

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

Nowy rozwój mechaniki ciał plastycznych (dok.), nap. H. Mierzejewski, Profesor Politechniki Warszawskiej.

Sortownictwo węgla kamiennych, (c. d.), nap. Inż. H. Czeczott, Profesor Akademii Górniczej w Krakowie.

O zastosowaniu rur cementowych w kanalizacji, nap. H. Przyłęcki, Inżynier.

Tablica momentów dla szyny, nap. Z. Wasiutyński,

Przegląd pism technicznych.

Kronika.

Sprawozdania i prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

## SOMMAIRE:

Sur le développement de la mécanique du corps plastique (suite et fin), par M. H. Mierzejewski, Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie.

Préparation mécanique du charbon (suite), par M. H. Czeczott, Professeur à l'Académie des Mines de Cracovie.

Sur l'emploi des tuyaux en ciment dans la canalisation des eaux d'égouts, par M. H. Przyłęcki, Ingénieur.

Tableau des moments de flexion pour le calcul d'un rail, par M. Z. Wasiutyński.

Revue documentaire.

Informations diverses.

Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.

## Nowszy rozwój mechaniki ciał plastycznych.<sup>17)</sup>

Napisał H. Mierzejewski, Profesor Politechniki Warszawskiej.

### Skrećanie prętów pryzmatycznych z materiału plastycznego.

Zagadnienie skrećania prętów pryzmatycznych z materiału plastycznego, po przekroczeniu granicy sprężystości, zjawiało się z chwilą, gdy ustalone zostały równania, charakteryzujące układy naprężeń sprężystych w tych prętach. Jednak w odnośnych próbach ujęcia teoretycznego poprzestano na przedyskutowaniu i zbadaniu doświadczalnym przebiegu skrawania prętów o przekroju kołowym.<sup>17)</sup> Dopiero w ostatnich czasach zagadnienie ujęto szerzej, w zastosowaniu do prętów o dowolnych przekrojach. Mianowicie w r. 1923 Nádai i Trefftz podali jednocześnie nader proste rozwiązanie zagadnienia skrećania plastycznych prętów pryzmatycznych.<sup>18)</sup>

Z teorii sprężystości wiemy, że w punkcie  $x, y$  przekroju pręta pryzmatycznego, poddanego skrećaniu, działa jedynie naprężenie styczne o składowych  $\tau_x$  i  $\tau_y$ . Równanie równowagi przedstawi się w postaci  $\frac{\partial \tau_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_y}{\partial y} = 0$ , zaś warunek plastyczności przyjmujemy  $\tau_x^2 + \tau_y^2 = \text{const.}$ , uwzględniając materiał szczególnie plastyczny.

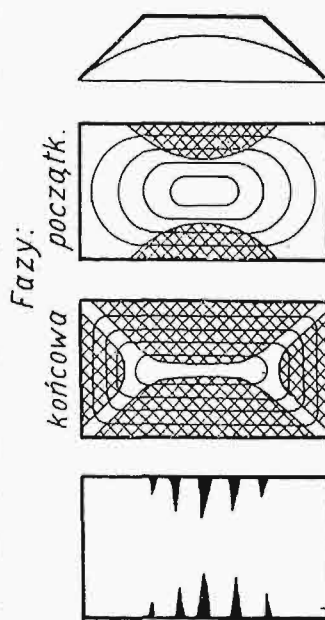
Jeśli dla zobrazowania układu naprężeń użyjemy funkcji naprężeń  $\varphi$ , to równaniu równowagi będą czynić zadość składowe naprężeń stycznych, wyrażone w funkcji naprężeń

$$\tau_x = \frac{\partial \varphi}{\partial y} ; \tau_y = - \frac{\partial \varphi}{\partial x} .$$

W częściach przekroju, gdzie materiał uległ odkształ-

ceniu plastycznemu, panuje następujący układ naprężeń:

$$\sqrt{\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2} = |\text{grad } \varphi| = \text{const.}$$



Rys. 22. Układ naprężeń stycznych po przekroczeniu granicy plastyczności.

kształcenie plastyczne zjawia się w całym przekroju, to powierzchnia utworzy daszek, pokrywający całkowicie przekrój.

Posiłkując się znaną analogią membranową Prandtl'a<sup>20)</sup>, możemy zobrazować przejrzyste roz-

Niech każdemu punktowi odpowiada rzędna  $\varphi$ , określająca t. zw. powierchnię naprężeń. Okazuje się, że posiada ona nader proste własności geometryczne. Przeprowadźmy warstwicę równoległą do płaszczyzny przekroju: ich rzuty wyznaczą rodzinę krzywych równoległych, uzależnionych od danej części profilu zewnętrznego<sup>19)</sup>. Powierzchnię  $\varphi$  uzmysławiamy sobie w kształcie zbocza dachu, jaki otrzymamy, przeprowadzając w poszczególnych punktach profilu w płaszczyznach doń prostopadłych proste nachylone pod stałym kątem względem płaszczyzny przekroju pręta. Jeśli pręt jest skrecony tak, że od-

\*) Dokończenie do str. 4 w № 1—2 r. b.

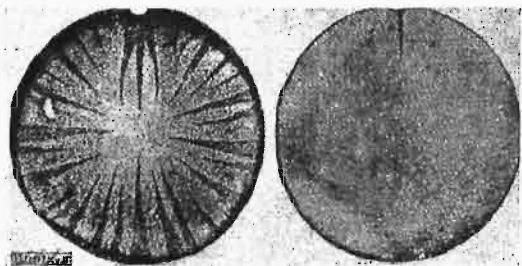
<sup>17)</sup> J. Thomson (brat Lorda Kelwina), p. W. Thomson: Mathematical Papers, III, 10. Również St. Venant, J. Liouv 378, 1872. Z nowszych prac M. Brillouin: Ann. de Phys. 14, 96, 1920.

<sup>18)</sup> A. Nádai, Der Beginn des Fließvorganges in einem geraden Stab. ZAMM. 3, 442, 1923.

<sup>19)</sup> E. Goursat, Cours d'analyse mathématique. Tom 2, str. 640.

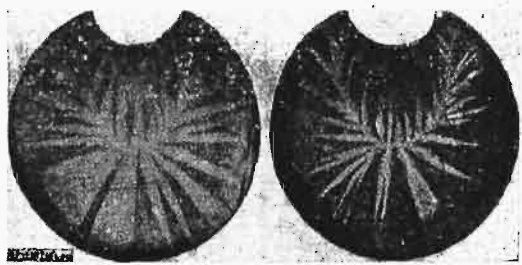
<sup>20)</sup> Timoszenko-Huber. Kurs wytrzymałości materiałów, str. 79.

układ naprężeń stycznych w przekroju pręta. Mianowicie na otworze, którego profil jest identyczny z profilem skręcanego pręta, rozpinamy sprężystą



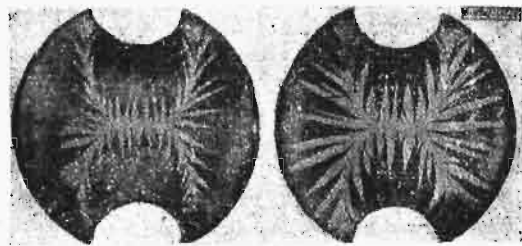
Rys. 23.

blonę. Nad otworem umieszczamy sztywny daszek o omawianym poprzednio kształcie geometrycznym, opierający się o dany profil. Błonę obciążamy rów-



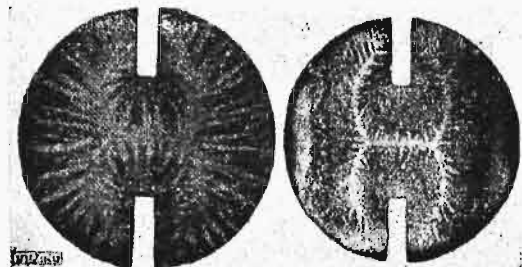
Rys. 24.

nomiennie od spodu, stosując np. pewne ciśnienie powietrza. Dopóki błona nie dotknie się wznoszącego się ponad nią daszka, jej powierzchnia uzmy-



Rys. 25.

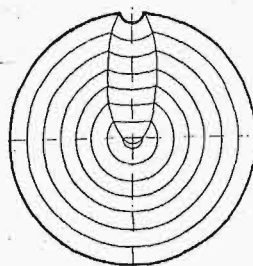
ślawia skręcanie sprężyste. Kąt skręcania pręta jest przytem proporcjonalny do prężności powietrza pod błoną.



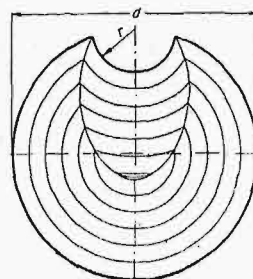
Rys. 26.

Jednym z przykładów, podanych przez Nadaï'a jest skręcanie pręta o przekroju prostokątnym (por. Timoszenko-Huber, str. 76). Rys. 22 przedstawia

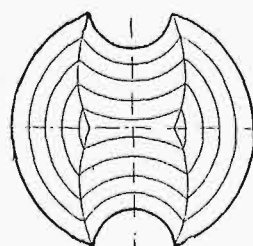
układ naprężeń stycznych po przekroczeniu granicy plastyczności. W odróżnieniu od dziedziny sprężystej, dziedzina plastyczna jest zakreskowana. Trajektorie naprężeń stycznych w polu odkształcania plastycznego są równoległe do prostych profilu zewnętrznego. W miarę zwiększania momentu skręcającego, zjawiają się pola odkształceń plastycznych również wzdłuż krótszych boków prostokąta.



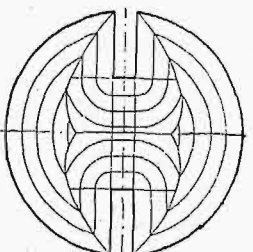
Stosując analogię membranową, możemy uzmysłowić sobie również i moment skręcający, jako dwukrotną objętość przestrzeni, zawartej pomiędzy naprężoną błoną, a profilem zamocowania.



Badania układu krzywych poślizgowych w przekrojach skręcanych prętów potwierdzają wartość analogii membranowej w traktowaniu omawianych zagadnień i, jak to się prawie zawsze zdarza, dają materiał do nowych dociekań teoretycznych. Okazuje się mianowicie, że zgniot nie zachodzi równomiernie w przewidywanych teoretycznie obszarach plastycznych, a przejawia się w postaci warstw pęknięciowych, sięgających nadspodziewanie głęboko wewnątrz. Wykryć je można zapomocą trawienia przekrojów odpolerowanych, posilkując się odczytnikami Fry i in. Warstwy pęknięciowe zaznaczają się wówczas, jako ciemne paski, prostopadłe względem zewnętrznego profilu pręta, których szerokość zmniejsza się w miarę oddalania się od konturu.



Kierunek tych pasków można określić jako rzut linii, po których spływają krople wody z daszka, o jakim była mowa w analogii membranowej. Wygląd zewnętrzny tych pasków przypomina żywo struktury krzepnięcia metalu w kokilach<sup>21)</sup>, jednak dodatkowe sprawdzenie przekonywa nas, że mamy tu do czynienia z obrazami wytrawiania, wynikającymi ze zgoła różnych rzeczy.



Niedawno otrzymane przez Bader'a i Nadaï'a piękne układy warstw pę-

<sup>21)</sup> Jan Czocharlski „Struktura metali i jej. znaczenie w odlewnictwie”. Przegl. Techn., 64, 69 i nast., 1926.

nięciowych w przekrojach skręcanych wałków ze żłobkami okrągłymi i prostokątnymi zapoznają doskonale z osiągniętymi wynikami i wprowadzają czytelnika w sedno zagadnienia<sup>22)</sup>. Na prawo rysunki przedstawiają układ warstwic w myśl analogii membranowej, a na lewo widzimy obraz zgniotu przy wywarcu mniejszego i większego momentu skręcającego. W tym ostatnim wypadku mamy do czynienia ze skręcaniem doprowadzonym do takiej fazy, że zgniot obejmuje prawie cały obszar przekroju. Otrzymane wyniki przekonują nas, że zagadnienie zgniotu plastycznego

i pęknięcia poślizgowego są ze sobą nierozdzielnie związane i że w tej dziedzinie należy oczekiwać dalszych postępów mechaniki ciał plastycznych.

Należy zaznaczyć, że matematyczne ujęcie zagadnienia skręcania wałków przyzmatycznych jest bez porównania łatwiejsze, niż w zagadnieniach dotyczących układów dwuwymiarowych lub osiowo-symetrycznych. Pochodzi to stąd, że układy naprężeń stycznych w przekrojach skręcanych prętów dają się ustalić na podstawie teorii potencjału, stanowiącej od wielu dziesiątków lat przedmiot systematycznych badań matematycznych.

## Sortownictwo węgla kamiennych.<sup>1)</sup>

Napisał H. Czeczott, Profesor Akademii Górniczej w Krakowie.

### II. ROZDRABIANIE.

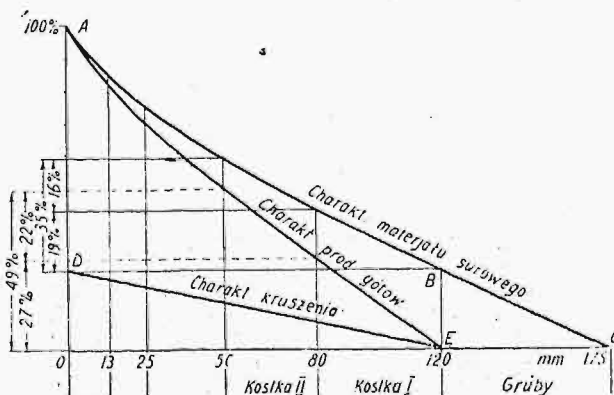
**4. Zastosowanie i zasady.** Rozdrabianie węgla kamiennego, jak i poprzednia operacja sortowania, może mieć również charakter operacji zasadniczej lub pomocniczej.

W charakterze operacji zasadniczej rozdrabianie stosuje się wówczas, jeżeli popyt na gatunki drobne i średnie jest większy niż na grubsze, uregulowanie zaś wychodów przez dobór sił lub odpowiednią organizację robót podziemnych jest niewystarczające.

W naszych zagłębiach węglowych rozdrabianie grubszych gatunków stosuje się rzadko, gdyż naogół biorąc, jak zaznaczyliśmy wyżej, i popyt na grubsze gatunki jest większy, i ceny rynkowe ich są wyższe. Jednakże, ostatnimi czasy daje się spostrzec, że nawet koleje żelazne — dotychczasowi główni odbiorcy węgla grubego — wolą zamawiać kostkę. Kopalnie w takich wypadkach stosują rozdrabianie gatunków najgrubszych, kruszarki zaś zostają tak uregulowane, żeby produkt rozdrobiony zawierał możliwie najwięcej kostek. Ponieważ jednak w produkcji tym zawsze znajduje się obok kostek dość znaczna ilość kawałków drobniejszych, do miału włącznie, przeto produkt rozdro-

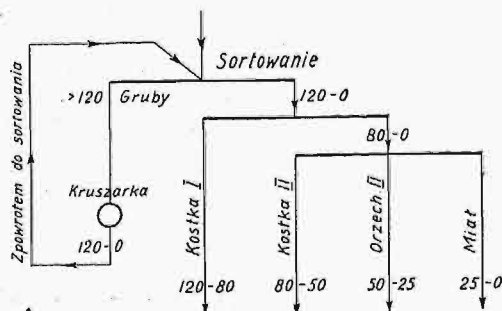
rowym (rys. 18). Oczywiście, wychód wszystkich pozostałych gatunków zostaje przytem zwiększony.

Celem określenia wychodu gatunków po rozdrobieniu węgla grubego, możemy zastosować też samą metodę graficzną przedstawiania wyników rozdrabiania zapomocą charakterystyki. Ostrożnie przeprowadzane rozdrabianie daje charakterystykę najczęściej w postaci prostej, i w każdym razie mniej wklęsłą od charakterystyki naturalnej,



Rys. 19.

Charakterystyka przy zastosowaniu rozdrabiania.



Rys. 18.

Schemat sortowania z rozdrabianiem węgla grubego.

biony zostaje skierowany z powrotem na przesiewacze i rozsortowywany wspólnie z materiałem su-

a czasem nawet — wypukłą. Jeżeli na rys. 19-ym ABC jest charakterystyką materiału surowego, przyczem AB jest charakterystyką tegoż materiału bez węgla grubego (w granicach 0—120), zaś BC — charakterystyką węgla grubego (> 120), to ta ostatnia zamienia się po rozdrobieniu co najmniej w prostą DE. Ogólny wynik otrzymuje się przez sumowanie odpowiednich rzędnych. Na rys. 19 AE przedstawia wspólną charakterystykę, powstałą przez sumowanie rzędnych charakterystyki AB na podstawie DB i charakterystyki DE. Oczywiście, jeśli DE jest mniej wklęsła od AB, to ilość ogólna gatunków grubszych powiększa się w proporcji znacznie większej, niż gatunków drobniejszych. Istotnie, kostki I mieliśmy 19%, a po rozdrobieniu — 27%, czyli przybyło jej 42%; kostki II było pierwotnie 16%, a po rozdrobieniu — 22%, czyli przybyło 37%; miału zaś mieliśmy dawniej 15%, a po rozdrobieniu 17%, czyli tylko o 12% więcej.

W innych krajach rozdrabianie odgrywa bardziej poważną rolę. Naprz. w Pensylwanii grube

<sup>22)</sup> W. Bader und A. Nádai. Die Vorgänge nach der Überschreitung der Fließgrenze in verdrehten Eisenstäben. VDI, 71, 1927, 347.

<sup>1)</sup> Ciąg dalszy do str. 507 w Nr 21 r. b.