

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TRESC:

- Odewanie niektórych stopów glinowych i próba przeprowadzenia ich modyfikacji, nap. Prof. Dr. Inż. Wł. Łoskiewicz i Inż. E. Perchorowicz, Kraków, Akademia Górnicza.
- Przebieg i kontrola autoksydacji. Przeciwtleniacze i ich zastosowania, nap. Dr. J. H. Frydlender, Paryż.
- Nowy pogląd na racjonalną budowę i obsługę parowozów z parą przegrzaną (dok.), nap. Inż. J. Madeyski.
- W sprawie przejawów plastyczności metali przy próbie rozrywania, nap. Prof. Dr. M. T. Huber.
- Przeгляд pism technicznych.

## SOMMAIRE:

- Sur la fonte de quelques alliages d'aluminium et l'essai de leur modification (à suivre), par MM. Wł. Łoskiewicz, Dr., Ing., Professeur, et E. Perchorowicz, Ingénieur, Académie des Mines de Cracovie.
- Le chimisme et le contrôle de l'autoxydation. Antioxygènes et leurs applications, par M. le Dr. J. H. Frydlender.
- Nouvelles idées dans la construction et le maintien des locomotives à vapeur (suite et fin), par M. J. Madeyski, Ingénieur.
- Sur les phénomènes de la plasticité des métaux au cours de l'essai de traction, par M. M. T. Huber, Professeur.
- Revue documentaire.

## Odlewanie niektórych stopów glinowych i próba przeprowadzenia ich modyfikacji.

Napisali Prof. Dr. Inż. Wł. Łoskiewicz i Inż. E. Perchorowicz, Kraków Akademia Górnicza.

Szerokie zastosowania lekkich stopów glinowych, które w tak szybkim tempie rozwijają wszystkie gałęzie przemysłu, i znaczenie ich w rozwoju ludzkości były omawiane wielokrotnie w szeregach artykułów przez jednego z autorów referatu niniejszego. Obecna praca ma na celu zaznajomienie szerszych kół z własnościami i sposobem odlewania najbardziej rozpowszechnionych stopów odlewniczych. Odlewy lekkostopowe są stosowane w bardzo licznych wypadkach, jednakże w literaturze naszej brak jest bliższych informacji co do wykonywania tych odlewów.

Polskie Normy (projekt) przewidują stopy normalne podane w tab. I.

Pozatem mogą być stosowane i inne stopy, jak silumin (glin—krzem), cetal (glin—krzem—miedź—cynk) i t. p.

Stopy, zawierające jako główny dodatek miedź, noszą często nazwę stopów amerykańskich, zaś te, które zawierają większą ilość cynku,—niemieckich.

W artykule niniejszym rozpatrzemy najpierw szczegółowo stopy glinu z krzemem, które narazie nie są w kraju wytapiane, ale które posiadają może najciekawsze własności mechaniczne i za parę lat będą mogły być stosowane i u nas (licencja patentowa wygasa za około dwa lata), a potem stopy z miedzią i stopy z miedzią i cynkiem.

### CZĘŚĆ I.

#### ALPAKS—SILUMIN.

Stopy glinu z krzemem wzbudziły zainteresowanie od samego początku rozwoju przemysłowego zastosowania glinu. Jednak badania w pierwszym okresie nie dały wyników dodatnich. Dopie-

ro ostatnie dziesięciolecie przyniosło cały szereg zdobyczy w tej dziedzinie i zabezpieczyło trwałe miejsce tym stopom wśród przemysłowych stopów glinowych. Po raz pierwszy otrzymał Chappelle stop Al—Si w roku 1854. Następnie pracowali nad nim St. Claire Deville (1855), Wöhler, Debray (1859), Rammelsberg (1869), Minet oraz Tissier. Na początku dwudziestego wieku zajmują się stopami glin—krzem Vigoroux, Arrivant, Guillet, Hönigschmidt, Hempt i Hansy (1908), Weiss i Engelhans oraz Schirmeister. Jednocześnie zaczynają się badania nad układem glin—krzem. Pierwszą pracę w tym kierunku ogłasza Fraenkel, następnie ukazują się prace Kohn-Abresta i Frilley'a.

Uzyskiwane przez powyższych badaczy stopy nie były ściśle, posiadały wielką ilość por, pęcherzy, były kruche, zaś inne ich własności wytrzymałościowe były również niskie. Dopiero metoda „zmiany”, opatentowana przez Pacza w latach 1920—1921, oraz dalsze prace w tym kierunku w stosunku do stopów o składzie zbliżonym do składu eutektycznego umożliwiły szersze zastosowanie tych stopów. Jednocześnie zjawia się cały szereg nowych, potrójnych stopów, jak lautal, cetal i t. p., zawierających poza innymi dodatkami również i krzem.

#### Układ glin—krzem.

Pierwsze opublikowane badania systematyczne układu Al—Si należą do Fraenkla<sup>1)</sup>, pewne zaś dane dorywcze znaleźć można w pracach Vigouraux, Arrivant'a i Guillet'a. Fraenkel ustalił, że

<sup>1)</sup> Fraenkel. Zft. für anorg. Chemie 1908, str. 58—154.

TABELA I

Skład chemiczny					Cechy wytrzymałościowe					
Cu %	Zn %	Al	Fe %	Si %	R		A		B	
					odlew piask.	odlew kokil.	odlew piask.	odlew kokil.	odlew piask.	odlew kokil.
6—8	0,3	reszta	1	1,5	9—14	11—14	1,0—3,0	2,0—4,0	45—55	50—60
10—12	0,3		1	1,5	11—14	13—16	0,5—1,0	1,0—2,0	70—80	75—85
14—16	0,3		1	1,5	13—17	15—19	0,0—0,5	0,5—1,0	100—120	110—130
2—5	8—12		1	1,5	11—14	13—16	1,0—3,0	2,0—4,0	60	65

glin i krzem w stanie stałym tworzą eutektykę, topiącą się przy 576° i zawierającą 10,5% Si. W stanie stałym Al rozpuszcza w temp. eutektyki około 1,25%, a w temperaturze normalnej 0,5% Si, zaś Si rozpuszcza w stanie stałym około 2% Al<sup>2)</sup>. Istnienie związków chemicznych, jak: Al<sub>2</sub>Si, znalezione przez Deville'a i później potwierdzone przez Kohn-Abresta przy temp. 1100°; Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>, znalezione przez Winklera, lub Al<sub>4</sub>Si w postaci ZrAl<sub>4</sub>Si<sub>2</sub>, znalezione przez Wedekinda, nie zostało potwierdzone przez Fraenkla, ani przez późniejszych badaczy.

Roberts<sup>3)</sup> znajduje eutektykę przy 10% Si oraz temp. topienia 578°; roztwór graniczny Si w Al zawiera 0,5% Si w wyższych temperaturach, zaś w temperaturach niższych rozpuszczalność ta spada do zera.

Następnie Rosenhain, Archbutt i Hanson ustalają punkt eutektyczny przy 10,5% Si, a roztwór gran. Si w Al przy 1,5%, zaś Jun. D. Edwards podaje 11,6% Si i 577° C. Guillet tłumaczy różnicę powstałą między jednym (10,5) a drugim (11,6) określeniem zawartości Si w eutektyce w ten sposób, że jedni uwzględniają ilość Si, znajdującą się w roztworze stałym, inni zaś nie. Jeżeli przeliczyć według proporcji:

$$\frac{\text{Si}}{\text{roztwór stały Si w Al}} = \frac{10,5}{88,5}$$

to otrzymamy eutektykę o zawartości 11,8% Si<sup>4)</sup>.

Czochralski określa granicę rozpuszczalności Si w Al jako 1%, a Hanson i Gayler jako 1,5%, przyczem z obniżeniem temperatury rozpuszczalność spada.

Wetzel i Konarski<sup>5)</sup> podają granicę rozpuszczalności dla temp. pokojowej jako 0,5% Si, oraz dla temp. 570°—1% i eutektykę przy 12%. Guillet stwierdza rozpuszczalność Si w Al do 0,5% przy 500° i do 0,1% przy 15°.

Otani<sup>6)</sup>, drogą analizy chemicznej oraz badań własności elektrycznych, ustalił jako temp. topliwości eutektyki 578° przy 12,2% Si. Przeprowadzając własną metodą określenie rozpuszczalności Si w Al, ustala on, że przy temp. 550° ilość Si rozpuszczonego w Al wynosi 1,47%, natomiast w temp. 360° — tylko 0,43% Si.

<sup>2)</sup> Portevin. Les alliages de silicium. Revue de Metallurgie 1909, str. 951.

<sup>3)</sup> Gwyer i Phillips. The constitution of alloy of aluminium with silicon and iron. Journ. Inst. Met. 1927/II, str. 29—75.

<sup>4)</sup> L. Guillet. Un nouvel alliage d'aluminium: l'Al-pax. Paris, 1923.

<sup>5)</sup> Rasso. Zeitschrift für Metallkunde. 1923, str. 106.

<sup>6)</sup> B. Otani. Journ. Inst. Met. 1926/II, str. 243.

Köster i Müller<sup>7)</sup> podają następujące liczby rozpuszczalności Si w Al: przy temp. 570° — 1,65%, przy 300° — 0,1% i w temp. pokojowej 0,05%.

Gwyer i Phillips<sup>8)</sup> podają zawartość eutektyczną Si w wysokości 11,7% i temp. topienia 577—578°. Rozpuszczalność Si w Al w temp. eutektyki wynosi 1,25%. Z obniżeniem temp. rozpuszczalność krzemu obniża się i przy 550° stanowi 1%, zaś przy 450° już tylko 0,2%. Rozpuszczalność glinu w krzemie jest mniejsza niż 2%.

Dix i Heath<sup>9)</sup> podają 11,82% Si dla składu eutektycznego, nie podając temp. topliwości.

W poniższej tabeli zestawione są wyniki badań rozpuszczalności Si w Al.

Temperatura °C	Granica rozpuszczalności				
	Otani	Gwyer i Phillips	Köster i Müller	Bosshard	Dix i Heath
557°	—	1,60	1,69	1,50—1,60	1,65
550	1,45	1,35	1,57	—	1,30
500	—	0,90	1,17	—	0,80
450	0,95 (460°C)	0,83	0,83	—	0,48
400	—	—	0,50	—	0,29
350	0,52 (360°C)	—	0,25	—	0,17
300	—	—	0,10	—	0,10
200	—	—	—	0,20	0,05

Jak widać z zestawienia powyższych prac, układ Al—Si przedstawia się bardzo prosto, jedynie nie są zupełnie ściśle określone: punkt eutektyczny i graniczna rozpuszczalność Si w Al, odchylenia jednak są b. nieznaczące i praktycznej roli w całości kształcie badań nie odgrywają.

Likwidus tworzą dwie gałęzie krzywej, wychodzące z punktu topienia glinu (658°) i krzemu (1420°), schodzące się w punkcie eutektycznym przy zawartości Si 10—12,2% i Al 90—87,8% i temp. topliwości 576—578° (rys. 1). Solidus składa się z trzech części: 1) od punktu topliwości Al do punktu granicznego roztworu Si w Al, 2) od p. topl. Si do p. granicznego roztworu Al w Si i 3) prostej łączącej punkty graniczne roztworów, leżącej na poziomie topienia się eutektyki. Rozpuszczalność Si w Al obniża się z obniżeniem się temperatury od 1,65% do 0,05% Si, jak to widać z rys. 2, na którym są zestawione dane Gwyer'a, Köster'a i Dix'a.

<sup>7)</sup> Zft. f. Metallkunde 1927, str. 52.

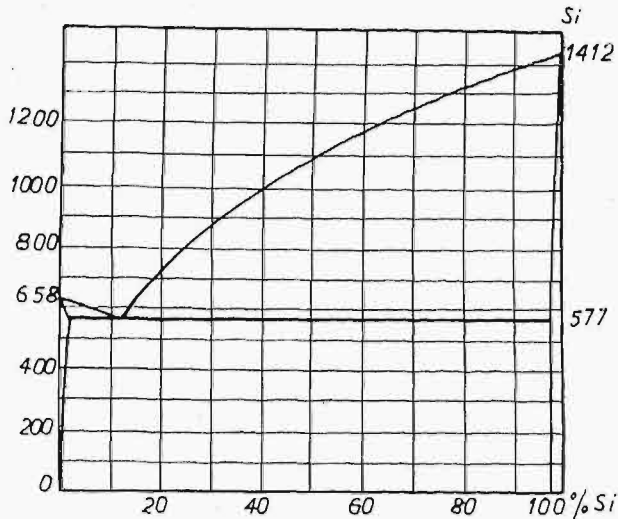
<sup>8)</sup> Trans. Amer. Inst. of Min. and Metallurg. Eng. 1927.

Istnieją więc dwa składniki: roztwór Si w Al i Al w Si, tworzące eutektykę.

### Alpaks.

#### Otrzymywanie stopu.

Przy otrzymywaniu alpaksu są stosowane dwie metody: albo krzem krystaliczny zostaje bezpośrednio stopiony z glinem, albo zostaje doprowadzony zapomocą zapraw<sup>9)</sup>.



Rys. 1. Układ Al—Si.

Jako stopy przejściowe (zaprawy), używane są:

- 1) 25% Si + 75% Al o temp. topl. 900°
- 2) 50% Si + 50% Al " " 1090°
- 3) 60% Si + 40% Al " " 1190°

Przy topieniu najpierw topi się glin, do którego później dodaje się albo jedną z zapraw, albo drobno tłuczony krzem<sup>10)</sup>. W obu wypadkach glin musi być przegrzany, zwłaszcza przy drugim sposobie, gdy podgrzewa się do 750—900° (Guillet radzi do 1000°). Po tem przeprowadza się rafinowanie (modyfikację).

Wiadomo bowiem, że stopy Al—Si nabywają dobrych własności mechanicznych dopiero po zakończeniu pewnych procesów fizyko-chemicznych. Poddając mianowicie te stopy działaniu pewnych czynników przed odlaniem, otrzymujemy budowę zupełnie odmienną, oraz bardzo poważne ulepszenie własności mechanicznych. Złom, zamiast gruboziarnistego, ciemnego, otrzymuje się drobnokrystaliczny, jasny i znacznie ściślejszy, budowa więcej jednorodna. To ostatnie stwierdzono drogą badania twardości. Skurcz zmniejsza się. Zamiast kryształów wolnego Si na tle eutektyki Al—Si, uzyskujemy eutektykę Al—Si. Podobną budowę posiadają stopy otrzymane drogą elektrolizy bez żadnych procesów dodatkowych. Pierwszy zwrócił uwagę na tę różnicę budowy Frilley, zaś Alador Pacz znalazł sposób przeprowadzenia stopu zwykłego w stan „zmieniony”<sup>11)</sup>.

Jego metoda<sup>12)</sup> polega na tem, że do stopu przegrzanego do 930° dodaje się fluorków sodu

<sup>9)</sup> Anderson. The metallurgy of aluminium and aluminium alloys. New-York. 1925.

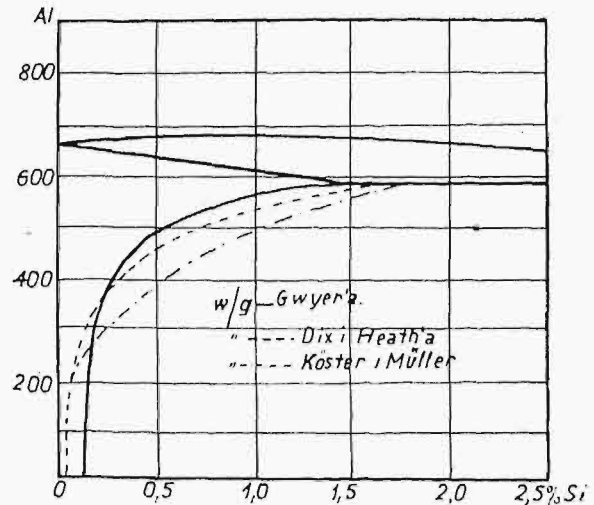
<sup>10)</sup> Rev. de Métallurgie, 1928, str. 438.

<sup>11)</sup> The Metallurgist, 1927, str. 8.

<sup>12)</sup> Zft. f. Metallkunde, 1925, str. 167.

i potasu w ilości 1—3%. Po pewnym czasie zaczyna się tworzyć żużel, który się usuwa, poczem czeka się dopóki temperatura kąpieli opadnie do temp. odlewania i wykonywa się odlew. Wytrzymałość podnosi się z 10—12,5 kg/mm<sup>2</sup> do 16,5—22 kg/mm<sup>2</sup>, zaś wydłużenie z 0,5—1,5% do 3,5—11%.

Stopy o takiej zmienionej budowie i ulepszonych własnościach mechanicznych noszą nazwę alpaks albo silumin.



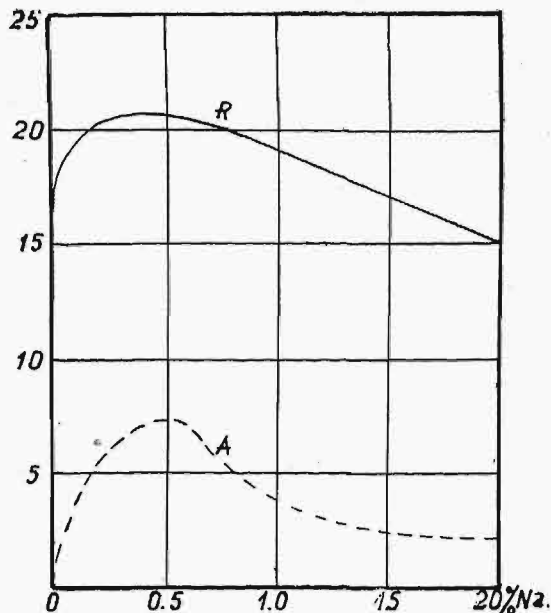
Rys. 2. Rozpuszczalność Si w Al w zależności od temperatury.

Badania przeprowadzone przez Otani'ego z różnemi zmieniającymi i w różnych zakresach temperatur wykazały, że najlepiej przeprowadzać modyfikację zapomocą sodu metalicznego (Na), gdy ilość jego nie przekracza 0,1%, nadmiar bowiem powoduje wydzielanie się gazów i niedobrą budowę<sup>9)</sup>. Badania w celu ustalenia najlepszej temperatury modyfikacji wykazały, że najlepiej doprowadzać „zmieniacz” w zakresie 720—750° C. Makrobudowa przy badaniu w zakresie od 660 do 880° mało się zmienia, zaś mikrostruktura znacznie się różni. Długie nagrzewanie powoduje częściowy powrót budowy niemodyfikowanej, zaś przetopienie przywraca całkowicie budowę zwykłą. Stop przetopiony w atmosferze redukującej (wodór) zachował budowę zmienioną, natomiast przetopiony na powietrzu wrócił do stanu normalnego.

Użycie fluorków wymaga stosowania wyższej temperatury przy rafinowaniu. Stosując inne fluorki, oprócz NaF, nie otrzymano dobrych wyników, więc można przypuszczać, że na zmianę nie działają same fluorki, lecz sól, który redukuje się krzemem z NaF.

Próby wywołania zmiany bizmutem, kadmem i ołowiem nie dały Otani'emu dobrych wyników. Również i próby zastosowania substancji wydzielających gaz, jak węgiel amonu i chlorek amonu, lub gazowych jak CO<sub>2</sub>, H oraz węgiel drzewny nie dały dobrych wyników. Szybkiem studzeniem w formach metalowych udało się Otani'emu otrzymać budowę drobnoziarnistą, ale niezmienioną. Uważa on, że najlepiej przeprowadzać modyfikację w temperaturze zbliżonej do temp. parowania sodu (720—750°), gdyż w niższych temperaturach dyfuzja jest zbyt powolna i modyfikacja nie zach-

dzi, zaś w temperaturach wyższych sód ulatnia się i ulega spalaniu.

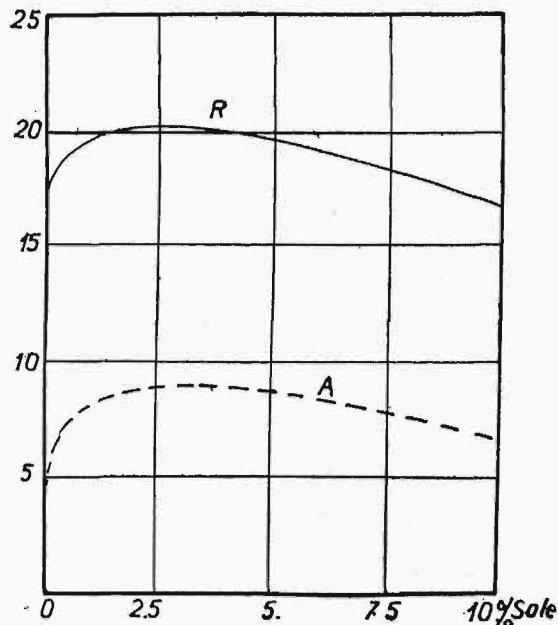


Rys. 3. Zmiany własności mechanicznych alpaksu, pod wpływem sodu jako zmieniacza.

Grogan<sup>13)</sup> twierdzi, że w stopach o małej zawartości wapnia (do 0,05%) zachodzi modyfikacja przy wykonywaniu odlewu w formach stałych, natomiast zmiana jest bardzo nieznaczna w odlewach piaskowych. Przy modyfikacji sodem metalicznym zaleca autor następujące postępowanie. Do stopu rozgrzanego do 720° doprowadza się na spód tygla sód, zmuszając go w ten sposób do przejścia przez całą kąpiel; część jego dostaje się na wierzch i spala się. Po ożużłowaniu metalu wykonywa się odlew w temp. 720°, o ile odlewa się w kokili, lub w 650° — w formie piaskowej. Sód odważa się pod parafiną. Do stopów zawierających mniej niż 12% Si dodaje się 0,05% Na, do bogatszych w Si — 0,1% Na. Jednakże Grogan nie uważa tej metody naogół za dobrą, gdyż wyniki zadawalające można otrzymać tylko sporadycznie; gęstość nie jest jednostajna, są dziury i wciągnięcia. Zmiany składu stopu, temperatury oraz czasu odstania nie wpływają dodatnio na wyniki.

Zamiast sodu zaleca więc Grogan metodę solną (salts), polegającą na zastosowaniu, jako zmieniaczy, topników zawierających fluorki metali alkalicznych. Mieszanina składa się z 2 części fluorku sodu i 1 części soli kuchennej (NaCl). Po dogrzanu stopu do 900° doprowadza się na jego powierzchnię powyższą mieszaninę warstwą grubości ¼—½ cala. Tygiel odstawia się na kilka minut, podczas których temperatura spada do temperatury odlewania 720—750°, zaś skorupa powstała na kąpeli powoli się stapia i na powierzchni pokazuje się płomień. Proces modyfikacji jest ukończony, gdy mieszanina całkowicie się stopi i na jej powierzchni widać tylko małe płomyki.

Mieszanina ta jest hygroskopijna i niszczy tygla, co wymaga starannego ich oczyszczania. Ze-



Rys. 4. Wpływ soli jako zmieniacza na własności mechaniczne alpaksu.

stawienie porównawcze, podane przez autora, wypada na korzyść jego metody.

	Gęstość	R	A%
	kg/mm <sup>2</sup>	(na 2 cal.)	
Odlew w kokili . . .	2,66	17,8	4
+ 0,1% Na . . .	2,646	19,1	5,3
+ 0,1% Na (inny sposób) . . .	2,645	18,7	5
metoda solna . . .	2,658	21,1	8,3

Wykresłne zestawienie własności mechanicznych stopu zmienionego sodem i metodą solną podają rys. 3 i 4.

Gwyer i Phillips<sup>14)</sup> badali, jako zmieniacze, sód i potas oraz ich fluorki, które dały dobre wyniki, natomiast metale ziem alkalicznych, magnez, kadm i cynk dobrych wyników nie dały. Podobnie arsen, antymon i bizmut (opatentowane przez Edwards'a) oraz lit, fosfor i wanad nie dały korzystnych wyników. Próbowali oni otrzymać, podobnie jak to podają Archer i Edwards, budowę zmodyfikowaną przez odlewanie do zimnych form; jednakże odlew do kokili o temperaturze +60° nie dał dobrych wyników, lepsze wyniki wypadły przy odlewie w kokilach chłodzonych specjalną mieszaniną. Właściwie otrzymano nie zmodyfikowany stop, tylko stop o bardzo drobnoziarnistej budowie.

Zbyt długie „odstanie” oraz mieszanie podczas krzepnięcia powodują zmniejszenie się efektu modyfikacji. Miejscowa modyfikacja, występująca często w odlewach piaskowych, jest uzależniona od ilości modyfikatora.

Stockdale i Wilkinson uważają, że następujące czynniki mają zasadniczy wpływ na przebieg modyfikacji<sup>15)</sup>:

<sup>13)</sup> Journ. Inst. Metals. 1926/II, str. 269.

<sup>14)</sup> Journ. Inst. Met. 1926/II, str. 283 — 324.

<sup>15)</sup> Journ. Inst. Met. 1926/II, str. 313 — 315.

1. Zawartość krzemu,
2. Ilość modyfikatora,
3. Czas odstania się,
4. Zanieczyszczenia.

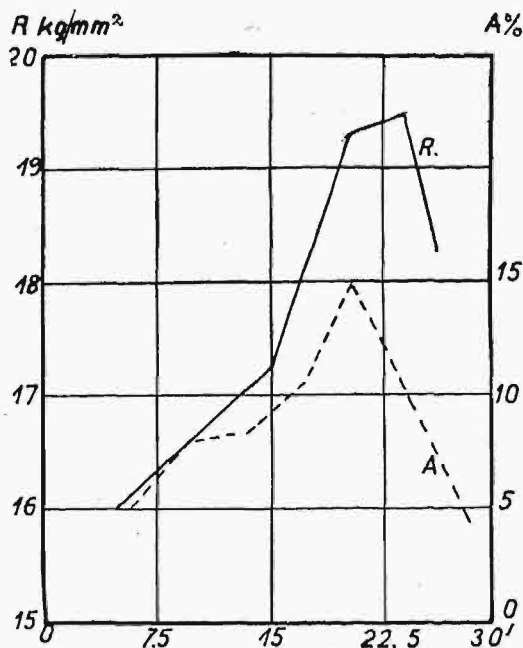
O wpływie zawartości krzemu będzie mowa w rozdziale o własnościach mechanicznych (rys. 5a).

Ustalenie odpowiedniej ilości modyfikatora jest kwestją b. ważną. Niedostateczna ilość nie da efektu zmiany, nadmiar zaś powoduje częściowy powrót do stanu normalnego. Autorzy dokładnie zbadali wpływ ilości zmieniaacza na własności mechaniczne.

Poniższa tabela podaje zależność własności mechanicznych od ilości modyfikatora.

Ilość zmieniaacza	R kg/mm <sup>2</sup>	A% (2 cale)	C%	B kg/mm <sup>2</sup>
Odlew w kokili:				
0,0 NaOH . . .	16,1	3,1	2,8	61
1% „ . . . . .	19,6	6,8	6,8	61,5
2% „ . . . . .	21,5	8,1	8,4	62,5
3% „ . . . . .	21	11,7	12,4	62,5
5% „ . . . . .	21,2	12,8	13,0	63,5
7,5% „ . . . . .	21,2	8,9	9,6	64,5
Odlew piaskowy:				
0,0 NaOH . . .	10,2	1,4	1,4	50,8
1% „ . . . . .	11,2	2,2	2,1	48,9
2% „ . . . . .	16,6	9,2	9,0	47,0
3% „ . . . . .	16,7	9,0	8,0	54,2
5% „ . . . . .	15,4	5,2	5,9	50,4
7,5% „ . . . . .	16,2	—	—	53,4

Zbadali również i wpływ czasu odstania się (rys. 5). Stwierdzili przytem, że stopy biedniejsze w krzem wykazują powolniejszą reakcję,



Rys. 5. Wpływ czasu odstania się na własności mechaniczne alpaksu.

Obecność żelaza znacznie utrudnia modyfikację.

Petit w pracy swej nad alpakami specjalnymi stwierdza, że ich modyfikacja innymi dodatkami, poza Na i K (2%), nie daje dobrych wyników.

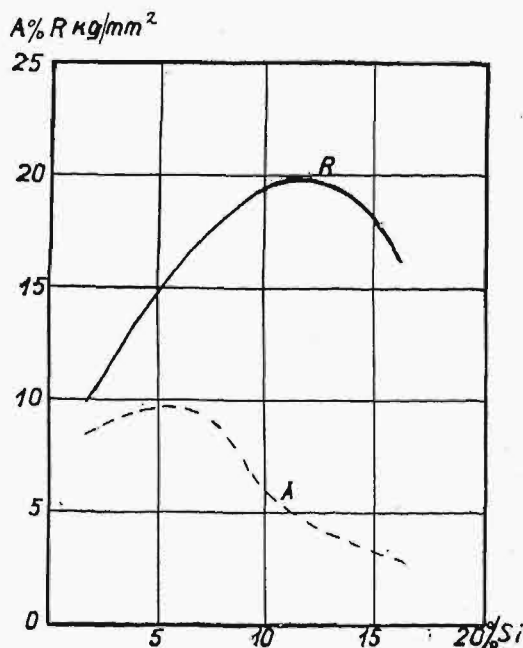
Określił on również najlepsze: 1) prędkość oziębiania, 2) temperaturę kąpieli w chwili wprowadzenia zmieniaacza i 3) ilości zmieniaacza. Ilość sodu mniejsza od 0,5 — 1% nie daje dobrych wyników. Najlepszą temperaturą modyfikacji, po doprowadzeniu „specjalnego” (dodatkowego) składnika, jest 775°, zaś odlewania 675°. Szybkość doprowadzenia stopu do temperatury rafinowania zasadniczej roli nie gra. Natomiast poważną rolę odegrywa szybkość studzenia, gdyż przy szybszem studzeniu otrzymuje się więcej drobnoziarnistą budowę<sup>16)</sup>.

Miss Gayler<sup>17)</sup> próbowała otrzymać alpaks drogą odlewania w chłodzonych kokilach, co byłoby metodą znacznie tańszą od innych. Jednak badania nie potwierdziły możliwości uzyskania stopu o zmienionej budowie tą metodą; otrzymano budowę drobnoziarnistą, ale normalną.

Tullis<sup>18)</sup> otrzymał budowę modyfikowaną przy przepuszczaniu chloru przez stop.

Co do czasu odstania, to podług Edwardsa powinien on być możliwie krótki<sup>19)</sup>. Proponuje on również następujący sposób postępowania: w jednym tyglu topi się alpaks, a drugi nagrzewa do czerwoności, poczem stop przelewa się do tego drugiego tygla, do którego uprzednio dodano sól.

Archer i Kempf pozostawili stop po rafinowaniu w spokoju w ciągu 5 lub 1—20 minut, zależnie od ilości sodu i krzemu. Przy metodzie solnej ilość zmieniaacza wynosi 2%, a temperatura doprowa-



Rys. 5-a. Wpływ zawartości krzemu na własności mechaniczne alpaksu.

natomiast większa ilość krzemu sprzyja działaniu zmieniaacza. Ilość potrzebnego do zmiany sodu w zależności od krzemu jest podana na wykresie rys. 6.

<sup>16)</sup> Rev. de Métallurgie 1926, str. 418.  
<sup>17)</sup> Journ. Inst. Met. 1927/II, str. 157—195.  
<sup>18)</sup> The Metal Industry 1928, str. 297.  
<sup>19)</sup> Giesserei Zeitung 1928, str. 22.

dzenia 940°, zaś odlew wykonywa się po 20 min w temperaturze około 650°<sup>20)</sup>.

Według patentów angielskich: Nr. 211 027 — zmianę przeprowadza się zapomocą wapnia, baru i berylu, Nr. 199 048 — metalami ziem alkalicznych, magnezem i cynkiem. Modyfikacja zapomocą boru miała dać dobry wynik.

Deeley twierdzi, że im więcej jest modyfikatora, tem dłużej powinien trwać proces; zbyt pospiesznie odlanie bywa powodem wadliwych odlewów.

Ogólne zestawienie wpływów różnych zmieniających na własności mechaniczne podaje wyk. na rys. 7.

Topienie alpaksu odbywa się w tyglach grafitowych. Odlew może być wykonany albo w formie piaskowej, albo stałej żeliwnej. Do formowania używa się piasku t. zw. zielonego, albo już używanego na bronz, formę należy pografitować i nie suszyć, tylko zlekka nagrzać lampą.

Formy kokilowe również muszą być nagrzane i powleczone grafitem, rozmieszonym w wodzie. Wydajność gotowych wyrobów waha się w granicach od 40 do 50%<sup>4)</sup>.

Przy starannem topieniu i nie przekraczaniu temperatury 700°, odlew z alpaksu są, jak twierdzi Budgen<sup>21)</sup>, zupełnie ściśle, gdy zaś przekroczymy tę temperaturę, — zjawiają się pory do 15 mm średnicy.

Stopy o zawartości do 9% Si mają skłonność do tworzenia por rozproszonych, natomiast stopy o 10—15% Si mają skłonność do tworzenia, podobnie jak czyste metale, jam usadowych. Stosując tu metodę chlorowania w celu usunięcia por, otrzymał Tullis<sup>18)</sup> wyniki zupełnie zadawalające, jak to widać z poniższego zestawienia:

Stop badany posiadał ciężar właściwy . . . . .	2,661
po przetopieniu i odlaniu : . . . . .	2,645
po powtórznem przetopieniu i zamro-	
żeniu (metoda Archbutta) . . . . .	2,65 + 0,18%
po odgazowaniu chlorem . . . . .	2,681 + 1,15%.

Obtoczona powierzchnia chlorowanego odlewu siluminowego nie miała żadnych pęcherzy i była zupełnie gładka. Chlor przepuszczano w ciągu 3—4 minut przez stop przegrzany o 50° C.

Stosowanie wapnia, zamiast chloru, jako środka naruszającego równowagę glin-gaz, dało wyniki gorsze.

Grogan<sup>13)</sup> zaleca następujący sposób: topi się glin w tyglu grafitowym i podgrzewa się do temp. 800°, potem od czasu do czasu dodaje się Si w niedużej ilości.

Gdy Si wypływa na powierzchnię, wtłacza się go zapomocą mieszadeł grafitowych. Po roztopieniu zdejmuje się żużel i odlewa stop w bloki. Różnica między obliczonym a otrzymanym składem wynosi około 0,2% (Si), co tłumaczy się stratami przy manipulacji krzemem. Odlew wykonywa się w suszonych formach piaskowych. Przy topieniu trzeba uwzględnić zgar glinu, wynoszący około 0,25—0,5%.

Anderson podaje, że nowszą metodą otrzymywania stopów Al—Si jest elektroliza roztopionych krzemianów glinu, uprzednio oczyszczonych od żelaza.

#### Zastosowania alpaksu.

Przemysłowe zastosowanie alpaksu jest obecnie b. szerokie, mimo krótkiego czasu od chwili jego wynalezienia<sup>22)</sup>. Mały ciężar właściwy wskazuje odrazu kierunek, w jakim może mieć on najszersze zastosowanie: mianowicie środki transportowe. Rzeczywiście, lotnictwo, automobilizm, koleje i marynarka szeroko korzystają z alpaksu.

Zmniejszenie ciężaru martwego oraz zmniejszenie kosztów napędu umożliwia zwiększenie ładunku, a tem samem większą wydajność danego obiektu. Mniejsza masa wymaga mniejszej przestrzeni do hamowania i rozruchu. Montaż jest łatwiejszy, dla marynarki zaś zwłaszcza ważną jest odporność względem korozji.

Widzimy więc odlane z alpaksu: kartery, skrzynki biegów, gaźniki, głowice, ramy okienne, drzwi, pompy, ławki, przykrywy na okna okrętowe, obramowania do nich, koła (dla samolotów i samochodów), nawet całą karoserję samochodową, pomijając masę drobnych części, odlanych przeważnie w kokilach lub pod ciśnieniem<sup>23)</sup>.

Przemysł elektrotechniczny stosuje odlewy alpaksowe na podstawy, przykrywy maszyn, armaturę do przewodów wysokiego napięcia, w radio-technice, telefonach i t. d. Unika się przez to prądów wirowych, zyskuje się łatwą obsługę, zmniejsza się iskrzenie.

Przemysł optyczny i mechanika precyzyjna chętnie korzystają z alpaksu, dzięki jego odporności na korozję, możliwości dokładnego wykonania przez odlew w kokili lub pod ciśnieniem, oraz dobrej obrabialności. Wykonywa się z niego części wag, statywy, oprawy szkieł, części aparatów fotograficznych i t. p.

Odporność na korozję umożliwiła b. szerokie zastosowanie alpaksu w przemyśle chemicznym, zwłaszcza w przemyśle spożywczym, dzięki nieszkodliwości soli glinowych i krzemowych dla zdrowia. Wykonywa się więc zeń: zbiorniki o b. znacznej pojemności, mieszadła, aparaty dystrylacyjne, autoklawy, separatory, maszyny do wyrobu masła, lodów i t. d. i t. p.

Odporność na wpływy atmosferyczne, łatwość konserwacji, estetyczny wygląd umożliwiły wykonywanie w budownictwie drzwi, ram okiennych, ornamentów i różnych armatur z alpaksu.

#### Własności.

Ciężar właściwy stopu o zawartości 14,5—11% Si określa Czochrański<sup>24)</sup> na 2,5—2,65, inni badacze podają go w granicach 2,45—2,66.

Skurcz wynosi, według Guilleta oraz Czochrańskiego<sup>25)</sup>, 11 mm na metr, co stanowi 1,1%. Deeley podaje 1,042%. Anderson<sup>26)</sup> ustala skurcz

<sup>20)</sup> Zft. f. Metallkunde 1922, str. 177.

<sup>21)</sup> Jour. Inst. Met. 1929/II, str. 119.

<sup>22)</sup> Przegląd Techniczny 1927, str. 330.

<sup>23)</sup> Przegląd Techniczny 1928, str. 11.

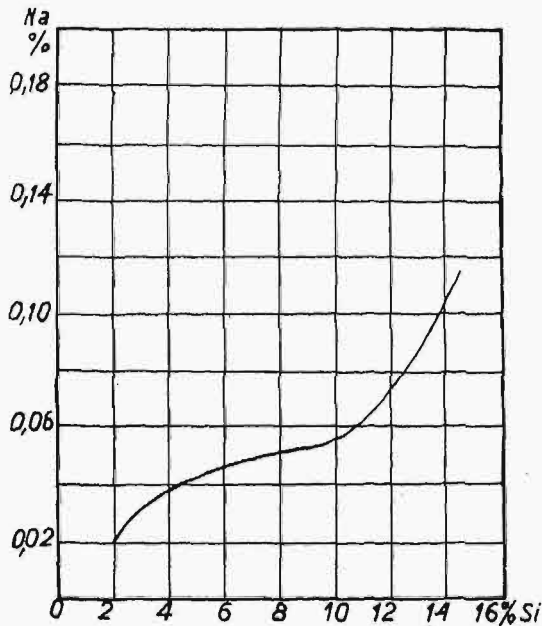
<sup>24)</sup> Zft. f. Metallkunde 1921, str. 527.

<sup>25)</sup> Zft. f. Metallkunde 1922, str. 1.

<sup>26)</sup> Amer. Foundry Assoc. Maj 1923.

przeciętnie na 1,30%, przy krańcowych wynikach od 0,95 do 1,8%. Dodatek Si obniża skurcz stopu, mianowicie 3% Si obniża go z 1,65% na 1,28%, zaś 10% Si na 1,11%. Dornauf ustala skurcz odlewu w kokili na 0,5—0,8%. Dzięki jednakowemu kurczeniu się, możemy zalewać szkielety stalowe alpaksem<sup>29)</sup>.

Rozszerzalność cieplna<sup>27)</sup> wynosi  $0,222 \cdot 10^{-4}$  na  $1^\circ \text{C}$  w zakresie  $20 - 200^\circ$ , jest więc o 10% niższa od rozszerzalności glinu.



Rys. 6. Ilość potrzebnego do zmiany sodu w zależności od zawartości krzemu.

Ciepło topienia = 100 kal/g, ciepło właściwe wynosi 0,845, przewodnictwo cieplne<sup>28)</sup> 0,386  $\text{kal cm}^{-1} \text{g}^{-1} \text{sek}^{-1}$ .

Przewodność elektryczna<sup>29)</sup> wynosi 26,5 odwr. oma, co stanowi 40% w stosunku do miedzi ( $\text{Al} = 56\% \text{ Cu}$ ), oporność elektryczna = 0,0384 oma. Spółczynnik zmiany oporności w zależności od temperatury = 0,004.

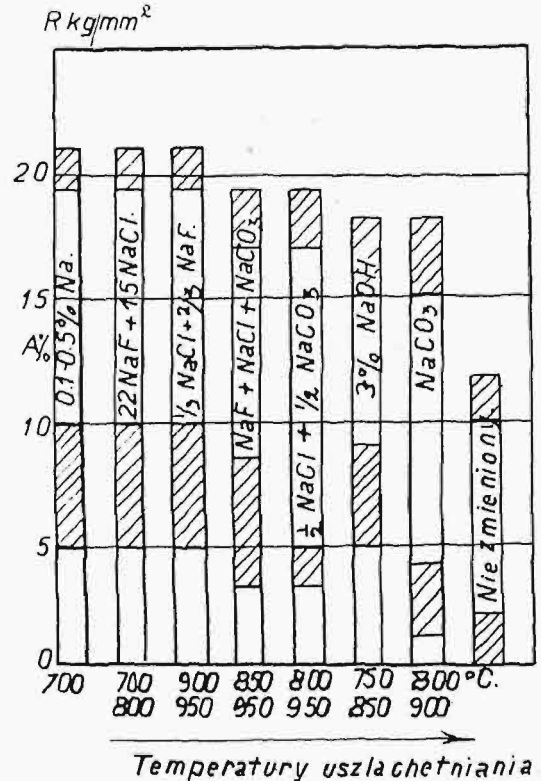
Zakres topienia podaje Deeley dla stopu modyfikowanego o 12% Si w granicach  $572 - 564^\circ$ . Zakres zaś topienia tegoż stopu niemodyfikowanego ustala na  $579 - 577^\circ$ .

Jako temp. odlewania, zalecają jedni  $670^\circ$ , inni  $750 - 770^\circ$ .

Z własności odlewniczych alpaksu należy podkreślić jego ściśłość, nieprześlakliwość nawet przy wyższym ciśnieniu, łatwopłynność, dzięki czemu możemy wykonywać odlewy o grubości ścianek do 1,5 mm, i brak zakresu temperatur kruchości.

Alpaks jest b. odporny na działanie wody morskiej, alkalia działają na alpaks, kwasy działają również, ale w znacznie mniejszym stopniu, z wyjątkiem HCl, który rozpuszcza stop. Na działanie pary wodnej suchej i nasyconej alpaks jest więcej odporny od innych odlewniczych stopów glinowych i od czystego glinu. Dzięki swojej „jednorod-

nej” budowie, nie ma zdolności do tworzenia ogniwi elektrolitycznych i przez to jest odporny na korozję. Alpaks prawie zupełnie nie ulega działaniu siarki i siarkowodoru, amonjaku i wody morskiej.



Rys. 7. Zestawienie wpływu różnych zmieniaaczy na własności mechaniczne alpaksu.

Z kwasów jest najwięcej odporny względem kwasu węglowego, stężonego siarkowego i octowego.

Angielskie Ministerjum Lotnictwa stawia dla alpaksu odlanego następujące warunki<sup>27)</sup>: wytrzymałość na rozciąganie minimum 12 tonn ang. cal<sup>2</sup> (18,8  $\text{kg/mm}^2$ ), przy wydłużeniu = 7%. Wymagania zaś Ministerjum Marynarki są:  $R = 11 \text{ t/cal}^2$  (17,30  $\text{kg/mm}^2$ ), przy  $A = 6\%$ . Czochralski podaje, jako wartość przeciętną,  $R = 18 - 23 \text{ kg/mm}^2$ ,  $A = 5 - 10\%$ ,  $B = 60 \text{ kg/mm}^2$ .

Do pracy w temp.  $200 - 250^\circ$  nadaje się alpaks lepiej od innych stopów odlewniczych. Stockdal i Wilkinson<sup>31)</sup> określili dla stopu o 11% Si  $R = 20,5 - 22 \text{ kg/mm}^2$  przy  $A = 10 - 15\%$ . Według tych autorów, można: 1) otrzymać maximum  $R$  i  $A$  kosztem odporności na uderzenie i z dużym ryzykiem otrzymania złych odlewów; 2) kosztem zmniejszenia  $R$ , przy tej samej wartości  $A$ , otrzymać dobrą odporność na uderzenie i mniejsze ryzyko otrzymania złych odlewów. Pierwszej możliwości odpowiada stop o dużej zawartości krzemu (około 13%), drugiej — o mniejszej (10—11%).

Wykresy 8 i 9 podają zależność  $R$ ,  $A$  i  $B$  stopów: alpaksu, niemieckiego i amerykańskiego od temperatury. Jak widać, wytrzymałość w wyższych temp. jest zupełnie zadawalająca, jak również  $A$  i  $B$ . Według Tapsella<sup>30)</sup>,  $R$  spada do  $6,5 \text{ kg/mm}^2$

<sup>27)</sup> The Metal Industry 1929, str. 3.

<sup>28)</sup> Zentral-Europäische Giesserei Zeitung 1929, nr. 10, str. 8.

<sup>29)</sup> Journ. Inst. Met. 1926/II, str. 349.

<sup>30)</sup> Metal Industry 1929, str. 3.

<sup>31)</sup> Journ. Inst. Met. 1926/II, str. 3 13.

przy 350°. Wzrost  $A$  do temp. 250° jest nieznaczny, później dopiero wydłużenie wzrasta znacznie.

Jeżeli przeliczyć wytrzymałość na przekrój jednakowej wagi, to otrzymamy dla stopów glinowych zestawienie następujące:

Stop amerykański 92% Al, 8% Cu . . . . .	37,2 kg/mm.
„ niemiecki 88% Al, 10% Zn, 2% Cu . . . . .	45,0 „
„ „ 84% Al, 13% Zn, 3% Cu . . . . .	54,0 „
Alpaks . . . . .	60,3 „
Y . . . . .	62,0 „
Elektron . . . . .	67,9 „

zaś dla porównania

Bronz 10% Sn . . . . .	25,0 „
Mosiądz 33% Zn . . . . .	18,7 „

Alpaks ulega z biegiem czasu starzeniu się, ale w stopniu b. nieznacznym<sup>32)</sup>.

### Wpływ domieszek na alpaks.

Najczęściej spotykaną domieszką w alpaksie jest żelazo, obecne w niedużych ilościach, zarówno w glinie, jak i w krzemie. Ilość jego nie powinna przekraczać 0,8% (nawet 0,5—0,6%), gdyż już przy tej ilości żelaza zaczyna się spadek wytrzymałości<sup>33)</sup>. Spadek ciągliwości rozpoczyna się przy najmniejszych ilościach żelaza; jednocześnie zaczyna wzrastać twardość.

Mangan do 0,8% nie wywiera również wpływu szkodliwego na własności mechaniczne alpaksu; do 0,4% wpływ jego jest nawet pożyteczny, gdyż w pewnym stopniu neutralizuje szkodliwy wpływ żelaza. Według Weltera, 1% Mn powoduje spadek  $A$  o 50%.

Cynk w małej ilości obniża twardość, lecz już przy 1% Zn wraca ona do wartości pierwotnej. Petit twierdzi, że dodatek cynku około 5% wywiera wpływ dodatni na mikrobudowę stopu; z tego względu zaleca dodawać go do t. zw. alpaksów specjalnych<sup>34)</sup>. Wytrzymałość w tych granicach pozostaje prawie niezmienną, zaś wydłużenie spada na 3%.

Drugą domieszką, używaną do alpaksów specjalnych, jest miedź. W ilości do 0,6—0,8% wpływa ona na podniesienie granicy sprężystości i udarności. Natomiast ujemnie wpływa na wydłużenie.

Magnez, wapień, cyna, antymon, ołów, tytan, nikiel oraz różne metaloidy wywierają bardzo szkodliwy wpływ na własności alpaksu.

Węgiel tworzy nierozpuszczalny w glinie karbid krzemu i wywiera ujemny wpływ na własności mechaniczne.

Bor<sup>35)</sup> w niedużych ilościach podnosi wytrzymałość stopu niemodyfikownego, obniżając wydłużenie.

Beryl<sup>36)</sup> wywiera na własności alpaksu wpływ dodatni.

### Odlewanie alpaksu w kokilach.

Alpaks nadaje się do wykonywania odlewów w kokilach, i to ze znacznie lepszym skutkiem niż

inne stopy glinowe. Dzięki małemu skurczowi oraz dobrej płynności, można z alpaksu wykonywać odlewy bardziej skomplikowane, z rdzeniami. Nawet duże odlewy, w których występują naprężenia wewnętrzne, powodujące często pęknięcia, wychodzą z alpaksu zupełnie dobre. Również i przy przejściach od grubych do cienkich ścian pęknięcia w kokilowych odlewach alpaksowych są rzadkie. Próba na płynność alpaksu wynosi 89%, podczas gdy stopu amerykańskiego 64%. Do odlewów kokilowych musi być alpaks możliwie czysty, zanieczyszczenia bowiem (0,4—0,6% Fe) powodują niepożądane skutki. Przy Fe = 0,8% otrzymuje się budowę grubą, niezależnie od tego, czy stop był modyfikowany, czy nie. Z tego względu topienie nie powinno się odbywać w kotłach lub tyglach żeliwnych. Najodpowiedniejszym stopem na odlewy kokilowe jest stop z 12,5% Si, gdyż stopy o niższej zawartości krzemu mają skłonność do porowatości, zaś stopy po przekroczeniu tej granicy tracą stopniowo swe dobre własności mechaniczne. Stop z 13—14% Si ma  $R$  już tylko 18 kg/mm<sup>2</sup> przy  $A$  = 3—4%.

Odlewy kokilowe alpaksu nie uszlachetnia się zmieniającami (tak samo i odlewy pod ciśnieniem), gdyż szybkie chłodzenie wystarcza w tym wypadku do otrzymania budowy drobnoziarnistej i dobrych własności mechanicznych; pozatem wpływ dodatku modyfikatora jest krótkotrwały i wobec tego proces ten trzeba by było stale powtarzać, co utrudnia pracę<sup>36)</sup>. Dodatek manganu w ilości 0,3% może w pewnym stopniu zastąpić modyfikację. Tylko w wypadku wykonania grubszych odlewów, jak również gdy mamy rdzenie piaskowe, jest pożądanym dodatkem 0,3% Na. W odlewach z rdzeniami piaskowymi możemy, przy stopie niemodyfikowanym, otrzymać ze strony rdzenia wciągnięcia.

Temperatura odlewania, jak wszystkich odlewów kokilowych, musi być ustalona dla każdego typu odlewów osobno. Ze względu na łatwość regulowania temperatury, lepiej nadają się do topienia piece ropowe lub gazowe (względnie elektryczne), niż koksowe.

Bardzo ważną rolę odgrywa samo wykonanie kokili. Do odlewania alpaksu trzeba tylko odpowiednio powiększyć wlewy i kanały, reszta zaś wykonania pozostaje ta sama, co i przy innych stopach glinowych.

Kokile wykonywa się zwykle z żeliwa, zaś rdzenie bywają albo kute, albo stalowe lane. Jako dobre żeliwo, zaleca się naprz.: C = 3%, Si = 2%, Mn = 0,5%, P = 0,2%, S = 0,08%. Zresztą trwałość kokili zależy od warunków, w jakich pracuje; w znacznym stopniu od temperatury. Przeciętna temp. kokili przy wykonywaniu odlewów alpaksowych wynosi 350° C, jest więc stosunkowo niska, dlatego też czas pracy ich musi być dłuższy. Kokile o kształtach prostych mogą być wykonane w jednym bloku przez odpowiednią obróbkę narzędziami tnącymi, lepiej jednak odlewać je. Lepsze są kokile składane z kilku części, gdyż wtedy można należycie odprowadzać powietrze, co jest jednym

<sup>32)</sup> Journ. Inst. Met. 1924/II, str. 29—37.

<sup>33)</sup> Journ. Inst. Met. 1926/II, str. 325.

<sup>34)</sup> Rev. de Métallurgie 1926, str. 166.

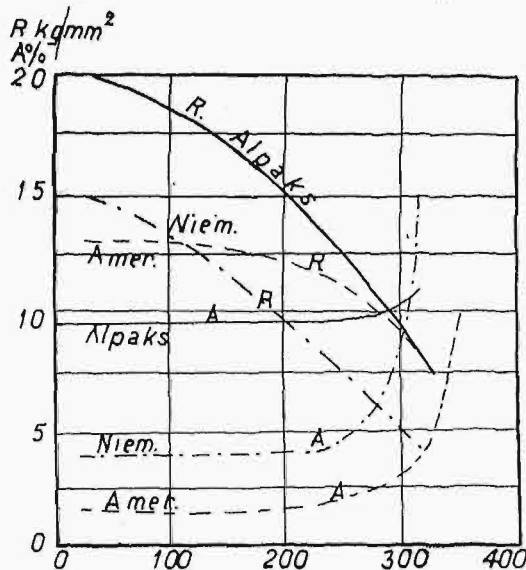
<sup>35)</sup> Rev. de l'Aluminium Nr. 33, str. 901.

<sup>36)</sup> Die Giesserei 1928, str. 703.



z głównych warunków udania się odlewów. Poza-  
tem należy uwzględnić możliwość łatwego oczy-  
szczania otworów w wypadku ich zatkania się,  
gdyż zdarza się to b. często.

Poważny wpływ na konserwację kokili oraz na  
udanie się odlewów ma stosowanie odpowiedniego



Rys. 8. Zależność wytrzymałości i wydłużenia stopów Al — Si od temperatury.

czernidła; stosując je, otrzymujemy ładniejszy wy-  
gląd zewnętrzny, a nadto odlewy łatwiej odstają od  
kokili. Jako czernidła, zalecane są: tlenek glinowy  
ze szkłem wodnym, lub grafit rozmieszany w wo-  
dzie, bielidło i grafit lub szkło wodne z wodą, a w  
szczególności na rdzenie — grafit i „commercial  
rouge”, rozmieszany w wodzie.

Skurcz odlewów w kokilach wynosi 0,5—0,8%,  
ale jest zmienny, gdyż zależy od masy metalu,  
kształtu kokili i obecności rdzenia. Zbieżność  
rdzenia wynosi 0,5—1%, zaś ścian wewnętrznych  
1%.

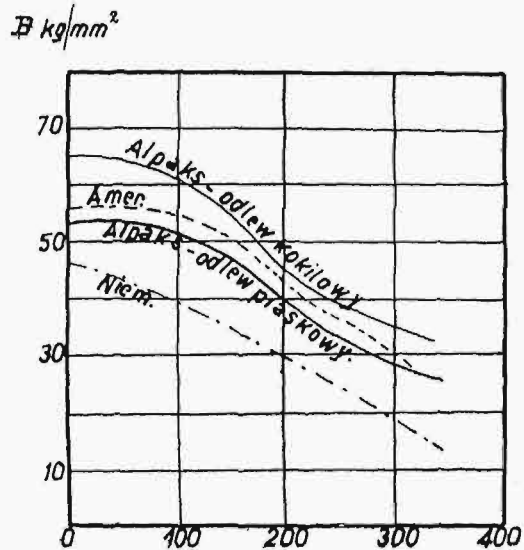
Temperatura kokili i rdzenia jest niska (nie-  
którzy radzą odlewać do kokil niegrzanych, inni  
zaś — do podgrzanych do 120—150°), co jest ce-  
chą charakterystyczną odlewów z alpaksu, w od-  
różnieniu od innych stopów glinowych. Chłodzenie  
odbywa się zapomocą zanurzenia w czernidle.

Aby zapobiec „falowaniom” na powierzchni od-  
lewów, należy otworzyć kokilę jeszcze przed osta-  
tecznym skrzepnięciem leja: niebezpieczeństwo  
urwania się nie zachodzi, gdyż w tej temperaturze  
alpaks ma dużą ciągliwość.

Przy wykonywaniu kokili trzeba zwrócić baczną  
uwagę na występujące zgrubienia. Przy wykony-  
waniu odlewów ze stopu amerykańskiego w go-  
rącej kokili otrzymujemy w miejscach zgrubionych  
nieścisłości, zaś w zimnej kokili — pęknięcia, idące  
ce wgłąb materiału. Zupełnie inna wadliwość wy-  
stępuje w odlewach z alpaksu. Zewnętrznie jest  
odlew ścisły, niepęknięty, natomiast wewnątrz ma  
dziurę. Zapobiec temu można albo zmuszając do  
jednoczesnego krzepnięcia zgrubienie i przyległe  
cienkie ściany, co uskutecznią się przez dawanie  
chłodników, albo dając w tym miejscu dodatkowe  
zgrubienie, jakby nadlew, w którym występuje po-  
wyższa wada. Nadlew ten jest obcinany przy czy-

szczeniu. Grubość ścian odlewu nie należy obniżać  
poniżej 3 mm, przy mniejszej bowiem grubości  
wzrasta nieproporcjonalnie procent braku.

Poważny wpływ na jakość odlewów wywiera  
również i sposób wlewania. Zbyt powolne wlewa-  
nie powoduje nierówności na powierzchni odlewu



Rys. 9. Zależność twardości stopów Al — Si od temperatury.

oraz inkluzje żużli, zaś przy raptownym wlewaniu  
często zdarzają się dziury.

Jako przeciętne własności mechaniczne odle-  
wów kokilowych modyfikowanych, podają różni  
autorzy  $R = 20,5-22 \text{ kg/mm}^2$ ,  $A = 10\%$ ; wy-  
trzymałość odlewów z rdzeniami spada do 18,25  
 $\text{kg/mm}^2$ , zaś  $A$  do 7%, niemodyfikowanych zaś od-  
lewów  $R = 16,7 \text{ kg/mm}^2$  i  $A = 8\%$ .

Dokładność odlewów kokilowych waha się w  
granicach  $\pm 1 \text{ mm}$ .

Alpaks nadaje się również na odlewy pod ci-  
śnieniem, gdyż można z niego wykonać nawet b.  
skomplikowane odlewy<sup>37)</sup>. Własności mechanicz-  
ne tak odlanego stopu są następujące<sup>38)</sup>:

$$R=24 \text{ kg/mm}^2, A=0,5-1,7\%, B=75,3-84 \text{ kg/mm}^2.$$

Odporność na uderzenie wynosi od 57 do 177  
 $\text{kg cm cm}^2$  i zależy od ilości żelaza w stopie, co  
przy wykonywaniu odlewów w formach żelaznych  
powinno być uwzględniane.

#### Obróbka mechaniczna alpaksu.

Ogólnie uważano, że alpaks źle daje się obra-  
biać mechanicznie. Guillet<sup>39)</sup>, badając zdolność do  
kucia, zaobserwował, że własności mechaniczne po  
wytlaczaniu i kuciu nieznacznie się pogarszają, jed-  
nakże przy umiejętnym postępowaniu pogorszenie  
to nie zachodzi. Jako najlepszą temperaturę wytła-  
ciania, podaje autor 475°.

Peters<sup>40)</sup> uważa, że własności mechaniczne sto-  
pów glinowych odlanych i prasowanych są jedna-  
kowe.

Zgniot przy prasowaniu na zimno alpaksu wy-  
nosi 7—8%, na gorąco zaś 20—21%, przyczem pra-

<sup>37)</sup> Przegl. Techn. 1928, str. 233.

<sup>38)</sup> Journ. Inst. Met. 1928/II str. 219.

<sup>39)</sup> Zft. f. Metallkunde 1923, str. 311.

sowanie na gorąco jest trudniejsze. Temperaturę prasowania podaje Peters znacznie niższą niż Guillet, mianowicie 250° C.

Walcowaniem stopów glin—krzem zajmował się Schirmeister<sup>40)</sup>, według którego stopy zawierające do 20% Si dają się dobrze walcować, przyczem *R* wzrasta proporcjonalnie do wzrostu ilości Si (do 12%). Twardość zachowuje się podobnie jak wytrzymałość, natomiast wydłużenie zmniejsza się najpierw stopniowo, potem zaś gwałtownie.

Według badań Metallbanku, alpaks daje się łatwo toczyć, przy zachowaniu odpowiedniej prędkości skrawania. Z tego właśnie względu frezowanie jest utrudnione, gdyż granica prędkości skrawania jest wąska. Frezowanie pod kątem prostym jest trudniejsze od frezowania według krzywej śrubowej.

Również trudne jest wiercenie i gwintowanie alpaksu. Do czyszczenia odlewów z alpaksu stosuje się mieszaninę sody ze szkłem wodnym (1—2%), geolin, sidol i t. d.<sup>41)</sup>

Przy spawaniu samorodnym postępuje się zupełnie tak samo, jak przy glinie albo innych stopach glinowych. Dobra ciągliwość na zimno i na

gorąco alpaksu ułatwia znacznie obchodzenie się z nim przy nagrzewaniu przed lutowaniem czy spawaniem w porównaniu ze stopami niemieckim i amerykańskim. Daje się on również spawać zapomocą nadlewania. Przy spawaniu alpaksu z alpaksem miejsce spojone nie ustępuje odlanemu. Nieco gorsze, ale w zupełności zadawalające wyniki daje lutowanie lutowiem twardem i miękkim.

Platerowanie alpaksu niklem, miedzią, kadmem i kobaltem udaje się zupełnie dobrze, jedynie wymaga dłuższego czasu (do 90 sek), aby lepiej zaszło przyleganie<sup>42)</sup>. Również dają się alpaksy pokrywać drogą oksydacji anodowej. Lakierowanie i parkeryzacja wypadają dobre i trwałe.

Do stopów glin—krzem może mieć zastosowanie również i obróbka termiczna<sup>43)</sup>. Petit<sup>16)</sup> ustala, że wyżarzanie do 400° obniża twardość stopu, hartowanie zaś od 500° w wodzie i następnie odpuszczanie podnosi ją. Odpuszczanie do 100° jest lepsze aniżeli do 150°. Hartowanie może mieć zastosowanie tylko do odlewów w piasku, gdyż dla kokilowych odlewów wystarcza sama szybkość studzenia odlewu.

(d. c. n.)

## Przebieg i kontrola autoksydacji.

### Przeciwutleniacze i ich zastosowania.

Napisał Dr. J. H. Frydlander, Paryż.

#### I. Dane doświadczalne.

Zjawisko utleniania się kosztem powietrza ciał zarówno organicznych, jak i nieorganicznych, przybiera dwie rozmaite postaci: w pewnych wypadkach odbywa się ono ze znacznym podniesieniem temperatury i pod impulsem wyższych temperatur, w innych znów zachodzi w zwykłej temperaturze lub też w bardzo łagodnie podniesionej i połączone jest ze stopniowym wydzielaniem ciepła. Spalanie węgla pod kotłem jest przykładem typowym pierwszej kategorii utleniania, spalanie zaś biologiczne pożywienia — przedstawicielem drugiej. Nie należy jednak wnosić z tego, iż pierwszy typ spalania związany jest jedynie z ciałami nieorganicznymi, drugi zaś ze zjawiskami życia. Wiadomo bowiem, iż tenże sam węgiel w postaci miazgu może ulec obu postaciom spalania; ulega on bowiem w określonych warunkach utlenieniu na zimno, a nagromadzone w stosie miazgu ciepło podnosi temperaturę, która znów podnieca spalanie aż do zapłonienia. Z drugiej znów strony liczne ciała organiczne utleniają się bez gwałtownego podniesienia temperatury, niezależnie od zjawisk biologicznych. Chemia organiczna czysta i stosowana zna wielką ilość podobnych zjawisk spalania, które w całości biorąc są bodaj bardziej rozpowszechnione, niż utlenianie w wysokich temperaturach.

Rozważając sprawę tę z punktu widzenia użyteczności, powiedzieć można, iż obok cennych

usług, jakie nam oddaje utlenianie się samoczynne, czyli autoksydacja, w niskich temperaturach, bywa ono też często źródłem trudności i strat. Wystarczy nadmienić tutaj olbrzymie spuszczenie, jakie w żelazie szerzy rdza. Chcąc zaradzić temu, metalurgia zmienia samą naturę chemiczną żelaza, lub też powstrzymuje dostęp tlenu zapomocą powłok izolujących.

Technologia organiczna w ostatnich dopiero czasach uzyskała możność dowolnego regulowania działania tlenu atmosferycznego, dzięki daleko idącej analizie mechanizmu, a raczej chemizmu, zjawisk utleniania samoczynnego.

Pionierskiej pracy w tym kierunku dokonali w Collège de France uczeni francuscy Charles Moureu, zmarły niedawno, i Charles Dufraisse.

Punktem wyjścia były badania, dotyczące wojny gazowej. Gdy w roku 1915 wzięto w sferach francuskich pod uwagę użycie w atakach gazowych akroleiny, której para jest bardzo drażniąca, okazało się, że ciało to posiada wielką wadę. Akroleina, czyli aldehyd akrylowy  $\text{CH}_2 = \text{CH} \cdot \text{CHO}$ , jest związkiem nienasyconym, łatwo utleniającym się do kwasu akrylowego. Lecz prócz tego zjawiska, czysto chemicznego, zachodzi w akroleinie polimeryzacja, prowadząca do ciał żywicznych. Żywiczenie to przebiegać może, zależnie od warunków, w dwóch kierunkach.

<sup>42)</sup> Metal Industry 1929, str. 196.

<sup>43)</sup> Archer, Kempf, Hobbs. Heat treatment of Al—Si alloys.

<sup>40)</sup> Stahl und Eisen 1915, str. 647, 875.

<sup>41)</sup> Zft. f. Metallkunde 1923, str. 311.

Świeżo spreparowana akroleina jest płynem bezbarwnym przejrzystym. Wkrótce jednak w płynie tym ukazuje się zmętnienie, potem płatki, które się pomnażają, tak, iż w końcu akroleina przechodzi całkowicie w stan galarety, a następnie w stan stały. Żywicę powstałą tą drogą Moureu i Dufraisse nazywają „disakrylem”. W obecności znów kwasów przemiany te odbywają się tak, że żywica pozostaje rozpuszczalną.

Pierwszy rodzaj żywicy zajął w szczególności badaczy francuskich, ponieważ kwasowość wytworu technicznego zawsze może być usunięta zapomocą dwuwęglanu sodowego.

W celu zaradzenia brakom tym Moureu i Lepape opracowali sposób techniczny ustalania akroleiny, polegający na dystylacji gliceryny z kwaśnym siarczanem potasowym, neutralizowaniu zapomocą dwuwęglanu sodowego i przechowywaniu produktu w butlach żelaznych w nieobecności powietrza. Moureu i Dufraisse znów stwierdzili, że zanieczyszczenia przyspieszają tworzenie się ciał żywicznych.

Sposób ten narazie rozwiązał trudności, lecz zasada sama, na której on polegał, pozostała niejasną i wymagała wyświeślenia, ze względów praktycznych w pierwszym rzędzie. Ażeby bowiem móc mieć całkowicie w ręku kontrolę ustalania, należało wiedzieć, jaki jest skład chemiczny ciał przyspieszających żywicy.

Badania, wykonane w tym kierunku, doprowadziły do odkrycia zastanawiającego faktu, iż dodatek bardzo małych ilości fenolów powstrzymuje zarówno autoksydację, jak i żywicy. Niedostatek tego. Okazało się, że żywica nie może się utworzyć bez dostępu tlenu, że jednak nadmiar tlenu zupełnie powstrzymuje jej powstawanie i daje produkty zwykłego utleniania. Dodać jeszcze należy, że akroleina jest czuła na światło, które na nią działa rozmaicie, w rozmaitych warunkach.

Te dane doświadczalne wykazały, że działanie tlenu na akroleinę jest zjawiskiem bardzo złożonym. Nad rozwikłaniem przemian tych Moureu i Dufraisse pracowali do spółki z wieloma asystentami w ciągu szeregu lat.

W gruncie rzeczy szło tu o wyjaśnienie nie tylko autoksydacji, lecz i t. zw. katalizacji ujemnej, czyli zmniejszenia szybkości reakcji przez niewielkie ilości ciał obcych, obserwowane również przedtem przez innych badaczy.

Już w roku bowiem 1797 Berthollet zauważył, że świecenie fosforu, związane z utlenianiem się tego ciała, zahamowane zostaje przez pary siarkowe.

W roku 1905, zdaje się Bigelow, w lipskim laboratorium chemii fizycznej, kierowanym przez Ostwalda, stwierdził fakt, naówczas sensacyjny, iż pewne dodatki wstrzymują utlenianie się siarczanu sodowego pod wpływem tlenu. Pojęcie katalizy, do owej pory uważane za zjawisko przyspieszania jedynie reakcji chemicznych, musiało zostać na skutek tego przewartościowane i ujęte w sensie zarówno działania dodatniego, jak i ujemnego.

Niezależnie jednak od tych badań teoretycznych, zdawien dawna zarówno autoksydacja, jak

i hamowanie tejże, używane są w przemyśle. Technika malowania i lakierowania polega w znacznej części na zjawiskach autoksydacji olejów schnących, w pierwszym zaś rzędzie oleju lnianego. Istnieje tu nawet duża analogia z przemianami akroleiny, jednocześnie bowiem z utlenianiem następuje polimeryzacja i żywicy.

Garbarstwo całkowicie oparte jest na wstrzymywaniu działania powietrza na skórę zapomocą garbników, które są związkami fenolowymi.

Zorganizowawszy poszukiwania na wielką skalę, Moureu i Dufraisse zebrali bardzo obfite dane doświadczalne, na których oprzeć się im udało całkowitą teorię tych zjawisk i rozszerzyć jeszcze znacznie pojęcie katalizy.

Doszli oni do wniosku, że każde ciało, utleniające się samoczynnie na powietrzu, zarówno nieorganiczne jak organiczne, może być ochronione przez właściwy dodatek i że każde ciało, obdarzone aktywnością chemiczną, może we właściwych warunkach wypełnić tę funkcję ochronną.

Wnioski te są, jak widzimy, bardzo szerokie. Ciałom tym, hamującym działanie tlenu, Moureu i Dufraisse nadali miano „antioxygène”, nazwę która w tłumaczeniu dosłownym brzmiałaby „przeciwtlen”<sup>\*)</sup>.

Ciało takie jest zatem katalizatorem ujemnym w stosunku do utleniania zapomocą tlenu. W ciągu badań okazało się jednak, że ta sama substancja może wstrzymywać utlenianie się pewnych ciał, podniecać zaś znacznie autoksydację innych. Tlenobromek fosforu np., POBr<sub>3</sub>, hamuje autoksydację aldehydu benzoowego, ale niesłychanie przyspiesza autoksydację styrolenu.

W wypadku tym zatem funkcja przeciw-tlenowa przechodzi w protlenową i ciało zwane jest „prooxygène”.

Niedostatek tego. Toż samo ciało chemiczne może względem tegoż samego ciała autoksydującego się odgrywać, zależnie od warunków, rolę katalizatora ujemnego lub dodatniego. Względem autoksydacji siarczynu sodowego, np., amid etyloksautogenowy zachowuje się jako „przeciwutleniacz”, wobec reakcji zlekkalkalicznej, zaś jak „pro-utleniacz” wobec reakcji zlekkakwasnej, czyli, innymi słowy, zmienia charakter w zależności od *pH*, t. j. od stężenia jonu wodorowego.

Chcąc zatem zastosować jakieś ciało jako hamujące utlenianie należy skrupulatnie wziąć pod uwagę tę możliwość odwrócenia, inaczej efekt będzie zupełnie odmienny od tego, jakiegośmy oczekiwali.

Wreszcie pozostają w tym względzie też fakty niejasne, których nie udało się jeszcze opanować. Jod np. i niektóre z jego połączeń, dwusiarczek dwuetylenowy hamują naprzód autoksydację akroleiny, potem zaś ją przyspieszają. Tiofenol natomiast przyspiesza w pierwszej fazie utlenianie się oleju lnianego, zwalnia zaś je w następie.

<sup>\*)</sup> W słownictwie polskim niema jeszcze ustalonej nazwy tego pojęcia, które mogłoby też być wyrażone naprz. wyrazem „przeciwutleniacz”. (Przyp. Red.).

## II. Rozważania teoretyczne.

Teorię swą autoksydacji i wpływów, jakim ona ulega, oparł Moureu i Dufraisse na faktach następujących, wybranych z pomiędzy wielu innych. Terpentyna świeżo przedystylowana zachowuje się obojętnie względem roztworu wodnego jodku potasowego zaprawionego skrobią, lecz po zetknięciu dość długim z powietrzem wydziela jod w tymże roztworze, czyli działa jako utleniacz.

Toż samo dzieje się z aldehydem benzoesowym, który z tego względu wart jest uwagi, iż przemiany chemiczne, jakim ulec może, są bardzo proste i znane. Sam przez się zatem aldehyd benzoesowy nie utlenia jodku potasowego.

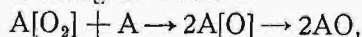
Nie czyni tego też kwas benzoesowy, powstały na skutek utlenienia się aldehydu. Powietrze samo przez się nie działa również na jodek potasowy. Zatem pomiędzy aldehydem benzoesowym i tlenem powietrza jakiś musiała jakaś reakcja, odmienna od utlenienia do kwasu benzoesowego, której produkt jest silnym utleniaczem. Dzięki aldehydowi benzoesowemu tlen został niejako zaktywowany.

Zjawiska te przemawiają za tem, iż w pierwszej fazie utleniania zostaje tlen związany w postaci molekularnej, tworząc z aldehydem nadtlenek, pod którą to postacią odznacza się on szczególną aktywnością chemiczną.

Oznaczając literą A ciało ulegające samoczynnemu utlenieniu, można wyrazić nadtlenek symbolem  $A[O_2]$ , w którym klamry, obejmujące symbol chemiczny tlenu, wskazywać mają, iż tenże znajduje się w stanie aktywnym.

Wytworzony w masie ciała autoksydującego się nadtlenek  $A[O_2]$  jest źródłem rozmaitych przemian.

W pierwszym rzędzie może on reagować z drobiną ciała A według schematu



czyli utlenić je do związku ostatecznego, stałego AO poprzez pośrednią niestałą formę nadtlenową, również  $A[O]$ . W przykładzie powyższym substancji AO odpowie kwas benzoesowy. Przyjęcie istnienia drugiego nadtlenu jako formy przejściowej nie jest dowolne, w wypadku bowiem utleniania soli cerowych do cerowych udało się zizolować węglan nadtlenu ceru, będącego prawdopodobnie wyrazicielem drugiego stadium tych przemian.

Wyobraźmy sobie teraz, że działamy tlenem na mieszaninę ciała autoksydującego się A i innego ciała B, które, jakkolwiek zdolne do utlenienia, nie ulega w zwykłych warunkach wpływowi tlenu. Zaobserwujemy wtedy, że jednocześnie z utlenieniem ciała A następuje utlenienie ciała B. Reakcja pomiędzy B i tlenem zostaje „indukowana” przez reakcję pomiędzy A i tlenem. Obie te reakcje są pomiędzy sobą „sprzężone”. Klasycznym przykładem tego rodzaju wpływów jest utlenienie arseninu sodowego przez tlen w obecności siarczynu sodowego.

Teoria nadtlenkowa autoksydacji tłumaczy to zjawisko, przyjmując, że nadtlenek  $A[O_2]$  reaguje z B, dając nadtlenek pośredni niestały  $A[O]$

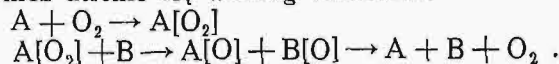
i  $B[O]$ , które przechodzą w stałe produkty utlenienia AO i BO:



Reakcja pomiędzy nadtlenkami pośrednimi  $A[O]$  i  $B[O]$  może jednak jeszcze i inaczej przebiec.

Dwa silne utleniacze — nadmanganian potasowy i woda utleniona, zmieszane ze sobą, reagują skwapliwie, wydzielając tlen i redukując się wzajemnie. Nawiązując do tego zjawiska Moureu i Dufraisse twierdzą, że pewne nadtleneki zachowują się antagonistycznie, czyli że nie mogą istnieć obok siebie.

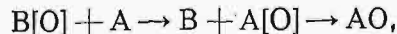
Właściwie wybrane ciała A i B mogą zatem również utlenić się według schematu:



Dołanie zatem ciała B do autoksydującego się ciała A wywołać może regresję nadtlenu i ewolucję wsteczną do pierwotnych składników A, B i tlenu.

Nietrudno rozpoznać w schemacie tym wytłomaczenie działania ciał hamujących utlenianie, czyli ochrony ciała A przed działaniem tlenu na skutek zniszczenia nadtlenu natychmiast po utworzeniu się.

Pozostaje jeszcze wyjaśnić fakty wspomnianej powyżej zmiany tej katalizy ujemnej na dodatnią. Wystarczy ku temu przyjąć, że nadtlenek pośredni  $B[O]$  reaguje nie z  $A[O]$ , lecz z A, według schematu:



czyli regeneruje B i daje nadtlenek niestały  $A[O]$ , przechodzący w tlenek AO.

W tym zatem wypadku dodanie B do A nie wstrzymuje autoksydacji, lecz ją przyspiesza. Zmiana reakcji z alkalicznej na kwaśną wywołać może nawet w tym samym układzie przejście z katalizy ujemnej do dodatniej, przyspieszając bądź jedną, bądź drugą z tych reakcyj.

Teoria ta autoksydacji obejmuje logicznie wszelkie możliwości i odznacza się wielką prostotą. Zobaczymy dalej, iż daje się ona jeszcze znacznie pogłębić.

Wpierw jednak rzucimy okiem na pewne konsekwencje, jakie z niej wypływają, nawiązując do przemian akroleiny.

Moureu i Dufraisse stwierdzili, że zżyczenie zachodzi (nie biorąc pod uwagę działania światła) tylko w obecności tlenu, że jednak do wywołania tego zjawiska tak znikome ślady tlenu (1 drobina tlenu na 60 000 drobin akroleiny) są wystarczające, iż zapobiec mu można tylko dystylacją w próżni i przechowywaniem akroleiny w atmosferze najczystszej azotu.

Niewspółmierność i następcość ta obu zjawisk: autoksydacji i zżyczenia nasunęły myśl, iż pierwsze z nich dostarcza katalizatora, przyspieszającego drugie. Nadtlenek  $A[O_2]$  odgrywa najpewniej tę rolę, odmienną od funkcji autoksydacyjnej, o której mowa była powyżej.

Łatwo stąd wyciągnąć wniosek, że zniszczenie nadtlenu przez dodanie ciała przeciwutleniającego ustalić powinno akroleinę nie tylko pod względem

autoksydacji, lecz i zżyczenia. Tak się też rzeczy mają w istocie, i to nietylko w wypadku akroleiny, lecz i w wielu innych. Wzięty w stosunku 1 : 500, pirogalol wstrzymuje zżyczenie i autoksydację akroleiny.

Styrolen również nie tworzy żywicy (metastyrolenu) po dodaniu fenolów, olej lniany, poddany w cienkiej warstwie w ciągu sześciu lat działaniu powietrza, pozostaje płynnym, furfural pozostaje bez zmiany, tłuszcze nie jełczeją.

Rozwikłanie zatem chemizmu autoksydacji przyniosło jednocześnie wytłomaczenie przebiegu reakcji ubocznych.

Pierwsze jednak stadium tych przemian, tworzenie się nadtlenu  $A[O_2]$ , wymagało bliższego rozważenia. W stosunku do masy całkowitej ciała, ulegającego utlenieniu samoczynnemu, ilość nadtlenu, obecnego w każdej chwili, jest bardzo małą. Powstaje zatem pytanie, czym się dzieje, że z pomiędzy wielkiej ilości drobin akroleiny, nprz., niewielka ilość tylko łączy się z tlenem.

Na początku badań Moureu i Dufraisse przyjmowali, jak przystało na organicznych, istnienie odmiany bardziej aktywnej akroleiny. W dalszym jednak ciągu badacze ci oparli się na nowszych pojęciach fizycznych, t. zw. fluktuacji.

Właściwie pojęciem tem fizyka operuje już od dłuższego czasu, w ostatnich jednak dopiero dziesięcioletnich pojęcie to sprecyzowało się i znalazło uzasadnienie teoretyczne, dzięki pracom Einsteina i Smoluchowskiego.

Idzie tu o sprawę zasadniczą: granicę ważności praw termodynamiki w zastosowaniu do materji. Podczas, gdy zasada zachowania energii ważną jest zarówno w świecie makroskopowym, takim jak go poznają zmysły nasze, jak i molekularnym, zasada Carnot'a, czyli drugie prawo termodynamiki, nie może być bezwzględnie stosowane do świata drobinowego.

Ciśnienie gazu jest według teorii kinetycznej wyrazem ilości ruchu  $mv$  cząstek, z których ten gaz się składa. Lecz wszystko przemawia za tem, że wielkość  $v$  jest średnia z wielkiej ilości szybkości rozmaitego rzędu.

Największa ilość cząstek posiada szybkość bardzo zbliżoną do tej średniej, obok tego jednak znaczna ilość innych cząstek posuwa się z szybkościami bądź mniejszemi, bądź większemi od tej średniej. Gdyby można mierzyć indywidualnie ciśnienie, wywierane na ścianki przez każdą drobinę, znaleźlibyśmy w pewnych miejscach ciśnienie niższe, w innych wyższe od tego, jakie obserwujemy makroskopowo.

W świecie drobinowym wchodzi w grę statystyka stanów najbardziej prawdopodobnych, której uwzględnienie stawia na zupełnie innym terenie drugie prawo termodynamiki. Znaną jest każdemu fizyko-chemikowi krzywa rozdziału szybkości cząstek gazowych i „djabłki” Maxwella, które przez właściwe otwieranie i zamykanie okienek, przy zbliżaniu się drobin bądź za szybkich, bądź za wolnych, rozsegregować je mogą w dwóch stykających się komorach tak, iż bez wykonania pracy zewnętrznej wytworzą się róż-

nice (określonej przez  $\frac{1}{2} mv^2$ ) temperatury, w sprzeczności oczywiście z drugim prawem.

Fizyka przyjmuje zatem niejednorodność energetyczną w układach uważanych naogół za jednolite. Stan pojedynczej cząstki wahać się może pomiędzy wartościami ruchu i energii minimum i maximum, najczęściej zaś odpowiada stanowi średniemu. W bezustannej tej fluktuacji dokoła tej średniej cząstka bądź oddaje energję innym, bądź odbiera ją od innych.

Do podobnych też wniosków doszła i chemja. Jak w gazie istnieją cząstki o szybkości i energii znacznie niższej i znacznie wyższej od średniej, tak i w jakimkolwiek ciele, obdarzonym aktywnością chemiczną, istnieją cząstki bardziej czynne niż przeważająca ilość i inne znów — znacznie mniej czynne. Pierwsze szczególnie, nazywane „cząstkami aktywnymi”, odgrywają poważną rolę w przebiegu reakcyj chemicznych.

Weźmy nprz. mieszaninę równych ilości cząstek kwasu octowego i alkoholu. Zapytaćby można, czemu przy zetknięciu cząstek obu tych ciał nie powstaje odrazu cała ilość możliwa octanu etylowego, czyli innymi słowy, czemu się da wytłomaczyć skończona i stosunkowo słaba szybkość tej reakcji.

Teorja fluktuacji odpowie na to, że niezbędnem do reakcji jest, iżby drobinę kwasu czy alkoholu obdarzone były pewnym nadmiarem energii, czyli były aktywne, a takich jest w mieszaninie stosunkowo mało. Stąd słaba szybkość tej esteryfikacji.

Stosunki te można zobrazować, rozważając mechanizm odciągania płynów zapomocą lewarka. Ażeby płyn wyciekł z naczynia, niezbędne jest dodanie mu pewnej ilości energii potencjalnej, czyli podniesienie go na wyższy poziom.

Zjawiska autoksydacji i wytwarzania się pierwotnego nadtlenu  $A[O_2]$  są tegoż rzędu i tłomaczą się istnieniem w ciele autoksydującem się cząstek aktywnych.

Taka jest w ogólnych zarysach teorja obecna zjawisk utleniania samoczynnego i wpływów, jakim ono może być poddane. Być może, iż przyszłość rozszerzy jeszcze te widnokreśli, gdyż w ostatnim rzędzie oprzeć się wypadnie na elektro nowej budowie materji.

### III. Zastosowania ciał hamujących utlenianie się.

Odkrycie i rozwinięcie sposobów hamowania utleniania się samoczynnego zapomocą ciał sprzeciwiających się temu procesowi wyłoniło się z problemu technicznego. W następstwie też ciała te znalazły w przemyśle szereg zastosowań.

Zasadniczo biorąc, odkrycie ich daje technikowi w rękę broń przeciw niepożądanym wpływom tlenu.

Z pomiędzy ciał chemicznych pierwiastki takie, jak jod, siarka, fosfor, mogące istnieć w rozmaitych stopniach utlenienia, nadać się mogą jako „przeciwutleniacze”. Dziwnem się to może wydać, a jednak udało się ustalić furfural zapomocą ciała tak łatwo zapalnego, jak fosfor biały,

aldehyd benzoesowy zaś — zapomocą półtora-siarczku fosforu.

Pomiędzy ciałami organicznymi, cyjanki, aminy, fenole, nprz. pirogalol, hydrochinon, pirokatechina, użyte być mogą do tegoż celu.

W każdym jednak wypadku należy, jakeśmy już o tem wspomnieli, bardzo oględnie określić warunki i sprawdzić, czy nie mogą one wywołać efektu wprost odwrotnego i zamienić katalizator ujemny na dodatni.

Na terenie biologicznym badania nad rolą ciał hamujących samoutlenianie mało się jeszcze posunęły, jakkolwiek najpewniej oczekiwać tu należy bogatego żniwa, jeśli bowiem gdziekolwiek autoksydacja jest czynnikiem ważnym, to w pierwszym rzędzie w zjawiskach życia. Ogłoszono w tym względzie prace o roli garbników w fizjologii roślin i w działaniu środków przeciwgorączkowych.

W przemyśle ciała hamujące samoutlenianie używane są z pomyslnym skutkiem do ustalenia ciał tłuszczowych, przeznaczonych do wyrobu mydła. Dzięki wstrzymaniu jęczenia, uniknąć można strat i ulepszyć gatunek wytworów.

Tłuszcze jadalne mogą również być zakonserwowane zapomocą tych ciał, lecz trudno tu znaleźć takie, któreby nie były szkodliwe dla zdrowia. Dufraisse proponuje dodawanie „przeciwutleniaczy” rozpuszczalnych do tłuszczów egzotycznych, aby umożliwić transport ich w stanie świeżości, odmycie zaś ich przed użyciem.

Nadmienia on, iż autoksydacja tłuszczów w czasie smażenia jest może przyczyną tego, iż stają się one niestrawne.

W przemyśle kauczukowym „przeciwutleniacze” powołane są, według specjalistów, do odegrania roli niemniej ważnej od przyśpieszaczy. Kauczuk sam przez się jest ciałem, łączącym się bardzo skwapliwie z tlenem powietrza, tak iż zapewne nigdyby się nie udało odkryć cennych jego

własności, gdyby natura w mleku kauczukowym nie umieściła „przeciwutleniaczy”.

Znana jest niemiła własność kauczuku, nawet wulkanizowanego, starzenia się, czyli przechodzenia w stan lepki, nieelastyczny. „Przeciwutleniacze” zaradzają tej wadzie. Można ich użyć poprostu w postaci roztworu, którym się powleka, bądź zapomocą rozpylacza, bądź zapomocą pendzla, gotowe wytwory. Ciało ochronne przenika pomału, dzięki dyfuzji, wgłąb kauczuku.

Ochronić można też od tlenu zapomocą „przeciwutleniaczy” terpentynę, szczególnie indyjską, która się bardzo łatwo zmienia, oleje transformatorowe, barwniki. Żelazo nie rdzewieje w obecności płynów kwaśnych, zawierających „przeciwutleniacze”, zwykłe zaś sposoby metalurgiczne ochrony przeciw rdzy mogą też, według Dufraisse'a, opierać się na tej zasadzie.

Dufraisse spodziewa się, że z czasem malowanie ochronne konstrukcyj żelaznych zastąpione zostanie powlekaniami słabą warstwą „przeciwutleniaczy”, zdaje się jednak, że co do tego pewien sceptycyzm jest uzasadniony. Zastosowanie „przeciwutleniaczy” umożliwiłoby pokrywanie żelaza cyną na drodze elektrolitycznej.

Wreszcie w zjawisku usuwania spalania detonacyjnego w silnikach przez dodanie do benzyny czworoetylku ołowiowego najpewniej wchodzi w grę efekt przeciwutlenowy. Jak się o tem mógł przekonać Dufraisse, czworoetylek ołowiowy hamuje autoksydację i żywiczenie aldehydu benzoesowego, czyli zachowuje się jako „przeciwutleniacz”. Reakcje zatem, zachodzące w silniku, rozważane być powinny również z punktu widzenia autoksydacji, poprzedzającej wybuch.

Garść tych przykładów wskazuje, iż odkrycie „przeciwutleniaczy” (wzgl. „przeciwutlenów”) odbiło się już obecnie owocnie na rozmaitych dziedzinach techniki.

## Nowy pogląd na racjonalną budowę i obsługę parowozów z parą przegrzaną<sup>\*)</sup>.

Napisał Inż. Julian Madeyski.

### Teoretyczne uzasadnienie rozwiązania.

Kotły parowozowe są obliczane na wytwarzanie pary w ilości, odpowiadającej 46 kg/godz. natężenia 1 m<sup>3</sup> powierzchni ogrzewanej kotła. Doświadczenia Couché z r. 1864<sup>3)</sup> wykazały, że w tak obliczonym kotle, przy zmniejszeniu powierzchni ogrzewanej płomieniówek o połowę, produkcja pary nietylko nie zmniejszyła się, przy tem samym natężeniu rusztu, lecz nawet przy większych natężeniach rusztu wzrosła, bez obniżenia sprawności kotła.

Zjawisko to jest naukowo uzasadnione, gdyż przez zmniejszenie przekroju rur podnosi się

spółczynnik przewodności ciepła (rys. 4)<sup>4)</sup>; średnia różnica temperatur w rurach podnosi się również, przez co wzrasta produkcja pary; straty kominowe są, pomimo wzrostu temperatury spalin odlotowych o około 70° C, nieznaczne, gdyż waga spalin maleje<sup>5)</sup>. Z wykresu rys. 4 widzimy, że współczynnik ( $k$ ) jest tem większy, im mniejszy jest stosunek  $q/G$ . Ilość ciepła, pochłonięta przez daną powierzchnię ogrzewaną rur,  $Q = H_r \cdot k (t_m - t_0)$  Kal, gdzie  $H_r$  oznacza powierzchnię ogrzewaną rur,  $t_1$  — temperaturę spalin przy wlocie do rur,  $t_2$  temperaturę spalin przy wylocie z rur,  $t_m = (t_1 + t_2) : 2$  — średnią tempera-

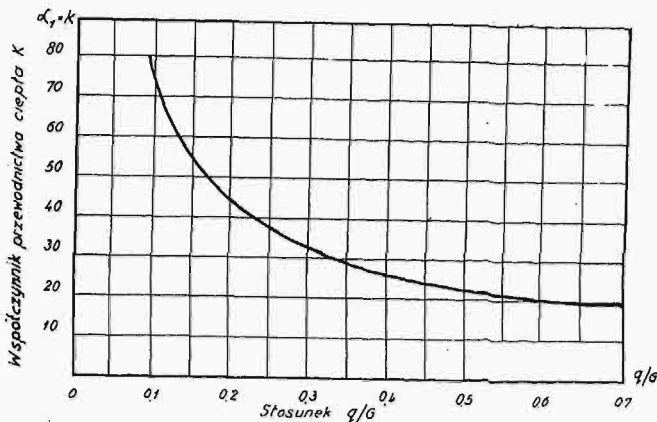
<sup>4)</sup> Garbe, j. w. str. 41.

<sup>5)</sup> Należy dodać, że opisane tu polepszenie pracy kotła wymaga uzupełnienia warunkiem, by mimo mniejszego nadmiaru powietrza zachodziło spalanie zupełne. (Przyp. Red.).

<sup>\*)</sup> Dokończenie do str. 41 w zesz. 2 z r. b.

<sup>3)</sup> Brückmann str. 681 — 683.

turę spalin,  $t_0$  — temperaturę wody. Ponieważ, przy zmniejszeniu powierzchni ogrzewanej o połowę ilość pochłoniętego przez kocioł ciepła nie zmniejsza się, więc musi współczynnik przewodności ciepła ( $k$ ) i średnia temperatura spalin wzrosnąć w tym stosunku, aby iloczyn  $\frac{H_r}{2} \cdot k_1(t_{m1} - t_0) = Q$ .



Rys. 4.

Jeżeli więc w normalnym kotle zastąpimy płomieniówki w ten sposób, że zmniejszymy powierzchnię ogrzewaną rur o połowę i przeciągniemy całą wytworzoną na ruszcie ilość spalin, o odpowiedniej temperaturze, przez pozostałe rury, to otrzymamy taką samą ilość pary, jaką ten kocioł był w stanie wytworzyć poprzednio. Przeciągnięcie pewnej ilości spalin przez znacznie mniejszy przekrój wymaga wzmożenia siły ciągu i powoduje wzrost przeciwcisnienia w maszynie parowej, a tem samem obniżenie jej sprawności. Ta strata pracy silnika mogłaby mieć szkodliwy wpływ przy kotłach o parze nasyconej, lecz w kotłach o parze przegrzanej nie odgrywa tej roli, gdyż pokrywają ją z nadmiarem korzyści, osiągnane przez równoczesne uzyskanie wyższego przegrzania pary. Para wysokoprzeznaczona posiada znacznie mniejszy ciężar właściwy i 1 kg jej jest w stanie wykonać większą pracę, to też przy tej samej pracy, ilość pary, przepływająca przez zmniejszony przekrój dyszy, wywołać może ciśnienie pozatłokowe równe albo nawet i mniejsze, niż para niskoprzeznaczona, zależnie od stopnia przegrzania pary. Na podstawie danych praktyki, przekrój dyszy powinien wynosić w  $cm^2$ :

$$\frac{\text{objętość cylindra w litr.}}{1,43} = \text{przechr. dyszy w } cm^2.$$

Ten przekrój dyszy będzie za mały przy rozruszaniu pociągu i przy użyciu pary niedostatecznie przegrzanej, w miarę wzrostu przegrzania będzie coraz odpowiedniejszy, zaś przy pełnej pracy parowozu i wysokoprzeznaczanej parze — zupełnie odpowiedni.

W celu przyśpieszenia wytwarzania pary wysokoprzeznaczanej, należy przed rozruszaniem pociągu nagrzać elementy przegrzewacza, przez użycie dmuchawki pomocniczej, by w ten sposób zmniejszyć straty pary do minimum, wskutek użycia pary nasyconej.

Po skreśleniu tych zasadniczych poglądów i wskazaniu dróg do racjonalnej budowy kotłów parowozowych z przegrzewaczem, nadmienić należy, że palenisko, odpowiadające wyżej podanym warunkom, opisane jest w czasopiśmie „Przegląd Techniczny” z r. 1911 i 1912. Zastosowano je w Polsce w 44 parowozach serji OKl. 12 i Tr. 12. Wyniki prób, przeprowadzonych przez p. Inż. Czeczotta, Kierownika Referatu Doświadczalnego Ministerstwa Komunikacji, z parowozem Tr. 12 Nr. 71, podano w „Przeglądzie Technicznym” z roku 1926, zeszyt 52, str. 707. Po wbudowaniu tego rodzaju paleniska do parowozów z parą przegrzaną okazało się, że, z powodu intensywniejszej produkcji pary nasyconej, przyczyniały się one do zbyt wysokiego przepełnienia kotła wodą, wskutek czego wilgotność pary w wysokim stopniu wzrastała, a ilość ciepła, doprowadzana do normalnego przegrzewacza, była niewystarczająca do odparowania i wysokiego przegrzania całej ilości wody w parze zawartej; wskutek tego parowozy te wykazywały za niskie przegrzanie pary, a rozchód wody i węgla przy normalnej pracy parowozu, pomimo ekonomicznej produkcji pary nasyconej, był za duży.

To spostrzeżenie spowodowało zmianę konstrukcji przegrzewacza parowozu w sposób wyjaśniony wyżej, mian. przez zastosowanie klap w dymnicy, zamykających przepływ spalin przez płomieniówki, zamieniono normalny kocioł, z częściową obsadą płomienic elementami przegrzewacza, na przegrzewacz zbliżony do całkowitej obsady i uzyskano w ten sposób znaczną podwyżkę przegrzania pary oraz zredukowano rozchód wody o około 10%. Załączony wykres rys. 5 przedstawia wyniki badań, przeprowadzonych przez p. Inż. Czeczotta z parowozem Tr. 12 Nr. 142, na szlaku Brześć Litewski—Juchnowice, w dniach 22 i 23 października 1927 r. przy zastosowaniu klap i bez klap, z normalnym paleniskiem, przyczem zastąpiono 67% powierzchni ogrzewanej płomieniówek. Podczas tych jazd, nawet przy porównywaniu z jazdą przeprowadzoną tym samym parowozem w dniu 23 września 1927 r., t. j. o miesiąc wcześniej, przy zastosowaniu komina o odmiennych wymiarach, otrzymano widoczne korzyści.

Z wykresu tego widzimy, że przy zastosowaniu klap przegrzanie pary w pierwszych 25 minutach wzrosło średnio o  $50^{\circ} C$ . Zjawisko to wskazuje wyraźnie, że urządzenie to jest przydatne przede wszystkim przy rozruszaniu parowozu, albowiem przy użyciu mniejszej ilości węgla powoduje szybszy i wyższy wzrost przegrzania, co przy parowozach zatrzymujących się często musi powodować oszczędności wody i węgla.

Przy innych typach parowozu, a więc Ol. 12 i Ty 23 zastosowała Warszawska Spółka Akcyjna Budowy Parowozów również tego rodzaju urządzenie na próbę. Wykazało ono i tu korzyści, z powodu znacznego podwyższenia przegrzania pary, dochodzącego do  $400^{\circ} C$  przy natężeniu rusztu około  $450 kg m^2$  godz.

W Radomskiej Dyrekcji Kolei Państwowych wbudowano klapy do 5 parowozów Ty 23. Po

6-miesięcznym okresie pracy na przestrzeni Strzemieszyce—Kielce (150 km), ze znacznymi wzniesieniami (8—11<sup>0</sup>/<sub>100</sub>), przy przeważnym użyciu węgla krakowskiego o małej wartości opałowej, uzyskano oszczędność węgla na 1000 BT/km w ilości przeszło 9% rozchodu węgla brutto, co uważać

widzimy, że parowóz Ty 23 Nr. 118, którego personel maszynowy używał stale przyrządu powyższego, wykazał największe, bo sięgające 12,42% oszczędności. Dalsze przyrządy, zastosowane w Warszawskiej Dyrekcji Kolei Państwowych, wykazały również oszczędności węgla i wody, o ile używane

były przez personel maszynowy (w jazdach zwykłych. Widok tego przyrządu podają rys. 7 a i b.

Parowóz Ty 23 Nr. 350, zaopatrzony w skrzynkę przegrzewacza wedl. rys. 3, jest w ruchu od sierpnia 1929 do obecnej chwili i wykazał w przeciągu 4-ch miesięcy od sierpnia 1929 do grudnia 1929 r. 10% oszczędności węgla na 1000 BT/km, przy średnim obciążeniu 830 t/km, w porównaniu z 34 parowozami normalnymi.

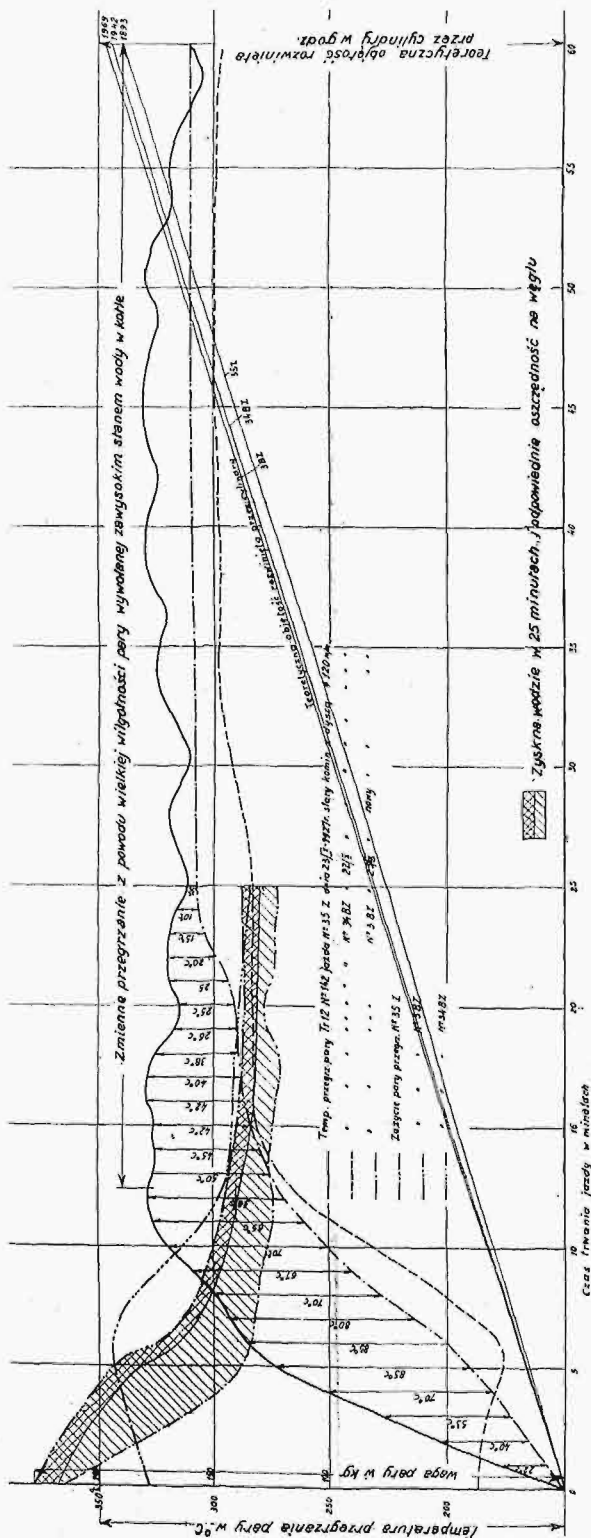
**Opis przyrządu do regulacji temperatury przegrzania pary.**

Przyrząd do regulacji temperatury przegrzania pary składa się z 5-ciu kłap, zawieszonych w odstępach 10 mm na wale, osadzonym w dwu łożyskach, umocowanych wewnątrz dymicy, tuż pod płomienicami. Dwie zewnętrzne kłapy i środkowa zaopatrzone są w ciężarki, zawieszono na obracalnym ramieniu około punktu zawieszenia tego ramienia i służące do regulowania ruchu kłap odpowiednio do warunków pracy parowozu. Wszystkie kłapy są związane między sobą za pomocą listewek stałych i częściowo ruchomych. Ruch udzielony wałowi zewnętrznej powoduje równoczesny ruch wszystkich kłap.

Zzewnątrz na jednym końcu wału umieszczona jest dźwignia z przesuwalnym ciężarem, służąca do ustalania granicy podniesienia kłap. Z jednej strony pozwala ona możliwie dokładnie przycisnąć wszystkie kłapy do ściany sitowej dymnicy, z drugiej (przez przerzucenie dźwigni) daje całkowite otwarcie wszystkich kłap.

Położenie dźwigni tej ustala się albo za pomocą odp. śruby, albo też za pośrednictwem linki, podciąganej z budki maszynisty; zależnie od jej ustawienia, umożliwia się ruch wszystkich kłap, wraz z wałem, w granicach zakreślonych przez wycięcie na głowicy dźwigni; sama zaś dźwignia z przeciw-

Liczba parowozów	Liczba lokomotyw	Liczba wagonów	Prędkość średnia (km/h)	Prędkość maksymalna (km/h)	Zużycie węgla (kg)	Zużycie wody (kg)	Temperatura pary (°C)	Szerokość kłapy η %	
								Prędkość średnia	Prędkość maksymalna
1	3	140	42	82	196	1796	32,4	32,4	32,4
2	3	142	42	82	1962	1809	32,3	32,3	32,3
3	3	142	42	82	1962	1809	32,3	32,3	32,3



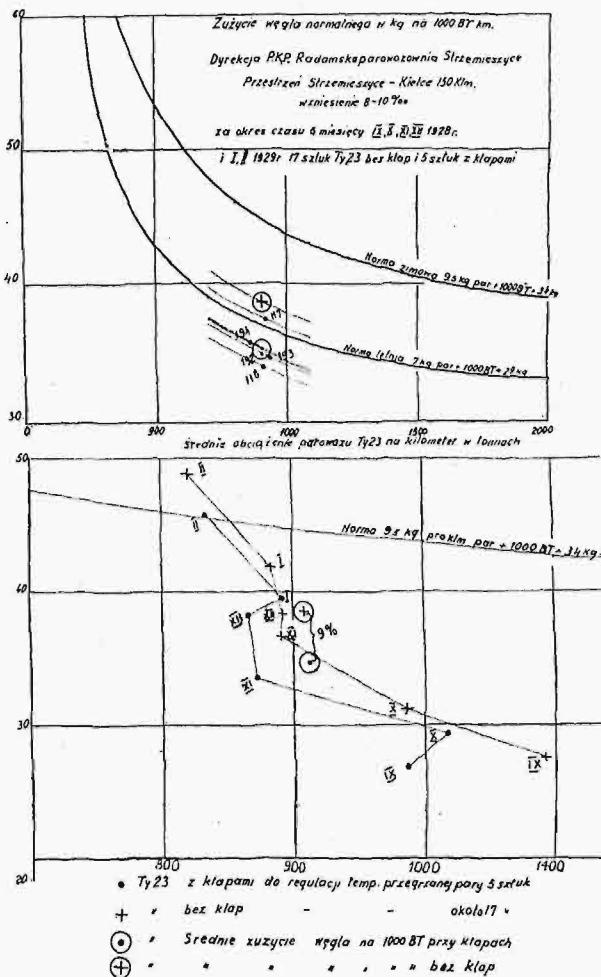
Rys. 5. Porównanie przebiegu temperatury przegrzania pary przy jeździe z kłapami i bez kłap w dymnicy parowozu.

należy za wynik bardzo korzystny, gdyż przyrząd ten z natury rzeczy może dawać oszczędności tylko w okresie pracy parowozu przy otwartej przepustnicy.

Załączony wykres rys. 6 a i b podaje bliższe szczegóły co do tych danych, zebranych w okresie od września 1928 r. do końca lutego 1929 r. Tu

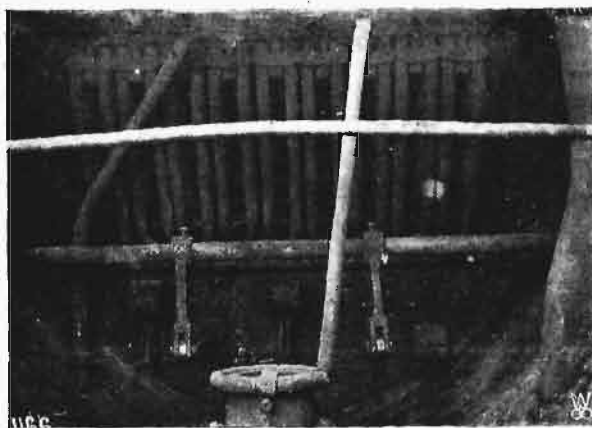


waga może być uruchomiona dopiero wówczas, gdy siła działająca na klapy, wywołana różnicą ciśnień pomiędzy skrzynią ogniową a dymnicą, jest w stanie pokonać wszystkie momenty przeciwwag na spoczywających klapach. Dźwignia wraz



Rys. 6 a i b.

z ciężarem służy do unormowania najwyższej temperatury przegrzania pary, zaś przeciwwagi, umieszczone na klapach, regulują ruch klap, w granicach określonych przez wycięcie na głowicy dźwigni, odpowiednio do ustalanych doświadczalnie warunków wytwarzania pary.



Rys. 7.

Klapy zakrywające wyloty opłomek w dymnicy w położeniu zamkniętym (rys. 7) i otwartym (rys. 8)

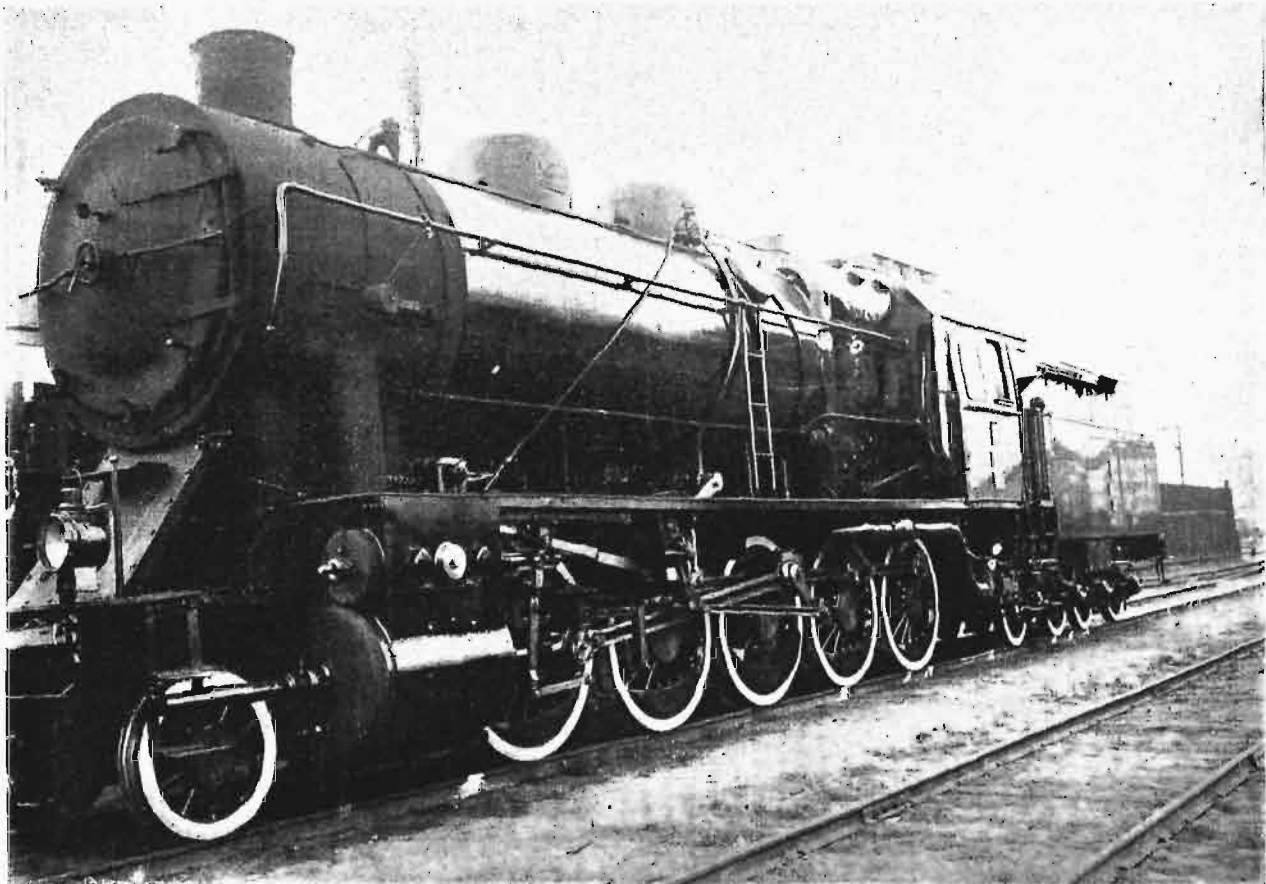
Działanie przyrządu jest następujące. Podczas postoju narowozu i podczas jego biegu na spadzie klapy są zamknięte pod działaniem przeciwwag, na nich umieszczonych. Spaliny mogą wówczas przepływać wyłącznie przez wolny przekrój płomieniec z elementami przegrzewacza i płomieniówek pomiędzy nimi umieszczonych. Podczas pracy parowozu, działa na klapy siła ciągu wytwarzana przez parę odlotową, wypływającą z dyszy. Siła ta nie może z początku otworzyć klap i ciągnie wszystkie spaliny przez płomieniec tak długo, dopóki nie będzie w stanie pokonać wszystkich momentów przeciwwag i oporu tarcia w łożyskach wału. Ruch klap, zależny od ustawienia dźwigni z zewnątrz dymnicy, wystąpi wówczas samoczynnie w granicach określonych przez wycięcie na głowicy dźwigni. To samoczynne poruszanie klap powoduje, że parowóz wytwarza dobrze parę i wywołuje odpowiednio wysokie przegrzanie pary. Gdy natężenie rusztu wzrosnie tak wysoko, że temperatura przegrzania mogłaby przekroczyć maksymalnie dopuszczalną wysokość, np.  $400^{\circ}\text{C}$ , którą normujemy przez odpowiednie przesunięcie ciężaru na dźwigni zewnętrznej, wówczas siła ciągu, działająca na klapy, będzie w stanie pokonać także i moment tego ciężaru i wywoła znaczniejszy ruch klap, co spowoduje przepływ większej ilości spalin przez dolne rury (płomieniówki), wskutek czego przegrzanie pary nie podniesie się powyżej normy określonej zgóry.

Przyrząd ten umożliwia wykonanie całego szeregu kombinacji regulowania przepływu spalin przez rury, jak np.: ruch wszystkich klap razem (wówczas muszą one być ze sobą sprzężone za pomocą ruchomych listewek), albo też ruch każdej kłapy osobno, przyczem wówczas każda kłapa musi być obciążona zasobną przeciwwagą przestawialną. Obciążenie klap może być wówczas tak ustawione, że przy pewnej różnicy ciśnień pomiędzy skrzynią ogniową a dymnicą otworzy się najpierw największa kłapa, odsłaniająca około 40 rur, potem druga — mniejsza, odsłaniająca 20 rur, wreszcie trzecia i t. d.

Powyzszy przyrząd przynosi, prócz szybszego i wyższego podniesienia temperatury pary przegrzanej i wskutek tego oszczędności wody i węgla na jednostkę pracy, jeszcze następujące korzyści:



Rys. 8.



Rys. 9. Widok zewnętrzny parowozu z klapami w dymnicy, regulującymi przegrzanie pary.  
Zzewnątrz widzimy dźwignię przestawialną na dymnicy.

1) Brak sklepienia ogniotrwałego w skrzyni ogniowej nie wpływa na obniżenie temperatury przegrzania pary.

2) Szkodliwy dla smaru wpływ spalin zassanych do cylindrów przy jeździe na spadach z zamkniętą przepustnicą jest ograniczony, gdyż klapy utrudniają wówczas dopływ gorących spalin do cylindrów.

3) W czasie postojów i jazd na spadach spalanie się węgla na ruszcie jest powolniejsze, gdyż spaliny natrafiają na większy opór. Rozchód węgla z powodu jałowego spalania jest mniejszy.

4) Koszt konserwacji przyrządu jest minimalny.

5) Osadzanie się kamienia kotłowego zmniejsza się, wskutek zmniejszonego zapotrzebowania wody.

6) Przyrząd ten stoi na straży bezpieczeństwa przegrzewacza bez konieczności użycia pirometru i wymaga, aby parowóz pod względem kotłowym i silnika był w dobrym stanie (czystość rur, dobry stan komina, szczelność sprężyn tłokowych i suwakowych).

Ten ostatni punkt jest jego wadą, a równocześnie największą zaletą, gdyż od jakości stanu parowozu zależy przede wszystkim ekonomja ruchu.

## W sprawie przejawów plastyczności metali przy próbie rozrywania.

Wiadomo, że jedną z najcenniejszych własności wielu metali jako materiałów technicznych jest plastyczność, t. j. zdolność do odkształceń trwałych po przekroczeniu granicy sprężystości. Takie metale stanowią grupę materiałów elasto-plastycznych. Praca wyłożona na ich odkształcenie składa się z części odwracalnej, zamieniającej się na energję potencjalną odkształcenia sprężystego („energję sprężystą”), i części nieodwracalnej, t. j. pracy odkształcenia plastycznego.

Przy próbie rozrywania przejawia się plastyczność w sposób dwojaki:

1) przez trwałe zwiększenie długości pomiarowej  $l$  na  $l_1$ , określane praktycznie, jak wiadomo, liczbą

$$A = 100 \cdot \frac{l_1 - l}{l},$$

zwaną odsetkowem wydłużeniem przy zerwaniu;

2) przez trwałe zmniejszenie przekroju w miejscu zerwania z  $F$  na  $F_1$ , określane również liczbą odsetkową

$$C = 100 \cdot \frac{F - F_1}{F},$$

zwaną skurczeniem poprzecznym lub przewężeniem.

Każda z obu powyższych liczb, otrzymanych z próby rozrywania, może oczywiście służyć za miarę plastyczności. Jeżeli notuje się obie po próbie zerwania, to głównie dlatego, ponieważ próba ta pozwala mierzyć każdą z nich bez jakichkolwiek badań dodatkowych. Wydłużenie  $A$  mierzy się

wprawdzie praktycznie łatwiej niż skurczenie poprzeczne  $C$ , zato jest w znacznym stopniu zależne od stosunku długości próbki okrągłej do jej grubości<sup>1)</sup>, podczas gdy  $C$  nie ma tej wady.

Z drugiej strony, w przypadkach przekrojów nieokrągłych, okazuje się  $C$  bardziej zależne od postaci przekroju, aniżeli  $A$ .

Skoro zatem obie liczby charakteryzują w nieco odmienny sposób jedną i tę samą własność materiału, t. j. p l a s t y c z n o ś ć, to zgoła niepodobna upatrywać w jakimkolwiek wyrażeniu arytmetycznym, z nich zbudowanym, wielkości cechującej tę lub inną jakąś własność materiału. Taką możliwość miano widocznie na myśli w poważnym referacie, przygotowanym na IV Zjazd Inż. Mechaników Polskich, ogłoszonym w roku ubiegłym w Nr. 43 i 44 P. T., i dlatego pozwałam sobie zabrać głos w tej sprawie ponownie<sup>2)</sup>, zwracając się do ogółu naszych metalurgów (wraz z szan. autorami referatu) z zapytaniem, na jakich przesłankach można oprzeć wiarę w powyższą możliwość.

Wiadomo mi bowiem o laboratorjach, w których oblicza się skrzywnie stosunek  $C : A$ , ażeby zebrać materiał liczbowy. W interesie naszej nauki zapytuję: W jakim celu?

Nawet gdyby chodziło o przekonanie się, która z powyższych liczb jest bardziej czułą miarą plastyczności, to i tak nie miałyby poprawnego fizykalnego znaczenia porównywanie wprost wartości  $A$  i  $C$ . Albowiem  $C$  powstało z porównywania pól, zaś  $A$  z porównywania długości. Należałoby więc przerachować jeden ze stosunków tak, ażeby obadwa odnosiły się do porównania wielkości geometrycznych tego samego wymiaru. Pozostawiawszy np.  $A$  niezmiennione, winniśmy porównywać je nie z  $C$ , lecz z liczbą

$$C' = 100 \cdot \frac{\sqrt{F} - \sqrt{F_1}}{\sqrt{F}} = 100 \cdot \frac{F - F_1}{F + \sqrt{FF_1}} < C.$$

Wynik da się przewidzieć zgóry. Czulszą miarą plastyczności będzie zapewne  $C'$ , jako praktycznie prawie niezależne od długości próbki.

Poruszaną tutaj sprawę można oświetlić jeszcze z innej strony. Odkształcenia skrajne, cechujące plastyczność metali, są, jak łatwo zauważyć, same-mi tylko odkształceniami postaciowymemi, t. zn. zachodzącymi bez zmiany objętości. Odkształcenia bowiem objętościowe są li tylko natury sprężystej. Z tego powodu rozciąganie pręta nie jest najlepszą formą próby plastyczności jego materiału. Mógłby ktoś napozór słusznie zażądać, aby plastyczność mierzono raczej pomocą próby skręcania pręta okrągłego, bo przy skręcaniu mamy do czynienia przedewszystkiem z odkształceniem postaciowym. Ale rzecz się ma w ten sposób ściśle tylko w obszarze odkształceń bardzo małych. Przy skręcaniu pręta okrągłego o kąt dość wielki, objawiają przekroje końcowe zupełnie naturalną tendencję do wzajemnego zbliżenia się. Pręt skręcony staje się wskutek tego, jak wiadomo, krótszym. Połączone z tem trudności praktyczne i potrzeba budowy osobnej maszyny stanęły zapewne na przeszkodzie wprowadzeniu w życie powyższej myśli. Gdyby ją jednakże zrealizowano, to mielibyśmy bardzo dobrą jedną miarę plastyczności materiału w postaci krańcowego kąta skręcenia (w radjanach), odniesionego do jednostki długości pomiarowej i jednostki promienia przekroju, czyli wielkości

$$\vartheta \cdot \frac{r}{l},$$

jeżeli  $\vartheta$  jest kątem względnego obrotu przekrojów końcowych,  $l$  ich odległością, a  $r$  promieniem.

Na zakończenie pragnę zaznaczyć, że artykułem niniejszym zdążam do skierowania dawnej mojej krytyki znaczenia stosunku  $C : A$  na tory spokojnej i obiektywnej dyskusji naukowej, z udziałem większego niż dotychczas grona inżynierów-badaczy, albowiem sprawa poruszona grozi wciąż jeszcze zamętem w poglądach młodego pokolenia techników na podstawowe pojęcia wytrzymałościowe.

M. T. Huber.

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

### BUDOWNICTWO.

#### O sposobie chemicznym wzmacniania nieszczelnych murów i betonu.

Przy naprawie pękających i rysujących się murów i betonu stosowany jest często sposób zasklepiania rys i otworów zapomocą mleka cementowego z piaskiem lub bez, wprowadzanego pod ciśnieniem do miejsc uszkodzonych. Sposób ten jednak w wielu wypadkach nie jest wystarczający.

Przy drobnoporowatej budowie wewnętrznej muru ceglano lub betonu następnie filtracja cząstek cementu, wskutek czego do głębiej uszkodzonych miejsc dochodzi jedynie czy-

<sup>1)</sup> Nader interesującą propozycję ilościowego ujęcia tej zależności zawdzięczamy prof. A. Krupkowskiemu w rozprawie p. t. „Mechaniczne własności miedzi”. (Prace Zakł. Metalurg. Pol. Warsz. Wyd. Akad. Nauk. Techn. Warszawa 1930).

<sup>2)</sup> Por. artykuł autora: „W sprawie oceny materiału na podstawie prób mechanicznych”. P. T. 1928.

sta woda; drugą ujemną stroną tego sposobu jest zbyt powolne wiązanie i twardnienie wodnistej zawiesiny cementowej, co hamuje bieg robót i podraża je.

Znacznie doskonalszym okazał się sposób wzmacniania Joostena, polegający na kolejnym wstrzykiwaniu 2-ch rozтворów pod ciśnieniem (patent Tiefbau und Kälteindustrie A. G., Nordhausen).

Uszczelnienie powstaje w ten sposób, że druga ciecz wytworza w połączeniu z pierwszą opalową masę krzemionkową, która dzięki własnościom wiążącym powierzchni swych cząstek skleja cząstki wzmacnianego tworzywa i wypełnia w nim próżnię.

Obydwie cieczce zawierają zawiesiny kolloidalne, rozdrobione aż na poszczególne drobiny, które przedostają się przez najdrobniejsze wolne przestrzenie nie ulegając filtracji.

Sposób ten rozpowszechnił się w ostatnich czasach, znajdując szerokie zastosowanie nie tylko przy uszczelnia-

niu murów i betonu, ale i przy wzmacnianiu słabych gruntów, co opisuje szczegółowo „Bautechnik” z 1930 r., zes. 12.

W celu otrzymania danych liczbowych, wykonano w laboratorium cementowym w Düsseldorfie próbki z zaprawy o średnicy 10 cm i wysokości 7 cm, używając mieszaniny o stosunku wagowym cement: piasek 1:10 z dodaniem 7% wody. Po dostatecznym stwardnieniu próbek wstawiano je w specjalne metalowe formy pierścieniowe, uszczelniano powierzchnię dotyku próbki do formy czystym mlekiem cementowym i poddawano próbki od dołu ciśnieniu 1-szej i 2-jej cieczy, aż do wystąpienia na jej górnej powierzchni białego osadu.

Wyniki badań wytrzymałościowych uwidocznione są w następującej tablicy:

Wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach próbek, przechowywanych 24 godz. w formach i 6 dni na powietrzu w pokoju.

Ciężar próbki g	Ciężar właściwy	$R_c$ kg/cm <sup>2</sup>
A) Próbki niewzmocnione		
877	1,75	26
898	1,77	34
901	1,80	43
średnio	1,77	34
B) Próbki nasycone roztworami w 7-ym dniu		
1066	2,07	129
1045	2,04	134
1049	2,08	159
średnio	2,06	141

Jak widać, wzmacnione próbki osiągnęły 4 razy większą wytrzymałość przy jednoczesnym wzroście ciężaru właściwego, a więc i szczelności tworzywa, szczególnie ważnej, o ile beton lub zaprawa narażona jest na działanie kwasów i roztworów soli. (Der Bautenschutz, 1931 r., zes. 1).

W. Z.

## ELEKTROTECHNIKA.

### Silniki klatkowe o dużej mocy.

Silniki asynchroniczne krótkozwarte znajdują coraz rozleglejsze zastosowanie w latach ostatnich. Gdy chodzi o włączanie ich przy pełnym obciążeniu, włącza się je bezpośrednio, a w celu zmniejszenia prądu rozruchu wyposaża się twornik w podwójne uzwojenie klatkowe. Ponieważ jednak zwykle dopuszczalny jest taki rozruch dużych silników klatkowych tylko przy niewielkich obciążeniach, puszcza się je na napięcie częściowe. W tym celu stosuje się, jak wiadomo, bądź układ gwiazda—trójkąt, bądź też transformator rozruchowy. Pomimo to prąd rozruchu przekracza jednak zawsze 1,5-krotną wartość prądu pobieranego przy pełnym obciążeniu.

Ostatnio wytwórnia Sachsenwerk zastosowała układ, dzięki któremu prądy rozruchowe są znacznie mniejsze, niż prąd przy pełnym obciążeniu; układ ten polega na użyciu silnika pomocniczego zwykłej konstrukcji, z pierścieniami ślizgowymi, nawiniętego na mniejszą ilość biegunów, niż silnik główny.

Punkt zerowy uzwojenia stojana silnika głównego jest

wyprowadzony nazewnątrz, końcówki są połączone z zaciskami uzwojenia stojana silnika pomocniczego, który jest sprzężony mechanicznie z silnikiem głównym. Silnik pomocniczy ma zwykły rozrusznik, włączony między pierścienie ślizgowe wirnika. Silnik pomocniczy jest mały w stosunku do silnika głównego; jego oporność pozorna jest duża; z tego powodu napięcie sieci przejmuję — po włączeniu wyłącznika głównego — prawie całkowicie silnik pomocniczy, zaś na zaciskach silnika głównego napięcie jest nieznaczne, jak to zresztą wyraźnie widać na krzywej, zdjętej zapomocą oscylografu. Prąd w silniku pomocniczym jest zatem mały w stosunku do prądu silnika głównego przy pełnym obciążeniu. Skutkiem tego i współczynnik mocy jest dobry, gdyż prąd rozruchu jest tu przeważnie prądem wiatowym. Rozruch taki ma zatem tę wysoce dodatnią stronę, że obciążenie sieci jest korzystne, nawet jeżeli chodzi o włączanie bardzo dużych silników.

Przy dalszym włączaniu, prąd i napięcie silnika głównego praktycznie nie zmieniają się. Przy przekraczaniu synchronicznej liczby obrotów, silnik pomocniczy osiąga granicę, przy której traci napięcie prawie zupełnie, i załączony w szereg z nim silnik główny otrzymuje prawie całkowite napięcie; cały ten przebieg zachodzi powoli i stopniowo; w końcu małe napięcie silnika pomocniczego zwiera się ostatecznie, wówczas już napięcie na silniku głównym równa się napięciu sieci.

Rozrusznik, wyłącznik olejowy, zwieracz są zwykle sterowane z odległości.

Pierwsze w ten sposób zbudowane (przez f. Sachsenwerk, Licht und Kraft A. G. pod Dreznem) dwa silniki klatkowe o mocy 1600 kW każdy dostarczone były, jako silniki napędowe, do dwóch zespołów przetwornicowych o 745 obr./min. Potem zbudowano tego rodzaju silnik znacznie większy, o mocy 6000 kW przy 1496 obr./min.

Stosowanie opisanego tu sposobu rozruchu wywołać może wogóle większe rozpowszechnienie wielkich silników asynchronicznych, gdyż uruchamianie silników o mocy paru tysięcy kilowatów z pieścieniami ślizgowymi zapomocą zwykłych rozruszników napotyka na duże trudności. (V. D. I. Z ft., zes. 34/1930).

## MOSTOWNICTWO.

### Budowa mostu żelbetowego o długości 11 km w San Francisco.

Most ten zbudowano w ciągu mniej niż trzech miesięcy. Łączy on m. San Francisco przez zatokę o tej samej nazwie z długim półwyspem, oddzielającym miasto od Pacyfiku. Budowla ta jest z tego względu interesująca, że składa się z odlanych zawczasu elementów. Most, o szerokości 8,5 m, służy jedynie do przejazdu samochodów, za co pobierane jest myto, jak to jest w zwyczaju w St. Zjednoczonych.

Ustrój składa się z trzech przęseł po 90 m metalowych oraz ze 116 przęseł przekrytych płytami żelbetowymi po 10,68 m z jednej strony i z 1054 przęseł po 9,14 m długości z drugiej strony dźwigarów żelaznych. Płyty te spoczywają na filarach, złożonych z 4 lub 5 pali żelbetowych. Od czasu do czasu przewidziano spoiny dylatacyjne.

Wszystkie części ustroju odlano w odległości 20 km od miejsca budowy; ok. 5000 pali o długości od 13 do 20 m, jak również płyty, tworzące pomost, naładowano na statek i przewieziono na miejsce budowy. (Bet. & Eisen, styczeń 1930).