

nik znacznie więcej skomplikowany. Ten proces możemy porównać do procesu chemicznego: dla połączenia 2 elementów musi być uwzględniony jakiś czynnik trzeci, aby połączenie dwóch pierwszych stało się możliwe, co może być ujęte wzorem następującym:

$$\begin{array}{c} R = M \\ \diagdown \quad \diagup \\ KW \end{array}$$

Jednakowoż fabryka, jako całość, jest częścią składową skomplikowanego organizmu społeczno-gospodarczego, znajdującego się na pewnym terytorjum, jest zależną od kosztów finansowych, handlowych i t. p., znajdujących się poza terenem samej fabryki i o ile dla samego procesu produkcji wystarcza podany wyżej wzór, o tyle biorąc całokształt fabryki, która ponosić musi ciężary podatkowe, ubezpieczeniowe, % od kapitału i t. d., podany powyżej organizm nie jest zdolny do życia.

Powyższy wzór powinien być otoczony

$$\boxed{\begin{array}{c} R = M \\ \diagdown \quad \diagup \\ KW \end{array}} = KO$$

kosztami ogólnymi i wtedy dopiero otrzymujemy organizm żywotny. Otóż obliczenie kosztów własnych powinno iść wskazaną powyżej drogą.

Koszta warsztatowe są to te, które bezpośrednio umożliwiają połączenie robocizny głównej z materiałem; koszty zaś ogólne, które wiążą fabrykę ze światem zewnętrznym. Taki podział kosztów określa ściśle odpowiedzialność kierownictwa fabryki za odnośne koszty. Za koszty warsztatowe odpowiada w pierwszym rzędzie kierownik danego warsztatu, w całości zaś — kierownik techniczny; natomiast za koszty ogólne odpowiedzialny jest zarząd fabryki.

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

### BADANIA TECHNICZNE.

#### Wytrzymałość zębów w kołach zębatych.<sup>1)</sup>

Prof. S. Timoszenko<sup>2)</sup>, obecnie inżynier-badacz w zakładach Westinghouse Electric and Manufacturing Comp. w Pittsburgu, przeprowadził wspólnie z inż. Baud'em doświadczenia nad wytrzymałością zębów w kołach zębatych, które powinny zwrócić uwagę konstruktorów. Zagadnienie polegało na określeniu naprężeń: 1<sup>o</sup> wynikających ze zginania zęba i 2<sup>o</sup> miejscowych w pobliżu dwóch zębów. Pierwsze zadanie rozwiązano na drodze doświadczalnej zapomocą metody fotosprężystościowej<sup>3)</sup>, drugie na drodze analizy matematycznej.

Prof. Timoszenko za punkt wyjścia dla swych rozważań przyjął znany u nas i stosowany szeroko w praktyce wzór Lewis'a.<sup>4)</sup> Daje mu on pierwszeństwo w porównaniu ze wzorami niemieckimi, ze względu na racjonalniejsze ujęcie wpływu prędkości. Wzór Lewis'a przedstawiamy, jak zwykle w postaci

$$P = \alpha t \sigma_{dop} \frac{1}{1 + v/180} \dots \dots \dots (1)$$

przyczem  $\alpha$  jest współczynnikiem zależnym od profilu i liczby zębów,  $t$  — podziałka,  $\sigma_{dop}$  — naprężeniem dopuszczalnym, zaś  $v$  — prędkością obwodową zębów w m/min. W Niemczech stosują dość często wzór<sup>5)</sup>

$$P = 0,06 t \sigma_{dop} \left(1 - \frac{\sqrt{v}}{46}\right) \dots \dots \dots (2)$$

<sup>1)</sup> S. Timoschenko and R. V. Baud. The Strength of Gear Teeth. Mech. Engg. 48, 1926, 1105.

<sup>2)</sup> Znany u nas ze swej pracy: prof. S. P. Timoszenko. Kurs wytrzymałości materiałów. Przekład polski prof. M. T. Hubera.

<sup>3)</sup> Por. prace Mesnager'a i Coker'a w Przeglądzie Technicznym 1925 r.

<sup>4)</sup> Wzór Lewis'a przyjęty został w r. 1912 jako podstawa do obliczeń konstrukcyjnych w wytwórni Gerlacha i Pulsta w Warszawie. Bliższe dane znaleźć można w pracy: Prof. E. T. Geisler. Metody obliczania czasu roboczego Warszawa 1926.

<sup>5)</sup> J. Dalchau. Der Festigkeitsfaktor in der Festigkeitsformel für Zahnräder, Maschinenbau, 4, 1925, 360.

Z załączonej tabliczki wynika, że przy małych prędkościach (do 180 m/min) wzór Lewis'a i niemieckie dają mniej więcej te same wartości obciążenia dopuszczalnego. Przy dużych prędkościach, powyżej 15 m/sec, wzór Lewis'a daje obciążenie dopuszczane o 30% mniejsze od odpowiadającego wzorowi niemieckiemu.

Tabliczka porównawcza wzoru Lewis'a i niemieckiego dla kół zębatych; liczba zębów koła  $z = 20$  i  $z = 150$ , profil ewolutowy, kąt prestej przyporu 15°.

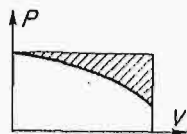
$v$ m/min	180	360	540	720	900
$0,06 \left(1 - \frac{\sqrt{v}}{46}\right)$	0,043	0,035	0,030	0,025	0,021
$(z=20) 0,09 \frac{1}{1 + v/180}$	0,060	0,040	0,030	0,024	0,020
$(z=150) 0,12 \frac{1}{1 + v/180}$	0,045	0,030	0,023	0,018	0,015

Prof. Timoszenko uważa, że wzór Lewis'a daleko lepiej uwzględnia wpływ prędkości, niż niemiecki, ze względu na efekt dynamiczny niedokładności wykonania zębów. Niech pewna niedokładność wykonania zębów wywołuje przedwczesne zetknięcie się zębów. W tych warunkach składowe prędkości dwóch zębów wzdłuż normali do powierzchni styku będą różne. Różnica  $\Delta v$  tych prędkości charakteryzuje do pewnego stopnia uderzenie, wynikające z omawianej niedokładności. Prędkości wyrównują się w okresie czasu  $\Delta t$ , jaki jest niezbędny dla przesunięcia zęba z położenia styku przedwczesnego do właściwego<sup>6)</sup>. Przyspieszenie wynosi:  $\gamma = \frac{1}{\Delta t} \frac{\Delta v}{\Delta t}$ .

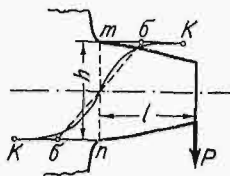
Dla pewnej wartości błędu  $\Delta v$  jest proporcjonalne do prędkości obwodowej, zaś  $\Delta t$  odwrotnie proporcjonalne do niej. Wynika z tego, że przyspieszenia, a tem samem i dodatkowe obciążenia, powinny być proporcjonalne do  $v^2$ . Tak więc nacisk dopuszczalny  $P$  na ząb powinien zmniejszać się wraz z prędkością według wykresu, przedstawionego na rys. 1. Następcza się tu uwaga, że bezwładność mas wirujących, połączonych sztywnie z kołami zębatymi, powinna być jaknajmniejsza. W wypadku kół rozpędowych i tworni-

<sup>6)</sup> O. Lasche, VDI. 43, 1899.

ków należy stosować giętkie wałki lub sprzęgła sprężyste.



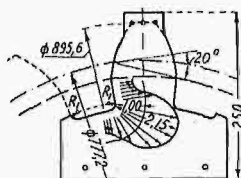
Rys. 1. Zmniejszenie obciążenia wraz z wzrostem prędkości obwodowej.



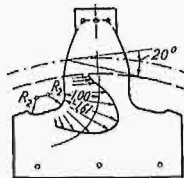
Rys. 2. Ząb, jako belka osadzona w jednym a obciążona w drugim końcu.

Wzór Lewis'a został, jak wiadomo, wyprowadzony na podstawie analogii zęba z belką o stałej wytrzymałości, osadzonej z jednego, a obciążonej z drugiego końca. (rys. 2). Przyjmujemy przytem zwykłe linijowe prawo rozkładu naprężeń w przekroju  $mn$ . W rzeczywistości w zaokrągleniach u podstawy zęba zjawia się znaczna koncentracja naprężeń. Rozkład naprężeń normalnych w przekroju  $mn$  przedstawia w tych warunkach wykres  $k-k$ , a nie  $\sigma-\sigma$ . Do wzoru Lewis'a należy wprowadzić „czynnik koncentracji naprężeń”. Powinien posiadać on zasadnicze znaczenie dla konstruktora, obliczającego dopuszczalne naprężenia w kołach zębatych.

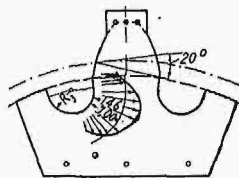
W celu określenia współczynnika konstrukcji naprężeń, wykonane zostały trzy modele, przedstawione na rys. 3, 4, 5. Profil w pierwszym modelu posiadał dość duże odcinki prostoliniowe wzdłuż promieni oraz małe zaokrąglenia u podstawy, odpowiadające normie zatwierdzonej przez Stow. amer. wytwórców kół zębatych. Drugi model posiadał większe zaokrąglenia, odpowiadające praktyce wielu wytwórni amerykańskich. Wreszcie trzeci profil został zaproponowany przez autorów doświadczeń w celu porównania go z poprzednim. Zaokrąglenia dano w nim maksymalne, zatacza-



Rys. 3. Wykres koncentracji naprężeń przy małym promieniu zaokrąglenia.



Rys. 4. Wykres koncentracji naprężeń przy normalnym promieniu zaokrąglenia.



Rys. 5. Wykres koncentracji naprężeń przy maksymalnym promieniu zaokrąglenia.

jąc wręcz zęba jednym łukiem. Modele wykonano w dużej skali z celuloidu, badając następnie rozkład naprężeń w świetle spolaryzowanym.

Otrzymane wykresy wykazały, że w pierwszym przypadku naprężenia lokalne były 2,15 razy większe od tych, jakie przewidywał wzór Lewis'a, a które na wykresie przedstawione zostały w postaci krzywej równoległej do łuku zaokrąglającego profil u podstawy w odległości — 1,00. Zwiększenie promienia zaokrąglającego okazało się nader skutecznym w kierunku zmniejszenia koncentracji naprężeń. O tem, że konstruktorzy mało się liczą z tym tak ważnym czynnikiem świadczył fakt, że w jednej z lokomotyw elektrycznych zastosowano koła zębate o profilu, posiadającym jeszcze ostrzejsze wcięcia u podstawy, niż wynikałoby to z rys. 3. Dla profilu tego współczynnik koncentracji naprężeń  $K$  wyniósł:  $K = 2,37$ .

Jeżeli mamy do czynienia z materiałami bardziej plastycznymi, jak stal ciągliwa, wpływ koncentracji naprężeń

jest zmniejszany wskutek lokalnego odkształcenia trwałego i wyrównania naprężeń. Zato w wypadku hartowanych kół zębatych nieuwzględnienie tego czynnika może narazić konstruktora na niepowodzenie. Zasadniczo należy stosować wzór Lewis'a w postaci

$$P = \alpha \beta t \sigma_{dop} \frac{1}{1 + v/180} \quad (3)$$

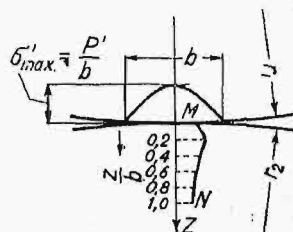
gdzie  $\beta$  zależy wyłącznie od promienia zaokrąglenia przy podstawie zęba. Autorowie doświadczeń proponują, aby współczynnik  $\beta = 1,6 k$ , gdzie  $k$  jest współczynnikiem koncentracji naprężeń. Przyjmując, że rys. 4 odpowiada profilowi normalnemu, dla którego  $\beta = 1$ , współczynnik  $k$  znajdujemy z wzoru  $k = 1 + 0,15 c/R$ , gdzie  $R$  jest promieniem zaokrąglenia, zaś  $c$  grubością zęba u podstawy. Dla rys. 3—5 otrzymujemy następujące wartości  $\beta$ :

$R$	$R/c$	$\beta$
10 (rys. 3)	0,104	0,66
25 (rys. 4)	0,260	1,01
38 (rys. 5)	0,375	1,14

Przechodząc do naprężeń lokalnych w pobliżu punktu styczności dwóch zębów we chwycie, uprościmy zadanie, zastępując profile zębów przez łuki kół stycznych i rozpatrując dociskanie sprężyste wałców zastępczych wzdłuż wspólnej tworzącej<sup>7)</sup>. Szerokość paska zetknięcia, wytworzonego przy wzajemnym nacisku wałców, określa wzór:

$$b = 3,04 \sqrt{\frac{P'}{E} \cdot \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}} \quad (4)$$

gdzie  $P'$  oznacza obciążenie na jednostkę długości walca,  $E$  — moduł Younga, zaś  $r_1$  i  $r_2$  promienie krzywizny profilów. Największe ciśnienia zachodzą w linii środkowej paska zetknięcia. Rozkład ciśnień w pasku zetknięcia profilów posiada pierwszorzędne znaczenie praktyczne, gdyż skupiony nacisk wpływa na szybkie zużycie się powierzchni. Można powiedzieć, że rozkład ciśnień wzdłuż szerokości paska  $b$  podlega prawu parabolicznemu (rys. 6), przy czym ciśnienie maksymalne zjawia się pośrodku paska i wynosi  $\sigma'_{max} = 1,5 P'/b$ . Jeśli za miarę wyężenia materiału przyjmujemy największe naprężenie styczne  $\tau_{max} = 1/2 (\sigma_1 - \sigma_2)$ ,<sup>8)</sup> i zbadamy zarazem układ naprężeń w omawianym obszarze, to okaże się, że pierwszych poślizgów należy spodziewać się nie na powierzchni, a na pewnej głębokości  $z$ . Wykres  $MN$  (rys. 6) zapozna nas mianowicie z rozkładem naprężeń tnących w zależności od głębokości  $z$ . Wykres ten tłumaczy dobrze przebieg zjawiska wgniatania zębów. Jeśli zęby są cementowane i utwardziane powierzchnicwo, może się zdarzyć bardzo łatwo, że odkształcenie



Rys. 6. U góry: Wykres zmiany ciśnienia w różnych punktach paska zetknięcia się profilów.

U dołu: Wykres największego naprężenia stycznego w zależności od głębokości  $z$ .

zjawi się w głębszej warstwie. Dotyczy to zwłaszcza tych cementowań, które nie sięgają głębiej niż na 0,3 mm, co nie zabezpiecza wcale zębów, jak to wynika z bezpośrednich obliczeń i co zauważone zostało w praktyce.

Teorie Hertz'a dają możność obliczenia ugięć zębów. Rozróżniamy trzy typy ugięć: 1. ugięcie, wynikające ze

<sup>7)</sup> Timoszenko-Huber. Kurs wytrzymałości materiałów, str. 67.

<sup>8)</sup> H. Mierzejewski, Przegląd Techn., 64, 1926.

splaszczania nierówności, pozostałych po obróbce mechanicznej, 2. Ugięcia wskutek splaszczania lokalnego w miejscu styku zębów, 3. ugięcie, wynikające ze zginania zęba, rozpatrywanego jako belka o stałej wytrzymałości. Obliczenia, potwierdzone doświadczeniami wytrzymałościowymi, wykazały, że wpływ ugięć we wszystkich trzech przypadkach można pominąć, o ile nie bierzemy pod uwagę równoczesnego chwytu kilku zębów naraz.

H. Mierzejewski.

## METALIZACJA.

### Odsiarczający wpływ fluorków na roztopione żelazo.

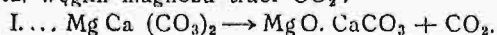
Autorowie (E. Wilke-Dörfurt i H. Buchholz, St. und E. 1926, 1818.) badali odsiarczający wpływ następujących fluorków na roztopione w tyglu żelazo:  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{MnF}_2$  i  $\text{MnSiF}_6$  i otrzymali nast. ciekawe wyniki:

Odsiarczanie w % pierwotnej zawartości siarki:

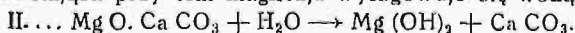
w żelazie	w żużłach
$\text{Na}_2\text{SiF}_6$ . . . . . 2,3	7,4
$\text{CaF}_2$ . . . . . 6,8	20,4
$\text{MnF}_2$ . . . . . 29,6	25,6
$\text{Na}_3\text{AlF}_6$ (sztuczny kryolit) 36,4	22,6
$\text{MnSiF}_6$ . . . . . 50,0	32,5

### Otrzymywanie magnezji z magnezytu i dolomitu.

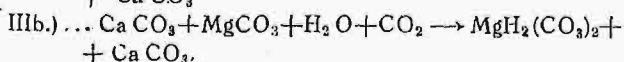
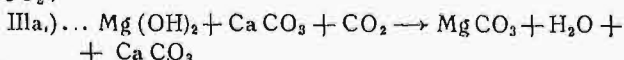
Przez odpowiednie prażenie surowego dolomitu lub magnezytu, węgiel magnezu traci  $\text{CO}_2$ :



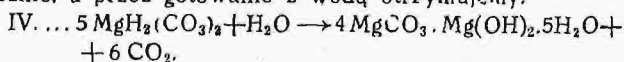
Powstająca przy tem magnezja wylugowuje się wodą



Na wylugowaną wodą mieszaninę, działa się bezwodnikiem  $\text{CO}_2$ :



Zatem lżejsze  $\text{MgH}_2(\text{CO}_3)_2$  oddziela się od  $\text{CaCO}_3$  mechanicznie, a przez gotowanie z wodą otrzymujemy:



Czysty węgiel magnezu traci  $\text{CO}_2$  przy  $450^\circ$ , zaś czysty węgiel wapnia przy  $825^\circ$ . Stąd wynika praktyczna temperatura prażenia dolomitu około  $600^\circ$ , kiedy otrzymujemy bieg reakcji według równania I. Gasy generatorowe, które się prowadzi proces prażenia, posiadają temperaturę  $650-750^\circ$ . (M. Henton, Min. and Metal. Engg., 1926.)

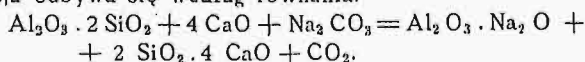
### O wykresie równowagi systemu Fe — C — Ni.

Autor podaje część wykresu potrójnego, ograniczonego zawartościami węgla w żelazie i niklu, odpowiadającymi związkom chemicznym  $\text{Fe}_3\text{C}$  i  $\text{Ni}_3\text{C}$ . Między podwójnym wykresem Fe— $\text{Fe}_3\text{C}$  i Ni— $\text{Ni}_3\text{C}$  jest dużo wspólnego w zakresie linii liquidus'a i solidus'a. Punkt eutektyczny Ni— $\text{Ni}_3\text{C}$  (ledeburyt) odpowiada zawartości 2,22% węgla i tworzy się przy temperaturze  $1318^\circ$ . Graniczna rozpuszczalność węgla w niklu w stanie stałym, w temperaturze tworzenia eutektyki jest 0,55% C i obniża się aż do 0,25% w zwykłych temperaturach. Przy hartowaniu, przechodzą do roztworu stałego nieco większe zawartości węgla, odpowiednio do podwyższonego w tej temperaturze stopnia rozpuszczalności węgla w niklu. Dołączono do tej pracy wykresy potrójne układu  $\text{Fe}_3\text{C}$  — Fe — Ni —  $\text{Ni}_3\text{C}$  są bardzo ciekawe. (Tsutom Kase, Tokio, St. und E. 1926, 1796).

### Otrzymywanie tlenku glinowego z gliny.

Ten ciekawy i aktualny problem rozwiązał autor w „Chemische Fabrik Griesheim Elektron“ z gliny o składzie chem.:  $\text{SiO}_2 = 53,0\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 39,7\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,9\%$ , i  $\text{TiO}_2 = 3,6\%$  w następujący sposób:

I. Metodą alkaliczną (patent Packard'a D. R. P. 182442) drogą stopienia ( $1100^\circ - 1200^\circ$ ) z wapnem i sodą. Reakcja odbywa się według równania:



Wydajność  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 16 - 18\%$ , podczas gdy z boksytu z sodą  $= 40 - 42\%$ .

II. Metodą kwasną: a) prażenie gliny przy  $700-800^\circ$

b) wylugowywanie prażonej gliny rozcieńczonym  $\text{H}_2\text{SO}_4$  w ruchu (w mieszalnikach), przyczem reakcja odbywa się z wydzielaniem ciepła, które doprowadza płyn prawie do wrzenia.

Po półgodzinnym wylugowaniu, przeprowadza się filtrowanie, w celu oddzielenia krzemionki. Przy tem powstaje trudność oddzielenia  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  od  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Autor pokonywa ją drogą stapiania z  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{C}$  w temperaturze  $1000^\circ$ , kiedy wskutek odpowiedniej reakcji tworzą się aluminaty i siarczany, lub działaniem na mieszaninę  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  gorącym  $\text{HCl}$ . Osad jest czystym  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . (H. Specketer, Z. f. Physik. Chem. 1924.110.514—523).

### Fotomikrograficzne badania przebiegu rekrytalizacji niektórych metali obrobionych na zimno.

Wskutek obróbki na zimno, jak twierdzi autor, w pewnym kierunku ściśle związanym z krystalograficzną cechą kryształu, zjawiają się linie, odmienne od linii poślizgu (markings). Brzegi tych „markings“ (znaczków) są z jednej strony więcej zębate niż z drugiej, podobnie jak u piły. Jednak znaczki te nie są ani liniami Neumanna'a ani bliźniakami. Nie przecinają się one wzajemnie, lecz tworzą „uskoki“ (slip or fault) i nie powstają w materiale wyżarzonym i nieznienionym.

Podczas rekrytalizacji, znaczki, względnie „uskoki“, są zarodkami do powstania zrekrystalizowanych ziaren i powoli przechodzą w zaokrąglone ziarna. Możliwe jest, że znaczki te (uskoki) są to strefy największych odkształceń i wtedy jest całkiem zrozumiałe, że pierwsze kryształki zrekrystalizowane zjawiają się właśnie w tych miejscach. W miarę postępu rekrytalizacji, te ponownie powstałe ziarna rosną, aż dopóki cała masa metalu nie będzie pochłonięta przez zrekrystalizowane ziarna.

Autor spostrzegł, że jeżeli upłynie pewien czas po zimnej obróbce, to nawet po doskonałej rekrytalizacji, taka próbka będzie zawsze wykazywać ślady niezupełnej rekrytalizacji. Cała ta praca jest ilustrowana wielką liczbą doskonałych mikrofotografii. (V. Krivobok, Trans. Am. Inst. Min. and Metal. Eng. 1926. Nr. 1557).

### ROBOTY PODWODNE.

#### Hel jako środek ochronny dla nurków.

Opierając się na tem, że szkodliwy wpływ na organizm wywiera podczas pracy w sprężonym powietrzu, a zwłaszcza po wyjściu z komory o wyższym ciśnieniu, rozpuszczanie się w krwi azotu i następnie jego szybkie wydzielanie się, po powrocie do normalnej atmosfery — zastosowano w marynarce amerykańskiej zamiast sprężonego powietrza — mieszaninę tlenu z helem, jako atmosferę otaczającą nurka. Hel bowiem rozpuszcza się w krwi w ilości 2 razy mniejszej niż azot. Liczne próby ze zwierzętami doprowadzone aż do ciśnienia 35 at w atmosferze powyższej mieszaniny dały wyniki pomyślne. Powtórzono więc je z ludźmi, w komorze o ściankach 38 mm-wej grubości. Nurek nie