rurociąg i zakład.

żytkowanie kilku dopływów. Elektrownia ta daje jednak stosunkowo znaczną produkcję roczną, w ilości bowiem 123 milionów kWh. Główną podstawą zakładu jest zbiornik o pojemności użytkowej 14,3 milj. m³, którego zapora ma wysokość 65,5 m, a kubaturę muru 290 000 m³. Główny zakład Murg-Hochdruckwerk pracuje pod ciśnieniem 140 m spad. Zakład posiada pompy, celem przepompowywania wody w godzinach małego zapotrzebowania na sieci. W tym celu utworzony jest dolny zbiornik poniżej zakładu na tej samej rzece Schwarzbach, który jednocześnie dostarcza postawionemu przy jazie zakładowi Murg-Niederdruckwerk 1720 KM mocy. W tem samym małym dorzeczu pracuje jeszcze jeden zakład Raumünzachwerk na jednym z dopływów o zlewni 10 km² i rocznej objętości przepływu 15 milj. m³. Zakład ten zainstalowany jest na 1200 KM przy spadzie 64 m.

Wszystkie te zakłady pracują na wspólną sieć o napięciu 110 000 V.

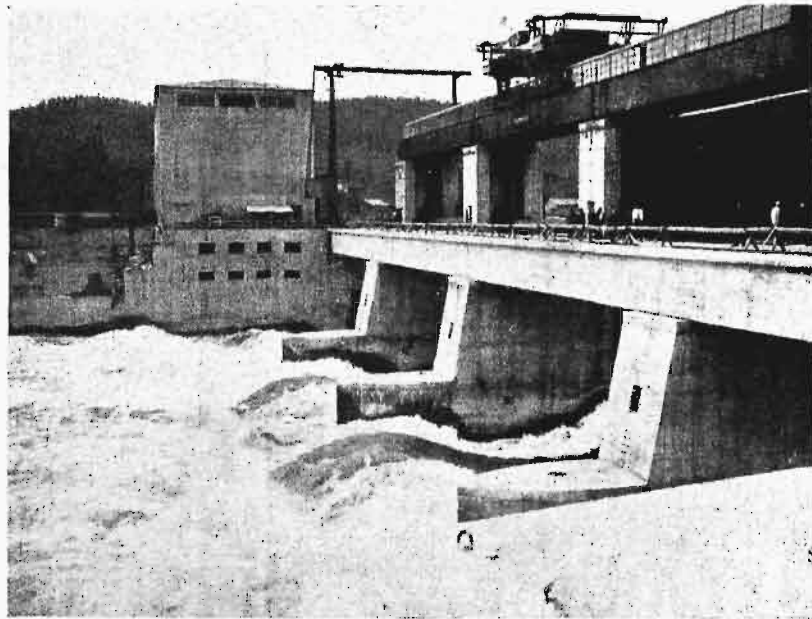
W Dorzeczu Renu, w pobliżu Freiburgu buduje się zakład szczytowy Schluchseewerk do współpracy z dwoma zakładami, będącymi w budowie na górnym Renie, które w sumie dadzą 400 000 kW i 500 milj. kWh. Zakład ten oparty jest na dużym zbiorniku naturalnym Schluchsee (położonym o 600 m nad zwierciadłem rz. Renu), powstałym przez spiętrzenie zaporą 35 m wysokości i mającym 108 milj. m³ pojemności użytkowej. Zakład zużytkuje spływ ze zlewni ok. 165 km² w ilości rocznej 208 milj. m³; jego praca naturalna wyniesie 73 milj. kWh, a z przepompowywania — 60 milj. kWh, razem 133 milj. kWh. Moc rozwijana w dwóch stopnia Häusern i Eichholz wyniesie 143 000 kW, przy spadzie 329 metrów. Turbiny instalowane są o mocy po 49 000 KM. Pompy, turbiny i generatory mieścić się będą na osiach-pionowych. Budowę zakładu rozpoczęto w r. 1929, a

ukończenie przewidywane jest na początek roku 1931. Dla wyzyskania pozostałych 280 m spadku projektuje się następane dwa zakłady: Witznau i Waldshut.

dowę rozpoczęto w r. 1927, ukończenie zaś jej nastąpić ma w r. 1931.

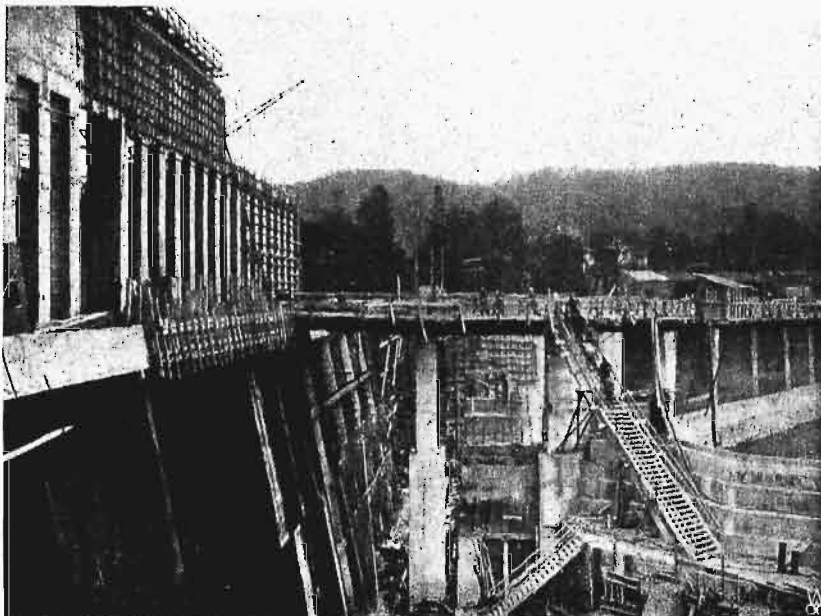
Po drodze zwiedzono następujące istniejące zakłady na Renie (na drodze Bazylea—Laufen-

Rys. 7.
Elektrownia wod-
na na Renie
w Ryburg-Schwör-
stadt.
Jaz.



Na Renie jest na ukończeniu olbrzymi zakład wodno-elektryczny Ryburg-Schwörstadt, o spadzie 11-metrowym i objętości wody roboczej 1000 — 1200 m³/sek. Zainstalowane tu będą 4 olbrzymie turbiny (największe w świecie pod

burg): Laufenburg — o mocy instalowanej 84 000 KM, 11 m spadzie, objętości wody roboczej 680 m³/sek i pracy rocznej 400 milj. kWh; Rheinfelden — o mocy 32 000 KM, spadzie 5,2 m i objętości wody roboczej 600 m³/sek; August-Wyhlen



Rys. 8.
Budowa
elektrowni wodnej
na Renie w Ryburg-
Schwörstadt.

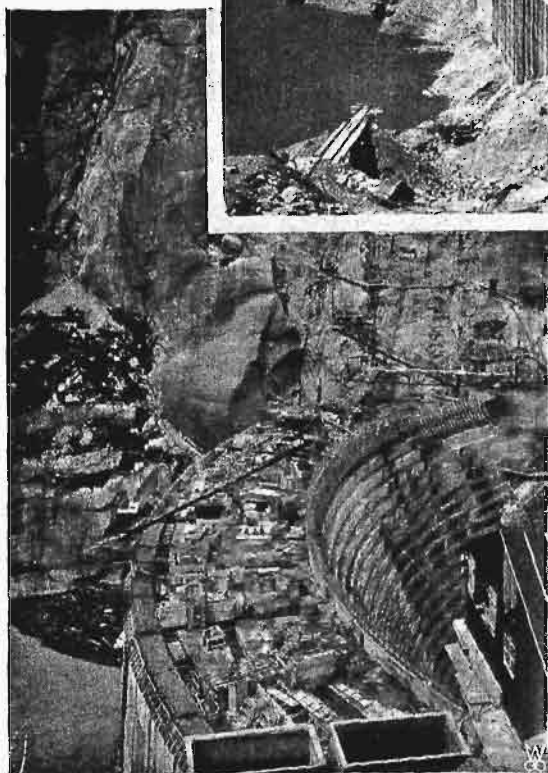
względem wymiarów wirnika) o średnicy 13,5 m i przepłyku 300 m³/sek, systemu Kaplana, które dadzą w sumie 140 000 KM. Instalowane są one na wspólnej osi pionowej z generatorami, a ciężar każdego takiego zespołu wynosi 1300 tonn. Bu-

— o mocy 60 000 KM, spadzie 7,5 m i objętości wody roboczej 800 m³/sek.

W dorzeczu Aary (Szwajcaria) zwiedzono znajdujący się w budowie zakład Oberhasli, projektowany przez ś. p. Prof. Narutowicza.

Zasadą projektu jest wyzyskanie ok. 1200 m spadku w trzech stopniach: Handeck, Boden i Innertkirchen i wyrównanie odpływów dwoma zbiornikami, położonymi poniżej lodowców: Grimselsee — na wys. 1912 m n. p. m. o pojemności 100 milj. m³ i Gelmersee — na wys. 1852 m n. p. m. o pojemności 13 milj. m³. Zakłady te zawdzięczać będą w dużej mierze swą rentowność nie tylko dużym spadkom, lecz i stosunkowo bardzo znacznym objętościom przepływu, wobec posiadania w swych małych dorzeczych, o dużych opadach atmosferycznych, dużych lodowców, wyrównujących przepływy.

dzie 100 m wysokości i jest już w 2/3 wykonana. Kubatura muru wynosić będzie 340 000 m³; ma-



Rys. 9.

Zapory (w budowie)
dla zbiornika
w Grimselsee
(Szwajcaria).

Zakłady te charakteryzują liczby następujące:

Handeck:	moc	4 × 25 000 = 100 000	KM	wytw	223 milj. kWh,	spad max.	547 m
Boden:	"	4 × 22 000 = 88 000	"	"	190 " "	"	419 "
Innertkirchen:	"	4 × 13 000 = 52 000	"	"	125 " "	"	248 "

Obecnie gotowe są już: zakład Boden i zapora dla zbiornika Gelmersee. W budowie znajdują się: zakład Handeck i zapora dla zbiornika Grimselsee. Główna zapora tego zbiornika posiadać bę-

terza dostarczany jest kolejką linową długości kilkunastu km, przy 360 wagonikach w ruchu.

Laboratorja wodne. Uczestnicy wycieczki mieli ponadto możność zapoznania się z nowoczesnymi urządzeniami laboratorjów wodnych w Karlsruhe i Zurychu. W obydwóch tych laboratorjach prowadzone są doświadczenia nad modelami wszystkich większych projektowanych zakładów wodnych, w celu podniesienia sprawności turbin (przy odpowiednim zainstalowaniu), dostosowania wymiarów budowli wodnych i ich układu, w celu zmniejszenia siły niszczącej wody poniżej jazów i t. p.

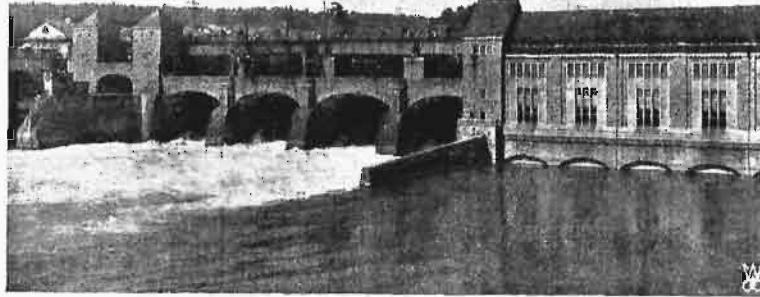
Laboratorium w Zurychu, jako nowo wybudowane (1929 r.), wyróżnia się znacznymi wymiarami kanałów doświadczalnych (do 70 m długości) i wartościami doświadczalnych elementów (max. przepływ 4 m³/sek i max. spad 15,5 m). W labora-

torjum tem demonstrowano młynek hydrometryczny (Dynamoflügel) o wymiarach 30 × 10 cm wyrobu firmy Trüb, Täuber et C-ie w Zurychu. Hydrometr ten notuje wykreślnie obroty skrzydeł-

ka, dające linię całkowitą, z której po splanimerowaniu określa się przeciętną prędkość w obserwowanym czasie. W laboratorium w Karlsruhe

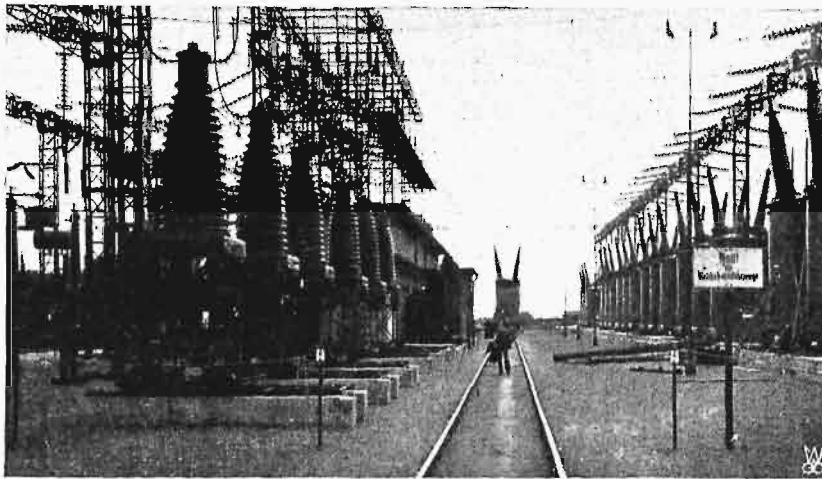
Poza tem ze zwiedzonych zakładów przemysłowych nadmienić wypada ostatnio wykończone: elektrownię ciepłą na węglu brunatnym w Bor-

Rys. 10.
Elektrownia wodna
na Renie w Lau-
fenburg.



Prof. Rehbock przeprowadził ciekawe studjum na dużym modelu Renu. Wprowadzając na modelu dawniej sytuacji Renu w skali czasu budowle

ken pod Kassel; stacje rozdzielcze na 220 000 V z możliwością rozbudowy na 380 000 V pod Frankfurtem i Sztutgartem. Również umożliwiono uczest-



Rys. 11.
Rozdzielnia pod
Sztutgartem
na 220 kV.

regulacyjne, otrzymał przy zastosowaniu pewnego materiału dna w odpowiedniej skali (drobny miąższość węglowy) te same spadki głębokości i ich rozmieszczenie, jakie w dzisiejszym stanie Ren posiada.

nikom³ zwiedzenie portu na Renie w Mannheim, zakładów wodnych na Nekarze, na odcinku Mannheim—Heidelberg, oraz szeregu miejskich zakładów wodociągowych i gazowych.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

BADANIA TECHNICZNE.

Badania zapomocą promieni Röntgena.

Przed paroma miesiącami odbył się w Berlinie Zjazd, poświęcony zagadnieniom badań promieniami Röntgena, w którym wygłoszono szereg interesujących referatów, zarówno badaczy niemieckich, jak i zagranicznych. Z prac tych podamy niektóre ważniejsze dla techników wyniki.

Pierwszym referentem był P. Debye z Lipska, który omówił zjawiska interferencji promieni Röntgena w cieczeniach i gazach. Wykazawszy, iż interferencja i w tym stanie skupienia ciał daje się spostrzec nawet przy zupełnej nieregularności orientacji drobin, jak w gazach, analogicznie do takich zjawisk w kryształach, gdzie zachodzi odbicie od atomów, umieszczonych w określonych punktach siatki

kryształicznej, autor stwierdza, iż może być na tej drodze ustalane doświadczalnie rozmieszczenie drobin wewnątrz cieczy zupełnie dokładnie i jednoznacznie. Okazuje się przytem, że pewne odległości drobin powtarzają się szczególnie często, tak że możnaby mówić o pewnym rodzaju budowy kryształicznej cieczy.

H. Mark (z Ludwigshafen) komunikował o swych badaniach zapomocą promieni X zagadnień chemii organicznej, jak symetrii atomu C, odstępów atomów C w pierścieniu benzenowym i cyklohexanolowym i t. p.

Szczególnie interesujący dla technika był referat J. J. Trillata (z Paryża) p. t. „Badania röntgenograficzne olejów, tłuszczów i smarów”. Liczne ciała organiczne, o drobinach budowy łańcuchowej, jak np. kwasy tłuszczowe, tłuszcze, węglowodory, wykazują — jak wiadomo — orientację

drobin na powierzchni, przy braku takiej orientacji wewnątrz ciała. Autor stwierdza, że pod działaniem ciśnienia lub przy natapianiu tych ciał na powierzchni szklane albo metalowe tworzą się warstewki, które mogą się po sobie ślizgać, jak arkusze papieru. Trillat widzi w tem objaśnienie działania smaru. Gdy się doda do oleju trochę kwasu tłuszczowego, to tworzą się na powierzchniach metalowych zorientowane warstewki soli metali. Działanie smaru wzmacnia się w ten sposób znacznie, gdyż warstwy smaru przesuwają się wówczas nie pomiędzy powierzchniami metalowymi, lecz pomiędzy pokrywającymi je warstwami zorientowanych drobin soli metali.

Niemniej interesujące były też referaty J. D. Berna-l'a (Cambridge), F. Wever'a (Düsseldorf) i G. Sachs'a (Berlin) o badaniach röntgenograficznych metali i stopów. Pierwszy omawiał ogólne zależności pomiędzy budową krystaliczną a własnościami fizycznymi, w szczególności magnetycznymi i elektrycznymi, metali i stopów. Wever wykazał, w oparciu na szeregu badań röntgenograficznych, wyraźne zależności pomiędzy własnościami stopów żelaza a miejscem składnika stopu w układzie perjodycznym pierwiastków chemicznych. Okazało się przytem, że niektóre pierwiastki rozszerzają zakres odmiany γ , inne zaś — odmiany α żelaza. Zastosowanie równania Clausiusa—Clapeyrona do wykresu p, t żelaza wykazuje, że faza γ tworzy pole zamknięte w kierunku spadającego ciśnienia, skąd autor wnosi, że wpływ tworzących stop pierwiastków możnaby ująć tak, jak-gdyby przy powstawaniu kryształów mieszanych zachodził wzrost lub spadek ciśnienia.

G. Sachs mówił o wynikach badań röntgenograficznych w zakresie badania przemian. Autor wskazywał możliwość ustalania tą drogą granic rozpuszczalności i śledzenia zmian siatki krystalicznej podczas przemian allotropowych. Szczególnie ważne wyniki otrzymuje autor w ten sposób, badając przebieg hartowania i uszlachetniania, mian. zmiany symetrii siatki i zmiany rozmieszczenia atomów. Obydwa przebiegi zachodzą z różną szybkością, wobec czego powstają fazy pośrednie, które röntgenografia wykrywa.

Ciekawe też zastosowanie promieni elektronowych wskazał E. Rupp (Berlin). Promienie te wywołują także zjawiska interferencji, jak i promienie Röntgena. W stosunku do elektronów o dużej prędkości (powyżej 10 kV) zachodzi przytem zupełna analogia, natomiast elektrony o mniejszej prędkości wykazują odchylenia od Braggowskiego prawa uginania się, co objaśnia się wpływem wskaźnika załamania. Wskaźnik ten może być związany formalnie z wewnętrznym potencjałem kryształu, którego to potencjału znaczenie praktyczne nie jest zresztą dotąd jasne. Otóż te elektrony powolne — ze względu na łatwe ich absorbowanie — mogą oddać duże usługi przy niektórych badaniach, kiedy promienie Röntgena już się nie nadają, np. przy badaniach powierzchni zewnętrznych, zwłaszcza do wyjaśnienia oddziaływania gazów na budowę metalu. W ten sposób udało się m. in. stwierdzić, że H_2 w Ni i Fe wywołuje rozluźnienie siatki.

Z innych prac wymienić należy referat G. Hevesy'ego (Fryburg) o stanie obecnym analizy widmowej zapomocą promieni Röntgena, J. Egger't'a (z Lipska) o różnym zachowaniu się warstw światłoczułych pod działaniem światła słonecznego, promieni X i promieni α , wyrażającym się emisją kwantów, liczbą kwantów potrzebnych do uczynienia ziarna AgBr zdolnym do wywoływania, zależnością czułości od wielkości ziarna i t. d. i Brill'a (Opawa) o röntgenograficznym wyznaczaniu wielkości i kształtu kryształów submikroskopowych. (VDI-Zft., t. 74 (1930), zes. 34, str. 1185/6).

KOLEJNICTWO.

Postępy elektryfikacji kolei południowo-francuskich.

Długość zelektryfikowanych kolei południowo-francuskich powiększyła się ostatnio znacznie dzięki zelektryfikowaniu odcinka Culoz—Modane linii P. L. M. (Paris—Lyon—Méditerranée).

Odcinek kolei włoskich z Genui do Mont-Cenis już dawniej został zelektryfikowany; w ten sposób w chwili obecnej niemal połowa drogi z Genui do Paryża jest obsługiwana przez lokomotywy elektryczne.

Sieć kolejowa wzmiankowanego odcinka otrzymuje energję elektryczną od grupy elektrowni zjednoczonych towarzystw: „Société d'Electrochimie, d'Electrometallurgie et des Acieries électriques d'Ugine” (SECEM), które wyzyskują spad rzek Arly i Arve w kilku stopniach.

Prąd o napięciu 42 000 V, częstotliwości 50 okr./sek, doprowadzany jest do ośmiu podstacyj przetwornicowych za pośrednictwem głównej podstacyj rozdzielczej wspomnianego towarzystwa w Venthon. Przewody na poziomych odcinkach szlaku zawieszono na słupach, rozstawionych w odległości 100 m jeden od drugiego; są to liny aluminiowe o przekroju 193 i 162 mm², o wytrzymałości mechanicznej 17 kg/mm²; naciąg wynosi 5,66 kg/mm². Na odcinkach drogi górzystych, przewód stanowi lina stalowo-aluminiowa o przekroju 156 + 36 mm², wytrzymałości mechanicznej 29 kg/mm², naciągu 5,66 kg/mm². Każdy słup uziemiony jest zapomocą płyty miedzianej.

Średnia odległość między podstacjami wynosi: na odcinkach o niewielkim spadku 21,5 km, na odcinkach górzystych — 12 km.

Przewody jezdne mają prąd stały o napięciu 1500 V, otrzymywany z podstacyj przetwornicowych. Każda z nich posiada przetwornice jednotwornikowe, połączone po dwie w szereg, o mocy 1000 kW, napięciu 750 V, mianowicie: podstacja w La Praz ma zainstalowaną łączną moc 6000 kW, inne podstacje tymczasowo po 4000 kW, jakkolwiek miejsce przewidziane jest na wytwarzanie 6000 kW. Jedynie na podstacyj w St. Pierre d'Albigny ustawiono zespoły silnikowo-prądnicowe z silnikami synchronicznymi, służącymi jednocześnie jako przesuwniki fazowe.

Przetwornice obrotowe obrano dlatego, że w czasie projektowania (r. 1923) jeszcze pogląd na pewność ruchu prostowników nie był dostatecznie ustalony, jak również ze względu na możliwość rekuperacji prądu.

Urządzenia rozdzielcze na 42 000 V umieszczono w podstacjach pod dachem, gdyż uznano to za konieczne na miejscach wyżej położonych ze względu na warunki klimatyczne; potem już pozostałe podstacje, dla utrzymania jednolitości urządzeń, umieszczono również pod dachem.

Doprowadzanie prądu odbywa się zapomocą trzeciej szyny. Szyna prądowa ma normalną długość 24 m, przekrój 6600 mm², ciężar 50 kg/m i oporność 12 mikroomów/cm²/cm; jest ona ułożona w odległości 620 mm od najbliższej szyny jezdnej. Górna krawędź szyny prądowej, po której ślizga się zbieracz prądu, leży o 180 mm powyżej górnej krawędzi szyn jezdnych.

Jak się okazuje z dotychczasowej pracy, utrzymanie (konserwacja) szyny prądowej jest prostsze, a ilość zakłóceń ruchu mniejsza, niż przy stosowaniu przewodu górnego. Natomiast konserwacja nawierzchni jest utrudniona, gdyż wszelkie roboty muszą odbywać się przy szynie prądowej, będącej pod napięciem. (Le Touzé et Tourneur Revue Génér. des Chemins de Fer, t. 45. E.T.Z., zes. 46, 1930).

METALOZNAWSTWO.

Galwanizowanie metali.

W celu zbadania wpływu na pewne metale SO₄ i Cl, Davies i Wright przeprowadzili szereg doświadczeń.

Do badań użyto blach: stalowej, mosiężnej, brązowej i miedzianej o wymiarach 3"×1"×1 6" (76,2×25,4×4,2 mm); część ich zgięto pod kątem 120°. Grubość warstwy ochronnej wynosiła: 0,0001", 0,0005", 0,001" i 0,002". Do pokrycia użyto kadmu, cynku, niklu i chromu.

Przed zanurzeniem do kąpeli, próbki oczyszczono od tłuszczu zapomocą wrzącego roztworu KOH o stężeniu 200 g/l; następnie, w celu usunięcia alkaliów, próbki bejcowano: stalowe — w ciągu 1 minuty w 30% roztworu H₂SO₄, zaś pozostałe zanurzano w mieszaninie 1 cz. obj. H₂SO₄, 2 cz. obj. HNO₃ i 1 cz. obj. H₂O; potem próbki starannie wypłukano w bieżącej wodzie i włożono do kąpeli galwanizującej.

Do pokrycia kadmem użyto kąpeli o składzie:

- K₂ Cd (CN)₄ 50 g/l
- KCN 10 "
- lukrecji 5 cm³/l.

Temperatura kąpeli wynosiła +20° C; jako anody, użyto pręta o przekroju 3,5"×1,5" (88,9×38,1 mm), odlanego z kadmu, odległość elektrod (63,5 mm) była ściśle regulowana podczas całego procesu.

Przy cynkowaniu użyto elektrolitu o składzie:

- Zn SO₄·6H₂O 300 g/l
- Na Cl 12,5 "
- H₃ BO₃ 19,0 "
- Al₂ (SO₄) 8H₂O 19,0 "
- Dekstryny 6,25 "

Przy pracy dodano nieco H₂SO₄. Anoda była odlana z cynku, o wielkości i rozstawieniu jak przedtem.

- | | | | |
|---|--|--|--|
| Skład kąpeli do nikielowania | | do chromowania | |
| Ni SO ₄ ·7H ₂ O 240 g/l | | Cr O ₃ 250 g/l | |
| KCl 19 " | | H ₂ SO ₄ 2,5 " | |
| H ₃ BO ₃ 30 " | | | |

TABELA I.

Wpływ korozji.

S—próbka stalowa, M—mosiężna, B—brązowa, C—miedziana
A—dana warstwa nie chroni, B—chroni słabo, C—średnio,
D—chroni dobrze.

Metal ochraniający	Grubość w calach	Sól						Kwas siarkowy									
		próbka zgięta			próbka prosta			próbka zgięta			próbka prosta						
		S	M	B	C	S	M	B	C	S	M	B	C	S	M	B	C
Cd	0,0001	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	B	C	
	0,0005	B	B	C	C	B	B	B	B	B	C	B	B	A	C	B	A
	0,001	C	C	C	C	B	B	C	C	C	C	C	C	A	B	D	D
	0,002	D	D	D	D	C	D	C	D	D	D	D	D	D	D	B	B
Zn	0,0001	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C	C	
	0,0005	B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	0,001	B	B	B	B	C	C	B	B	C	C	C	C	C	C	B	B
	0,002	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D
Ni	0,0001	A	D	D	D	A	D	D	D	B	D	C	D	B	D	D	D
	0,0005	B	D	C	C	A	D	D	D	B	D	C	C	B	C	C	C
	0,001	C	D	D	D	A	D	D	D	C	D	C	C	C	D	D	D
	0,002	C	D	D	D	C	D	D	D	C	D	C	D	D	D	D	D
Cr	0,0001	A	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D
	0,0005	A	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D
	0,001	A	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D
	0,002	A	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D	A	D	D	D

W stosunku do żelaza trzeba rozróżnić 2 grupy: Cd i Zn — pierwiastki w stosunku do żelaza elektrododatnie — i Cr i Ni — elektroujemne. Działanie Cd i Zn jest podobne, różnicę widzimy jedynie w stopniu. Odporność warstwy cynkowej jest wprost proporcjonalna do grubości tej warstwy, czego nie można powiedzieć w stosunku do warstwy Cd. Naogół cynk ulega działaniu czynników korozyjnych i łatwiej się rozpuszcza aniżeli kadm. To samo można powiedzieć w stosunku do innych próbek. Cr w stosunku do próbek nieżelaznych dał wyniki b. dobre; naogół stopni przejściowych w stosunku do niego nie widzimy.

Charakterystykę skutków korozji daje tabela II.

TABELA II.

Metal ochronny	P r o d u k t y k o r o z j i			
	Na Cl		H ₂ SO ₄	
	próbka stalowa	inne próbki	próbka stalowa	inne próbki
Cd	Proszek biały Cd, Na, Cl, OH. Rdza Fe	Biały, Cd, Na, Cl. Zielony, Cu, Na, Cl.	Biały, ślady Cd SO ₄ Rdza Fe	Biały, ślady Cd SO ₄ Zielony, Cu
Zn	Biały, Zn, Na, Cl, OH Rdza Fe	Biały, Zn, Na, Cl. Zielony, Cu, Na, Cl.	Biały, ślady Zn SO ₄ Rdza Fe	Biały, ślady Zn SO ₄ Zielony, Cu
Ni	Rdza Fe	Zielony, ślady Cu, Na, Cl.	Rdza Fe	Zielony, ślady Cu
Cr	Rdza Fe	Zielony, ślady Cu, Na, Cl.	Rdza Fe	Zielony, ślady Cu

Temp. kąpeli wynosiła +20°, zaś chromowej +45°; ostatnia miała gęstość prądu 180 A/cm².

Po pokryciu warstwą ochronną, umieszczono próbki na 336 godz. w komorach, gdzie je poddano natryskiwaniu w ciągu 103 godz. bardzo drobno rozproszonymi kroplami roztworu NaCl w wodzie (24 g/l), względnie 0,05N roztworem kwasu siarkowego. Temp. w komorach wynosiła +20° ± 2°.

Wyniki prób tych są zebrane w tabeli I.

Cynk daje więcej od chromu białego produktu, którym jest ZnCl₂·2NaCl·3H₂O, względnie CdCl₂·2NaCl·3H₂O. Zn ulega łatwemu hydrolizie. W roztworze soli znaleziono, oprócz Na, jeszcze Cu, Fe, Cd i Zn. W wypadkach natryskiwania kwasem siarkowym tworzą się siarczany cynku i kadmu. W kwasie znaleziono Zn, Cd, Fe i Cu, natomiast ani w soli, ani w kwasie nie znaleziono nawet śladów Ni i Cr.

Autorzy dochodzą do wniosku, że najlepszą ochroną jest warstwa niklowa. (Journ. Met. Institute 1930, I, t. XLIII, str. 247—271).
E. P.

Żyłkowatość żelaza α a przemiana A_3 .

Jak już sprawozdawca niedawno zaznaczał¹⁾, nie wpływa żyłkowatość α -Fe na wytrzymałość tworzywa. Dalsze badania autorów wykazały, że żyłkowatość łączy się z jednej strony z przebiegiem A_3 , z drugiej jednak także z odkształceniem. Zależności od A_3 każą się domyślać przykłady żelaza elektrolitycznego oraz stali o wysokiej zawartości krzemu. W żelazie elektrolitycznym można przez kilkakrotne żarzenie powyżej A_3 wywołać żyłkowatość bez uprzedniej obróbki na zimno. Stal wysokokrzemowa nie wykazuje nigdy żyłkowatości, gdyż, jak wynika z wykresu Fe—Si, nie można jej przeprowadzić w odmianę γ (zakres ograniczony istnienia γ -Fe).

Powstawanie żyłkowatości próbowano już tłumaczyć równoczesnością przekształcania γ -Fe na α -Fe w kilku ośrodkach rekrytalizacji wewnątrz jednego kryształu γ -Fe. Słabsze wytrawianie się żyłkowatości α -Fe niż granic całego ziarna kładziono na karb różnokierunkowości krystalicznej, nie zastanawiając się nad charakterystyczną równoległością linii żyłkowatości i niezależnością od granic ziarn.

Kucie powyżej A_3 nie zmienia stopnia żyłkowatości w porównaniu ze stanem wyjściowym. Odkształcenie około A_3 lub poniżej A_3 , lecz powyżej 600° wpływa na zwiększenie ilości linii żyłkowatości. Rozrywanie żelaza Armco na gorąco wykazało, że przy rozrywaniu próbek przy temperaturach niższych od 600° stopień żyłkowatości nie ulegał zmianie. Próbki rozrywane w temp. 700° — 810° wykazywały zanik żyłkowatości, która zaczęła się znów pojawiać w temperaturach powyżej 850° (a więc poniżej A_3) i około 900° powtórnie zanikała.

Wychodząc z założenia, popartego przykładami żelaza elektrolitycznego i stali wysokokrzemowej, że żyłkowatość wiąże się z przemianą $\gamma \rightarrow \alpha$ dochodzimy do wniosku, że odnawianie się ziarna α -Fe podczas rekrytalizacji powinno pociągnąć za sobą zanik żyłkowatości. Stal o 0,13% C i 0,5% Mn, wykazującą w stanie znormalizowanym silną żyłkowatość, zgnieciono na zimno do 80% pierwotnej wysokości i żarzone 5 godz. przy 750° , powodując silny wzrost ziarna i równocześnie zanik żyłkowatości. Nawet przetrawienie podług Fry'a nie uwidacznia żyłkowatości.

Żelazo elektrolityczne o 99,92% Fe i 0,04% Mn przetopiono, znormalizowano, zgnieciono na zimno na 90% wysokości i żarzone 1 godz. przy 850° . Żyłkowatość zanikła zupełnie. Jeżeli rekrytalizacja nie jest zupełna, wykazują ziarna zrekrystalizowane prawie niezmienną żyłkowatość

Ogrzewanie żelaza elektrolitycznego zrekrystalizowanego przez 15' przy 880° nie wywołuje żyłkowatości, wystąpi ona jednak, gdy przekroczymy A_3 (żarząc 15' przy 910°).

Przy A_1 rozpoczyna się przechodzenie cementytu w roztwór stały. Ze wzrostem temperatury powstaje coraz więcej roztworu stałego, który wypiera stopniowo ferryt, aż do osiągnięcia temperatury zupełnego zaniku ferrytu (t. j. A_3). Żarząc pomiędzy A_1 a A_3 , mamy ferryt miejscowo doprowadzony już do temperatury przechodzenia cementytu w roztwór, bo równowaga przemiany wymaga pewnego stosunku α -Fe do γ -Fe. Ilość zanikającego ferrytu zależy od wysokości temperatury i od czasu, jaki pozostawiamy cementytowi do dyfuzji. Dając tworzywu możliwość rekrytalizacji w temperaturach powyżej A_1 (a poniżej A_3) przez dłuższy czas, znaleźli autorowie na granicach ziarn α -Fe pas żyłkowaty, wewnątrz jednak kryształy były „gładkie”. Ferryt, dla którego temperatura żarzenia nie przekroczyła jego miejscowego punktu przemiany (niejako lokalnego A_3), jest jednolity. Czas żarzenia wpływa w stosunku prostym na sto-

pień żyłkowatości, względnie na grubość granicznego pasa nią objętego.

Próby odkształcania na zimno i w temperaturach podwyższonych przeprowadzono na próbkach uwolnionych drogą rekrytalizacji od żyłkowatości, co za każdym razem sprawdzano. Kuto próbki na zimno; przy temp. 650° ($< A_1$) oraz pomiędzy A_1 i A_3 . Kucie na zimno wywołało znane zaburzenia, jednak żyłkowatości nie zauważono wcale. Kucie pomiędzy A_1 i A_3 wywołało żyłkowatość granicznych pasów ziarn α -Fe, to jest tych części, dla których przekroczono ich miejscową temperaturę przemiany allotropowej. Wnętrza ziarn pozostały nienaruszone. Żyłkowatość brzegów ziarn wzrosła w porównaniu z żarzeniem bez odkształcenia tworzywem. Żelazo elektrolityczne, kute przy 880° , nie wykazało żyłkowatości.

Doświadczenia te wykazują, że żyłkowatość występuje w tworzywie, które ogrzano do A_3 , lub do lokalnej temperatury przemiany $\alpha \rightarrow \gamma$ -Fe. Żyłkowatość można wywołać bez kucia w okolicy A_3 , jednak w słabszym stopniu, przez wyżarzenie. Wyjaśnienie okoliczności powstawania żyłkowatości pozwala ją wyodrębnić, jako zjawisko, nie mające z płynięciem i odkształceniem siatki przestrzennej nic wspólnego. (E. Ammermann i H. Kornfeld. Arch. f. d. Eisenhüttenwesen III (1929/30). Zeszyt 4, str. 307).

Uwaga sprawozdawcy: Badania żyłkowatości wskazują na podkreślony przez autorów fakt, że przemiana $\alpha \rightarrow \gamma$ posuwa się w poszczególnych kryształach od ich brzegów stopniowo ku wnętrzu. Jest to podsuniecie znanej analogii przemiany allotropowej do topienia, które również rozpoczyna się od granic kryształów i jest logiczną odwrotnością krzepnięcia, zaczynającego się od powstania ośrodków krystalizacji.

Faktu tego niestety nie zaznaczyli autorzy wyraźnie, posługując się do określania przemiany terminem „węgiel cementytu przechodzi w roztwór” i zaznaczając, że od drobnych ilości rozpuszczonych w α -Fe abstrahują, by nie komplikować wyjaśnienia stopniowości odbywania się przemiany. Nie mówiąc wyraźnie, że najpierw musi lokalnie zajść przemiana $\alpha \rightarrow \gamma$ (którą sprawozdawca porównywa do obtapiania się topiącego się kryształu), a potem dopiero rozpoczyna się cementyt w γ -Fe, nie podali autorzy powodu powstawania żyłkowatości. Powód ten można wydedukować z doświadczeń autorów, przyjmując stopniowość idącej od brzegów do wnętrza kryształu przemiany $\alpha \rightarrow \gamma$ za słuszną. W chwili przemiany lokalnej zmniejsza się gwałtownie objętość właśnie przekrytalizowanej cząstki (zmiana współczynnika rozszerzalności w chwili przemiany), podczas gdy objętość ferrytu rośnie nadal tylko linjowo. Wskutek tego następuje pęknięcie między świeżo powstałą cząstką γ -Fe a nieprzekrytalizowanym jeszcze α -Fe. W tworzywach o wyższej zawartości węgla przemiana odbywa się równomierniej, gdyż zakres jej jest wąski. Żyłkowatość jest wówczas dla tego słaba, lub niewidoczna. Żelazo elektrolityczne wykazuje żyłkowatość zależną od czasu trwania przemiany, gdyż ma jeden tylko punkt przemiany (praktycznie). Czysty perlit powinienby zachowywać się podobnie jak żelazo elektrolityczne, tu jednak proces przemiany zachodzi łatwiej, gdyż mamy do czynienia z eutektoidem (analogia z topieniem się eutektyki). Zagadnienie żyłkowatości nie wyszło jeszcze poza ramy teorii. Spodziewać się można, że poznanie tego zjawiska, znacznie wpływającego na udarność, przyczyni się do teoretycznego uzasadnienia kruchości. Znajomość tych zjawisk może wiele dopomóc w badaniach nad warunkami żarzenia poniżej A_1 , którego technika, mimo wiążącej się z niem rekrytalizacji, zaczyna się coraz mniej obawiać.

¹⁾ Przegl. Techn. 1930, zes. 48, str. 976.

Bibliografia.

Obrabiarki do metali i praca na nich. Cz. III. Obrabiarki o ruchu roboczym obrotowym, pracujące narzędziami o małej liczbie ostrzy (tokarki, wiertarki, gwinciaraki). Prof. E. T. Geisler. Str. 383, rys. 376. Nakł. „Książnicy-Atlasu”. Lwów — Warszawa 1929.

Powyższa książka ukazała się przed rokiem, jako duży, drugi z kolei, tom podręcznika, obliczonego w całości na cztery tomy; pierwszy tom wydany został w r. 1923. Autor w przedmowie wyjaśnia, że przyczyn tak znacznego, w stosunku do pierwotnych zamiarów, opóźnienia w wydaniu drugiego tomu szuka należy w trudnościach, związanych z wykonaniem rzeczywiście licznych bardzo rysunków. Wyjaśnienie to nie pocieszy tych, którzy z dużym zainteresowaniem wyczekują ukazania się dalszych części tej wartościowej pracy, gdyż sądzić należy, że Autor i nadal przywiązywać będzie dużą wagę do wyposażenia jej w niemniej liczne rysunki; gorąco więc życzyliby sobie należało, aby trudności, o których wspomniano w przedmowie, udało się obejść i aby najbliższa już przyszłość przyniosła wydanie dwóch końcowych tomów tej bardzo cennej pracy.

Przystępując do oceny drugiego tomu podręcznika, stwierdzić należy jego liczne i bardzo dodatnie strony; ogromna ilość materiału, zebranego i opracowanego bardzo starannie, styl jasny i wzięty, słownictwo zupełnie poprawne; niezmiernie bogactwo doskonale wybranych rysunków, które z małymi wyjątkami (np. rys. 94), wypadły bez zarzutu. Z największym uznaniem podkreślić należy wyraźne dążenie Autora do uwzględnienia w możliwie szerokim zakresie konstrukcyj rodzajnych, zwłaszcza dawnej warszawskiej fabryki obrabiarek Gerlacha i Pulsta, zniszczonej przez wojnę; przypomnienie w obecnej, dość ciężkiej chwili tego, co robiono u nas przed dwudziestu laty, jest więcej niż na miejscu, gdyż nic nie potrafiłoby chyba dodać więcej otuchy i bodźca do pracy, zmierzającej do ponownego nawiązania do dawnych, przez siłę wyższą zerwanych tradycji; jest to tembardziej słuszne, że z podręcznika tego korzystać będzie przedewszystkiem nasza młodzież ze szkół technicznych.

Mimo wszystkie niezmiernie liczne dodatnie strony tej pracy, pozwolę sobie wskazać niektóre rzeczy, które, być może, obniżyły nieco wartość książki.

W sposobie ujęcia całego materiału wyczuwa się wpływ podobnych podręczników dawniejszej daty, głównie niemieckich, zwłaszcza znanej obszernej książki Hüllega, którą kiedyś bardzo trafnie nazwano obszernym, bogato ilustrowanym katalogiem. Otóż książkom tym można zarzucić, że, mimo olbrzymiego rozrostu materiału, chcą zamknąć w sobie wszystko, co tylko można powiedzieć o obrabiarkach do metali, a czasem nadto i o pracy na nich. Książki te dają najczęściej zbyt dużo, jeżeli chodzi o ogólne, encyklopedyczne ujęcie tematu, a wtedy gorzej spełniają swe zadanie od podręczników ujętych bardziej zwięźle i obejmujących rzeczy zasadnicze; z drugiej strony, zawsze dają one zbyt mało, jeżeliby chodziło o dokładne zgłębienie jakiegoś szczególnego zagadnienia. A ponieważ rozwój techniki obróbkowej zakreśla coraz szersze kręgi i specjalizacja postępuje coraz dalej, siłą rzeczy narzuca się ona również i literaturze tego działu; to samo dzieje się we wszystkich innych dziedzinach techniki, i nieuniknionem następstwem tego jest wypieranie wielkich podręczników przez większe lub mniejsze monografie specjalne. Już przed szeregiem lat zwrócono uwagę na konieczność pójsia tą właśnie drogą w dziale literatury obróbkowej, wskazując na przykłady podobnych wydawnictw amerykańskich i niemieckich, które, dzięki swej taniości i względnej treściwości, znacznie lepiej mogą przyczynić się do dźwignięcia techniki obróbkowej w środowiskach pozbawionych możliwości stałego korzystania ze specjalnej prasy technicznej. Niema żadnej trudności, aby takie książeczki znalazły się w rękach młodzieży ze szkół technicznych, kształcącej się w kierunku warsztatowym; a wtedy nie będzie można postawić zarzutu, że coś daje jednocześnie i za dużo i za mało.

Poza tem należy zupełnie wyraźnie zdać sobie sprawę, że konstrukcja obrabiarek i praca na nich są to dwie całkownie różne dziedziny, które choć nakrywają się częściowo, to przecież małym tylko utamkiem swego obszaru; jeżeli w jednej książce piszemy o jednym i o drugim, i to

nie poprzestając na ogólnem, encyklopedycznym ujęciu rzeczy, piszemy właściwie dwie książki złączone w jedną, co nie wychodzi żadnej z nich na dobre.

To też, jeżeli podręcznik Hüllega opisuje na 600 stronach szczegółowej tylko konstrukcję szeregu obrabiarek, książka, której oceną zajęliśmy się, objąwszy również i pracę na obrabiarkach, zamknęła w blisko 600 stronach niewiele ponad połowę materiału, którego całość będzie musiała przekroczyć imponującą liczbę 1000 stron.

O ile lepiej spełniłoby swe przeznaczenie kilka odrębnych książeczek po sto kilkadziesiąt stron każda!

Książce Hüllega zarzucić można sztuczny i sztuczny podział całego materiału na obrabiarki o ruchu obrotowym, pracujące narzędziami o małej ilości ostrzy (tokarki, wiertarki), na podobne, lecz pracujące narzędziami o dużej ilości ostrzy (frezarki, szlifierki) i wreszcie na obrabiarki o rękach omawiane są na początku każdego z tych rozdziałów, chu prostoliniowym; narzędzia stosowane na tych obrabiarkach Otóż podział taki nie może być należycie usprawiedliwiony, gdyż pacy naturalne więzy, zachodzące zarówno między różnymi rodzajami narzędzi, jak i obrabiarek, zarówno w odniesieniu do ich pracy, jak i konstrukcji; w każdym razie tokarka bliższą jest konstrukcyjnie z jednej strony do frezarki, z drugiej (również rodzajem pracy) do szlifierki do szlifowania okrągłego, niż do wiertarki; nawet strugarkami wiązą tokarkę liczne wspólne narzędzia i bliższe pokrewieństwo procesu skrawania. To też wydaje mi się, że celowszem byłoby w wypadku podobnego podręcznika przyjęcie następującego układu:

- a) opis encyklopedyczny różnych typowych wypadków obróbki metali na przykładach najpospolitszych obrabiarek (tokarek, strugarek, wiertarek, frezarek, szlifierek) i stosowanych na nich narzędzi;
- b) encyklopedyczny wykład mechanizmów obrabiarek;
- c) obliczenia warsztatowe, zachodzące w różnych wypadkach obróbkowych;
- d) sprawdzanie dokładności obrabiarek;
- e) bardziej szczegółowy wykład o budowie, pracy, wykonywaniu i konserwacji ważniejszych narzędzi skrawających;
- f) wyzyskanie obrabiarek i narzędzi;
- g) obróbka przygotowana na obrabiarkach normalnych (budowa przyrządów);
- h) obróbka na obrabiarkach specjalnych (głównie rewolwerówkach i automatach);
- i) konstrukcja obrabiarek normalnych (tokarki zwykłe, frezarki, wiertarko-frezarki, wiertarki, strugarki, szlifierki);
- j) konstrukcje obrabiarek specjalnych (tokarki specjalne, jak np. automaty i kołówki, specjalne frezarki, wiertarki i strugarki).

Oczywiście, że samo przez się narzuca się rozbieżność całości na odrębne części, zupełnie od siebie niezależne, i zamiast jednego podręcznika mielibyśmy ich dziesięć. Ponadto wiele z nich (zwłaszcza np. wymienione pod e, h, i, j) dałoby się znów podzielić na drobniejsze odrębne monografie, gdyby chodziło nie o podręczniki szkolne, lecz o książki przeznaczone dla praktyków.

Metodyczny podział całego materiału jest rzeczą niezmiernie ważną, a wspomniana książka Hüllega pozostawia pod tym względem wiele do życzenia. Podręcznik prof. Geislera wykazuje w ogólnym swym układzie bardzo wiele podobieństwa do owej książki, i to nie wyszło mu, mem zdaniem, na korzyść, czyniąc całość nieco ciężką.

Oto ogólne spostrzeżenia, jakie mi się nasunęły, po zaznajomieniu się z książką prof. Geislera. Szanowny autor zechce mi wybaczyć, że pozwoliłem sobie wypowiedzieć je otwarcie; uważam, że zwrócenie na nie uwagi jest celowszem, niż wylawianie drobniejszych usterek i przeoczeń, które zawsze się spotyka, a których w książce jest istotnie zupełnie niewiele; uważałem, że przy okazji ukazania się tak ważnej dla nas książki nie od rzeczy będzie, jeżeli wypowiedziany zostanie ten pogląd, nieco różny od poglądu Autora.

Tem niemniej pragnę wyraźnie podkreślić, że zarzuty, przezemnie postawione, w bardzo nieznacznym tylko stopniu, zdaniem mem, zmniejszają istotną, rzeczysiwą wartość książki, która mimo wszystko pozostaje bardzo wielką.

Inż. W. Moszyński.