

WCh

J. CZOCHRAŁSKI i K. MIGURSKA

Badania porównawcze różnych metod oczyszczania stopów aluminiowych

Recherches comparatives des différentes méthodes d'épuration des alliages d'aluminium

TREŚĆ: Utlenianie, pochłanianie gazów, zanieczyszczenia w stopach aluminiowych i rozmaite metody oczyszczania tych stopów. Badania doświadczalne na odlewniczym stopie aluminiowym 4L11 następujących metod oczyszczania: 1) Zastosowanie topników: De-Gaser i Coveral (angielski), Flux-Al (niemiecki), Lital (polski). 2) Zastosowanie metody wolnego krzepnięcia. 3) Zastosowanie metody termicznej obróbki w stanie ciekłym. 4) Zastosowanie gazu aktywnego. Najlepsze rezultaty otrzymano przy stosowaniu gazu aktywnego, jak również przy stosowaniu topników „pokrywających” a jednocześnie chemicznie aktywnych. Mniej pomyślne wyniki otrzymano przy stosowaniu metod wolnego krzepnięcia, termicznej obróbki w stanie ciekłym oraz przy stosowaniu topników należących do grupy „lotnych”, czyli „wzbudzających”.

Jakość otrzymanego metalu zależy w wysokim stopniu od sposobu przeprowadzenia operacji topienia.

Przy przetapianiu aluminium lub jego stopów należy przede wszystkim zapobiegać utlenianiu ciekłego metalu, jak również pochłanianiu przez niego gazów z atmosfery pieca.

W drugim rzędzie należy zastosować środki w celu usunięcia z kąpieli gazów już zaabsorbowanych, szczególnie zatrzymanych mechanicznie, gdyż właśnie one są głównym powodem powstawania w odlewach porowatości i nakłuć.

Ważną również sprawą jest usunięcie z ciekłego metalu zanieczyszczeń niemetalicznych, a głównie Al_2O_3 , zwiększających gestopłynność metalu, a więc powodujących po-

wolne i niedokładne wypełnianie formy odlewniczej.

Najwięcej znane sposoby oczyszczania stopów aluminiowych są następujące:

1) Stosowanie topników, które podzielić można na 3 grupy zasadnicze:

a) aktywne lub chemiczne, przeważnie zawierające sole fluoru, będące aktywnymi rozpuszczalnikami Al_2O_3 ,

b) lotne, łatwo ulegające dysocjacji w temperaturze topienia i wywierające wpływ mechaniczny, wzbudzając stopiony metal i porywając drobne zanieczyszczenia na powierzchnię kąpieli,

c) pokrywające, których zadaniem jest izolowanie metalu od atmosfery pieca i od działania gazów; muszą one być ciekłe w temperaturze topnienia aluminium i posiadać mniejszy od niego ciężar właściwy.

2) Stosowanie gazu obojętnego, który wzbudzając kapiel działa wyłącznie mechanicznie, podobnie jak topniki lotne.

3) Metoda wolnego krzepnięcia, polecana przez *Archbutta*, ma na celu ułatwienie gazom, zatrzymanym w kąpieli mechanicznie, wydobywania się na powierzchnię metalu ciekłego drogą przedłużenia okresu krzepnięcia.

4) Metoda przegrzewania ten sam cel osiąga dzięki zwiększonej płynności kąpieli, lecz wadą jej jest wzmożone pochłanianie gazów piecowych przez metal.

5) Metoda obróbki termicznej w stanie ciekłym polega na długim (do 24 godzin) utrzymywaniu metalu w temperaturze nieco wyż-

szej niż punkt topnienia, aby ułatwić zawieszynom wypływanie lub opadanie i aby umożliwić wydobywanie się pochłoniętych przez metal gazów.

6) Stosowanie gazu aktywnego zaproponował *Tullis*, który radzi używać do tego celu chlor i chlorek boru. Chlor reaguje silnie z metalem, z domieszkami, z rozpuszczonymi gazami, a przede wszystkim z wodorem.

Praca niniejsza ma na celu porównanie doświadczalne następujących metod rafinowania stopów aluminiowych:

- I) zastosowanie topników De - Gaser i Coveral (angielski),
- II) zastosowanie topnika Flux-Al (niem.),
- III) „ „ Lital (polski),
- IV) metoda wolnego krzepnięcia,
- V) „ termicznej obróbki w stanie ciekłym,
- VI) zastosowanie chloru.

Porównanie polegało na oznaczeniu i zestawieniu wielkości następujących:

- a) stopnia odgazowania próbki z aparatu próżniowego *Pfeiffera*,
- b) ciężaru właściwego,
- c) wytrzymałości na rozciąganie,
- d) wydłużenia.

Aby otrzymać materiał porównawczy, należało możliwie ściśle ilościowo zdefiniować stopień odgazowania badanych próbek. Najwięcej miarodajny jest przekrój osiowy wlewka, gdyż jego obraz jest najwięcej zbliżony do stanu porowatości rzeczywistej. Powierzchnie tych przekrojów oraz powierzchnie występujących na nich dziur zostały sfotografowane i splanimetrowane, po czym obliczony został stosunek powierzchni nie zajętej przez metal do powierzchni całkowitej. Stosunek ten nazwano porowatością i obliczono w procentach.

Badania wytrzymałościowe polegały na rozrywaniu próbek w 5 tonowej maszynie *Amsler'a* oraz na określaniu najbardziej charakterystycznych dla stopów aluminiowych

wielkości, a więc wytrzymałości na rozciąganie R_r kg/mm² i wydłużenia A_4 %. Ciężar właściwy określano metodą ważenia próbek zanurzonych w wodzie destylowanej.

W celu osiągnięcia możliwie miarodajnych wyników wszystkie doświadczenia przeprowadzono w tych samych warunkach i na tym samym stopie aluminiowym. Jako materiału do badań użyto odlewniczego stopu 4L11 o zawartości: Cu 6,85 %, Fe 0,33 % i Si 0,59 %. Stop ten dostarczony był w postaci bloczków, pochodzących z jednego wytopu, co zapewniało jednorodność materiału. Metal topiono w piecu gazowym takiej konstrukcji, że tygiel znajdował się bezpośrednio w komorze spalania i pomimo grafitowej przykrywki metal nie był całkowicie izolowany od spalin. Każdorazowy wsad do pieca wynosił dla wszystkich wytopów 5 kg. We wszystkich operacjach topienia przestrzegano, by temperatura nie przekroczyła 780° C, a temperatura odlewania była 700° C.

Użyte do badań topniki: De-Gaser i Coveral, Flux-Al i Lital poddano analizie chemicznej oraz badaniom fizycznym.

Analiza wykazała następujący skład chemiczny poszczególnych topników:

Badania fizyczne polegały na określeniu punktów topnienia dla poszczególnych topników.

Topnik De-Gaser ogrzany do 800° C jeszcze nie był całkowicie stopiony, a podczas ogrzewania silnie się burzył, dymił i podnosił się w tyglu w postaci gęstej masy. Topnik ten można zaliczyć do grupy lotnych, wywierających mechaniczny wpływ przy usuwaniu zanieczyszczeń.

Topniki: Coveral, Flux-Al i Lital stopiły się całkowicie w temperaturach bliskich 700° C (Flux-Al przy 660° C) dając czystą klarowną ciecz. Są to więc topniki pokrywające, t. j. dające powłokę chroniącą metal od atmosfery pieca. Wszystkie wymienione topniki należą jednocześnie jak i De-Gaser do grupy

Topnik	Na	K	Zn	Al	Cl	F	SiO ₂	BO ₃	HPO ₃	CO ₂	NO ₃	Fe ₂ O ₃
De-Gaser	24,0	22,1	0	1,0	20,0	22,3	0	0	—	0	—	0,75
Coveral	32,8	0	0	5,3	15,0	11,1	0	0	—	30,0	—	0,77
Flux-Al	13,0	35,3	0	1,06	31,9	10,74	0	8	—	0	—	0
Lital	14,0	36,95	0	0	32,25	11,24	0,6	0	—	0	—	0,19



Rys. 1. Przekroje osiowe wlewków rafinowanych różnymi metodami.

chemicznych, gdyż zawierają aktywne sole fluoru.

Rafinowanie przy pomocy poszczególnych topników przeprowadzono ściśle według przepisów podanych przez odnośne firmy produkujące:

Topniki De-Gaser i Coveral stosowano łącznie w sposób następujący: gdy metal w tyglu zaczynał się topić, dawano od 0,25 do 2% Coveral'u posypując nim całą powierzchnię kąpieli. Po całkowitym stopieniu się metalu dodawano 0,125 do 1% De-Gaser'u w temperaturze nie wyższej niż 750° C. Topnik ten zawinięty w folię aluminiową pogrążano na dno, po czym kapiel dokładnie mieszano, a po 15 minutach zbierano żużel i odlewano.

Sposób użycia Flux-Al'u był następujący: przy ładowaniu metalu do tygla dawano 0,3 do 0,5% topnika i metal topił się pod utworzoną powłoką topnikową. Po przetopieniu całej masy odlewniczej dodawano jeszcze 0,5% topnika, kapiel dokładnie mieszano,

przy czym zwracano specjalną uwagę na dno i ściany tygla, na których najłatwiej żużel się osadza.

Topnik Lital stosowano w ilości 0,5% dla zmieszania z metalem i wspólnego wytopienia. Po zgarnięciu żużla pokrywano metal również 0,5% topnika. Dokładne oczyszczenie ścian tygla i powierzchni metalu następowało dopiero bezpośrednio przed odlaniem.

Rafinowanie metodą wolnego krzepnięcia przeprowadzono w sposób następujący: metal stopiono i ogrzano do 780° C, po czym zgaszono ogień i postawiono metal w otwartym tyglu, aby stygnął powoli wraz z piecem. Gdy cały metal skrzepnął, tygiel przykryto, piec rozpalono, metal szybko stopiono i po ogrzaniu do 700° C odlano.

Obróbkę termiczną w stanie ciekłym, zaprojektowaną przez *Willi Claussa* i mającą zastąpić podwójne przetapianie, przeprowadzono w sposób następujący: metal stopiono, ogrzano do 780° C, po czym ochłodzono do 680° C i w tej temperaturze utrzymywano go

Seria I (bloczki)

TABLICA 1.

Wytop	O b r ó b k a	Porowatość %	Ciężar właściwy g/cm ³	Wytrzyma- łość na rozciąganie R _r kg/mm ²	Wydłużenie A ₄ %
1	Bez oczyszczania	22	2,667	15,2	1,6
2	De-Gaser i Coveral	4,5	2,789	16,4	2,5
3	Flux-Al	0	2,802	18,9	4,4
4	Lital	0,1	2,812	19,5	3,9
5	Wolne krzepnięcie	11,2	2,778	11,2	1,8
6	Obróbka termiczna w stanie ciekłym	11,7	2,780	10,7	1,4
7	Wolne krzepnięcie i Lital	12,8	2,787	15,5	3,4
8	Obróbka termiczna i Lital	4,5	2,793	17,6	2,9
9	Chlor	0	2,832	18,2	3,6

Seria II (bloczki)

TABLICA 2.

Wytop	O b r ó b k a	Porowatość %	Ciężar właściwy g/cm ³	Wytrzyma- łość na rozciąganie R _r kg/mm ²	Wydłużenie A ₄ %
10	Bez oczyszczania	16	2,662	15,8	1,0
11	De-Gaser i Coveral	8	2,833	17,4	1,2
12	Flux-Al	0	2,888	20,9	1,7
13	Lital	0,1	2,887	20,8	2,5
14	Wolne krzepnięcie	7	2,780	15,3	1,0
15	Obróbka termiczna w stanie ciekłym	3	2,782	9,8	1,4
16	Wolne krzepnięcie i Lital	1,8	2,810	10,2	0,5
17	Obróbka termiczna i Lital	0,9	2,815	20,8	1,5
18	Chlor	0	2,842	16,6	3,8

Seria III (bloczki)

TABLICA 3.

Wytop	O b r ó b k a	Porowatość %	Ciężar właściwy g/cm ³	Wytrzyma- łość na rozciąganie R _r kg/mm ²	Wydłużenie A ₄ %
19	Bez oczyszczania	13	2,660	14,8	1,7
20	De-Gaser i Coveral	6	2,776	14,6	2,7
21	Flux-Al	0,5	2,822	19,0	4,2
22	Lital	0	2,825	18,7	3,8
23	Wolne krzepnięcie	12	2,760	10,1	1,5
24	Obróbka termiczna w stanie ciekłym	6,5	2,770	11,5	1,8
25	Wolne krzepnięcie i Lital	6	2,778	16,2	2,9
26	Obróbka termiczna i Lital	0,5	2,800	15,9	2,7
27	Chlor	0	2,836	19,9	3,2

Seria IV (wiórki)

TABLICA 4.

Wytop	O b r ó b k a	Porowatość %	Ciężar właściwy g/cm ³	Wytrzyma- łość na rozciąganie R _r kg/mm ²	Wydłużenie A ₄ %
28	Bez oczyszczania	20	2,650	12,0	1,0
29	De-Gaser i Coveral	13	2,788	13,5	2,0
30	Flux-Al	4,5	2,803	15,1	3,5
31	Lital	9	2,803	15,0	2,0
32	Wolne krzepnięcie	14	2,770	11,5	1,5
33	Obróbka termiczna w stanie ciekłym	16	2,756	11,5	1,4
34	Wolne krzepnięcie i Lital	12	2,810	14,0	2,1
35	Obróbka termiczna i Lital	13	2,827	15,3	2,7
36	Chlor	0	2,825	15,4	2,2

Seria V (wiórki)

TABLICA 5.

Wytop	O b r ó b k a	Porowatość %	Ciężar właściwy g/cm ³	Wytrzyma- łość na rozciąganie R _r kg/mm ²	Wydłużenie A ₄ %
37	Bez oczyszczania	22	2,652	9,5	0,2
38	De-Gaser i Coveral	10	2,726	7,8	0,4
39	Flux-Al	7	2,764	13,5	2,0
40	Lital	10	2,761	12,8	1,5
41	Wolne krzepnięcie	18,2	2,680	10,4	0,9
42	Obróbka termiczna w stanie ciekłym	15,3	2,711	10,3	0,9
43	Wolne krzepnięcie i Lital	7,5	2,786	15,0	1,8
44	Obróbka termiczna i Lital	7,5	2,832	16,2	2,4
45	Chlor	0	2,828	15,6	2,9

Seria VI (wiórki)

TABLICA 6.

Wytop	O b r ó b k a	Porowatość %	Ciężar właściwy g/cm ³	Wytrzyma- łość na rozciąganie R _r kg/mm ²	Wydłużenie A ₄ %
46	Bez oczyszczania	16	2,645	7,8	1,1
47	De-Gaser i Coveral	5,8	2,801	13,8	1,8
48	Flux-Al	1,1	2,800	15,6	2,5
49	Lital	1,2	2,786	12,1	1,6
50	Wolne krzepnięcie	25,2	2,690	10,0	1,1
51	Obróbka termiczna w stanie ciekłym	14	2,687	10,6	1,2
52	Wolne krzepnięcie i Lital	7	2,782	13,0	1,8
53	Obróbka termiczna i Lital	15	2,766	13,4	1,8
54	Chlor	0	2,831	15,5	2,7

TABLICA 7.

Wyniki średnie otrzymane przy stosowaniu poszczególnych metod rafinowania.

O b r ó b k a	Porowatość %	Ciężar właściwy g/cm ³	Wytrzyma- łość na rozciąganie R _r kg/mm ²	Wydłużenie A ₄ %
Bez oczyszczania	18,1	2,656	12,5	1,1
De-Gaser i Coveral	7,8	2,785	13,9	1,9
Flux-Al	2,2	2,831	17,1	3,0
Lital	3,4	2,812	16,4	2,5
Wolne krzepnięcie	14,6	2,743	13,7	1,2
Termiczna obróbka	11,0	2,747	10,7	1,3
Wolne krzepnięcie i Lital	7,9	2,792	14,0	2,0
Termiczna obróbka i Lital	6,9	2,805	16,5	2,3
Chlor	0	2,838	16,9	3,1

przez 40 minut. Następnie tygiel podgrzano i gdy metal osiągnął temperaturę 700° C, natychmiast odlano.

Do rafinacji przy pomocy gazu aktywnego użyto zwykłego chloru z butli handlowej. Gaz przepuszczany był przez 5 minut w temperaturze 750° C przy pomocy rury ze stali niklowo chromowej, która posiadała na końcu rozszerzenie zaopatrzone w szereg otworów i wprowadzana była na dno kąpieli. Ilość przepuszczanego chloru była regulowana tak, aby występowało wyraźne bulgotanie

i wydzielał się nadmiar gazu w postaci żółtego dymu.

Próbki do badania w aparacie *Pfeifferra* odlewano w mały tygiel grafitowy o pojemności około 1 kg aluminium. Tygiel ten był ogrzewany przed każdym odlewem do temperatury 600° C w piecu elektrycznym w celu przedłużenia okresu krzepnięcia pod próżnią. Próbki wytrzymałościowe odlewano do ogrzanej kokili pochylonej pod kątem 45°.

Wykonano 3 serie doświadczeń na stopie

4L11 w postaci bloczków oraz 3 serie na tymże samym materiale w postaci wiórków. Każda seria zawiera 9 wytopów, przy czym pierwszy wykonywany był bez oczyszczenia metalu w celu porównawczym, a pozostałe przedstawiają kolejno 8 metod rafinowania.

Wyniki otrzymane dla każdej serii wytopów podane są w 6 załączonych tabelach. Tabela 7 jest ich zestawieniem i przedstawia wyniki średnie, otrzymane przy stosowaniu poszczególnych metod rafinowania. Załączony komplet fotografii (Rys. 1) przedstawia przekroje osiowe wszystkich próbek z aparatu *Pfeifferra*. Na przekrojach tych uwidoczniony jest wyraźnie stopień odgazowania metalu przy stosowaniu poszczególnych metod rafinowania oraz rozmieszczenie pęcherzyków gazowych na płaszczyźnie przekroju próbek.

Już podczas krzepnięcia metalu pod próżnią można było opiniować o zawartości gazów ze stopnia pęcznienia jego powierzchni. Możliwość bezpośredniej obserwacji przekrojów tych próbek na zdjęciach wykazała nawet wyższość nad ścisłym obliczaniem porowatości, gdyż daje ona więcej miarodajne i celowe wskazówki dla potrzeb odlewni. Porównywując np. próbkę 7 z próbką 29 widzimy, że przy jednakowej zawartości gazów jakość materiałów jest zupełnie odmienna. W próbce 7 metal jest całkowicie odgazowany, a wydzielone gazy zebrane są w jednym pęcherzu, bliskim wydobywania się na zewnątrz. Próbką zaś 29 wykazuje rozproszenie wydzielonych gazów po całym przekroju, wskutek czego materiał należy uważać za niezdatny do odlewu.

Porównując wyniki otrzymane przy stosowaniu poszczególnych topników stwierdzono, że największy stopień odgazowania i ciężar właściwy otrzymano przy użyciu topnika Flux-Al tak odnośnie do materiału w postaci bloczków jak i wiórków; wyniki zbliżone, a więc również dobre, dał topnik Lital; wytrzymałość i wydłużenie osiągnęły przy stosowaniu tych topników najwyższe wartości. Topniki Flux-Al i Lital należą do grupy topników pokrywających metal i przy tym działają chemicznie dzięki solom fluoru na znajdujące się w metalu zanieczyszczenia.

Topnik wybitnie lotny, mianowicie De-Gaser w połączeniu z Coveral'em dał o wiele mniejsze ciężary właściwe metalu, natomiast znaczną porowatość próbek z aparatu *Pfeifferra*. Można więc na tej podstawie wnio-

skować, że powłoki topnikowe, izolujące stopiony metal od atmosfery pieca i zawierające ponadto chemicznie aktywne sole, są lepszym środkiem oczyszczającym niż topniki lotne wzburzające. Te ostatnie wywierają wpływ mechaniczny przy oddzielaniu tlenków i zanieczyszczeń ze stopionego metalu. Coveral, który zgodnie z przepisami stosowano w połączeniu z De-Gaser'em, jest topnikiem pokrywającym, a nie lotnym, jednak działanie jego, które sądząc z analizy chemicznej winno być zbliżone do Flux-Al'u i Lital'u, zostało jak gdyby osłabione przez obecność De-Gaser'u. Topniki Lital a zwłaszcza Flux-Al posiadają poza tym niskie punkty topnienia w porównaniu z Coveral'em i tworzą rzadkopłynną powłokę. Można stąd wnioskować, że lepiej jest mieć do czynienia z powłoką rzadkopłynną topnika, a lepsze wyniki prawdopodobnie należy przypisać większej aktywności takiej powłoki aniżeli gęstopłynnej. Należy przy tym zaznaczyć, że normalna, niewielka nawet gęstość powłoki topnika silnie się zwiększa w miarę jej nasycania tlenkami i zanieczyszczeniami z kąpieli.

Wyniki jak i wnioski dotyczące działania poszczególnych topników wiązać należy z pojęciem topnika jako całości; działania pojedynczych składników (przeważnie soli metalicznych) nie dają się ustalić z zupełną ścisłością wobec utrudnionej analizy chemicznej topników, a trudność tę powodują stosowane przez producentów barwniki oraz inne domieszki organiczne.

Metody wolnego krzepnięcia i termicznej obróbki w stanie ciekłym bez dodatku topnika okazały się zupełnie niekorzystne. Metal był bardzo gęstopłynny i wydzielone gazy nie mogły się uwolnić z roztopionej masy nawet w aparacie próżniowym *Pfeifferra*. Metody te, przy jednoczesnym zastosowaniu topnika Lital w celu zwiększenia rzadkopłynności metalu, dały lepsze rezultaty, nie o tyle jednak, aby zrównoważyć kosztowne i kłopotliwe zabiegi przy tej obróbce.

Najlepsze wyniki pod każdym względem dała obróbka przy pomocy chloru. Próbkę z aparatu *Pfeifferra* wykazywały całkowite odgazowanie metalu. Otrzymano również przy tej obróbce bardzo dużą wytrzymałość na rozciąganie, największe wydłużenie oraz wysokie wartości ciężaru właściwego. Można wnioskować, że chlor posiada zdolność naruszania równowagi między ciekłym metalem

a rozpuszczonymi gazami powodując łatwe ich wydzielanie. Wiadomo, że zdolność taką posiadają inne pierwiastki jak Mg i Zn, które również zakłócają równowagę, lecz czynią to w kierunku ujemnym dla jakości metalu, gdyż gazy wydzielają się w ich obecności właśnie w okresie krzepnięcia metalu, powodują więc porowatości. Chlor zakłóca tę równowagę znacznie wcześniej i dlatego gazy wydzielają się w strefie stygnięcia ciekłego metalu, nie zaś w strefie krzepnięcia. Chlor reaguje przy tym chemicznie z większością rozpuszczonych gazów, a zwłaszcza z wodorem, co jest specjalnie ważne, gdyż jest on najwięcej rozpuszczalnym gazem w ciekłym aluminium i jest głównym składnikiem gazów, wydzielających się podczas krzepnięcia metalu. Zwiększenie ciężaru właściwego metalu

wykazuje, że działanie chloru nie polega wyłącznie tylko na łączeniu się z wodorem, gdyż zawartość wodoru nie jest tak znaczna, aby po całkowitym nawet jego usunięciu ciężar właściwy wzrósł aż o 7%, co właśnie zostało stwierdzone w czasie badań. Można więc sądzić, że chlor, przechodząc przez roztopiony metal, powoduje rozkład tlenków metalicznych lub wydobywanie się ich na zewnątrz.

Biorąc pod uwagę niską cenę rynkową chloru, należałoby przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń wentylacyjnych zalecić użytkowanie tego gazu do oczyszczania stopów aluminiowych w produkcji fabrycznej.

Warszawa, 1938.

Zakład Metalurgii i Metaloznawstwa
Politechniki Warszawskiej
i Fabryka Metalurgiczna P. Z. Inż.

Recherches comparatives des différentes méthodes d'épuration des alliages d'aluminium

J. CZOCHRAŁSKI et K. MIGURSKA

R é s u m é.

La qualité du métal obtenu dépend en grande partie de l'opération de fusion. Pendant la fusion de l'aluminium ou de ses alliages il est avant tout nécessaire de préserver le métal fondu contre l'oxydation, l'empêcher d'absorber des gaz de l'atmosphère du four, et l'épurer des gaz déjà absorbés, ainsi que des impuretés non-métalliques, surtout Al_2O_3 .

L'étude présente a pour but de comparer expérimentalement les fondants et les méthodes suivantes, en prenant pour base l'alliage d'aluminium 4L11 (Si — 0,59%; Cu — 6,85%; Fe — 0,33%): De-Gaser et Coveral (anglais), Flux-Al (allemand), Lital (polonais), méthode de solidification lente, méthode du traitement thermique en état liquide, ainsi que l'application du chlore.

La détermination des qualités suivantes a été choisie pour cette comparaison:

- degré de dégazage de l'échantillon obtenu à l'aide de l'appareil à vide Pfeiffer;
- poids spécifique,
- résistance à la traction,
- allongement.

Les surfaces des coupes axiales des éprouvettes donnent l'image la plus exacte de l'état de porosité effective qui définit

quantitativement le degré de dégazage des échantillons examinés.

L'assortiment de photographies ci-jointes représente les coupes axiales des échantillons provenant de l'appareil Pfeiffer. Trois séries d'expériences ont été exécutées avec l'alliage 4L11 à l'état de lingots, et trois autres avec le même alliage sous forme de copeaux (Rys. 1 — colonnes horizontales).

Chaque série comprenait 9 coulées: la première fut exécutée sans épuration du métal tandis que les autres représentent le résultat de 8 méthodes différentes de raffinage (Rys. 1 — colonnes verticales).

Les meilleurs résultats ont été obtenus par l'application de chlore, ainsi que des fondants couvrants, chimiquement actifs.

Des résultats moins favorables ont été obtenus par l'application des méthodes de solidification lente, du traitement thermique en état liquide et avec des fondants, qui appartiennent au groupe des „brassants”.

Warszawa, 1938

Institut de Métallurgie et Métallographie
à l'Ecole Polytechnique
et Laboratoire d'Usine Métallurgique
„Ursus” P. Z. Inż.