

VI. 總括

以上研究の結果を總括すれば次の如くである。

(1) Kahlbaum 製純蓚酸第一鐵を原料として、可成り純粹なる FeO を製作し、これを用ひて FeO, SiO₂ 及 CaO を主成分とする鑛滓を熔製した。

(2) 上の如く熔製せる鑛滓を N₂ 圍氣中に於て再加熱して、その熔解溫度を測定し、中性物質約 15% 以下含有

する鑛滓中、1200°C±30°C 及約 1100°C の熔解溫度を有する鑛滓成分を求めた。

(3) 上の結果と低磷銑を精鍊するに必要な鑛滓成分を示す曲線と比較對照して、P 0.02% 以下の低磷銑を精鍊するのに適する鑛滓成分の分野を推定した。

本實驗は社團法人鐵鋼報國會及服部報公會の援助により遂行せられたもので、同報國會及報公會の御好意に對し深厚なる謝意を表する次第である。

鋼のオーステナイト結晶粒度の支配因子^{**} に関する研究 (I)

(日本鐵鋼協會第 25 回講演大會講演) 昭 16. 4. 東京

出口喜勇爾^{*}

ÉTUDE SUR DES FACTEURS PRÉDOMINANTES DESQUELS SE TROUVE LE GRAIN AUSTÉNITIQUE L'ACIER (I)

Kiyuzi Deguti

RÉSUMÉ :—Nous avons fait une petite étude en vue d'éclaircir des facteurs sous la dépendance desquels se trouve le grain austénitique de l'acier. C'est, en général, la méthode par cémentation, qui s'est utilisée pour mettre en évidence le grain austénitique. Cependant, dans les cas où il est impossible de cémenter d'échantillon, on a recours à la méthode par oxydation ou par trempe martensitique.

Des échantillons qui sont prélevés du bain au cours de l'opération du four électrique, avant de la calmer avec l'aluminium, montrent souvent une structure mixte formée d'îlots de très gros grains dans un fond à grain généralement fin, tandis qu'est anormale la structure des échantillons du bain de la durée d'oxydation d'opération. Il semble que la grosseur du grain d'austénite est la même quelle que soit la durée de séjour en poche ou la place de prélèvement du lingot. D'une manière générale, la grosseur du grain d'austénite d'un acier semble indépendante du degré de corroyage à chaud ou de l'écroutissage. Mais dans les échantillons, montrant une structure extraordinairement mixte, dont les coefficients d'écroutissage sont supérieurs à environ 90%, les gros grains sont déformés et allongés dans la directions de traction. Par addition à la coulée d'une quantité critique en aluminium (jusqu'à environ 0.03~0.1%), en titane (environ 0.02%), en vanadium (environ 0.2%), en molybdène (environ 0.6%), le grain austénitique devient de plus en plus fin. Le grain d'austénite formé par solidification est extraordinairement plus gros que le grain formé par transformation et sa grosseur est moins dépendante de la quantité d'aluminium pour désoxydation. Il est probable que les suspensions d'alumine jouent plutôt le rôle de barrière que celui de germes, pour l'aptitude au grossissement du grain d'austénite.

目次

- | | |
|---|--|
| <p>I. 研究の目的</p> <p>II. 研究の方法</p> <p>(1) 粒度の顯出法</p> <p>(2) 研究試料</p> <p>III. 製鋼作業の各過程より採取せる試料のオーステナイト結晶粒度</p> <p>(1) 熔解作業の各過程より採取せる試料について</p> <p>(2) 鋼塊の各部分より採取せる試料について</p> | <p>(3) 加工の各過程より採取せる試料について</p> <p>IV. 各種脱酸劑を使用して試験熔解せる試料のオーステナイト結晶粒度</p> <p>(1) アルミニウム (2) シリコマンガ (3) カルシウムシリサイド (4) フェロチタン (5) フェロヴァナヂウム (6) フェロモリブデン</p> <p>V. 凝固によつて生成せるオーステナイト結晶粒と變態によつて生成せるそれとの比較</p> <p>(1) オーステナイト結晶生成機構に関する簡單なる推論</p> <p>(2) 實驗方法</p> <p>(3) 實驗結果</p> <p>(4) 實驗結果に對する考察</p> |
|---|--|

* 日本特殊鋼株式會社

** 第 25 回講演大會に於ける題目は (鋼のオーステナイト結晶粒度と介在物) (I) であつたが、爾後の實驗の都合上改題する。

VI. 總括

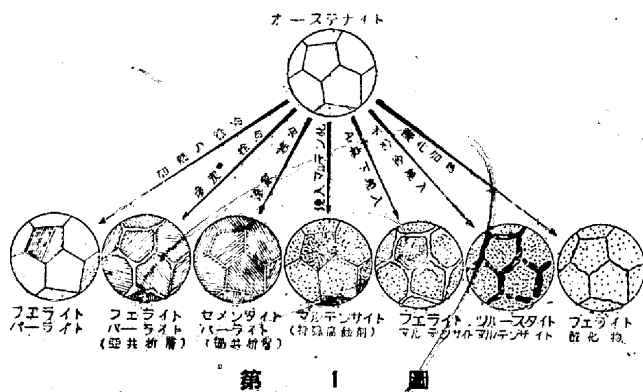
I. 研究の目的

鋼のオーステナイト結晶粒度の顯出法とか、或は粒度と他の諸性質との関係については、數多論議されて來た所であつて¹⁾、こゝではこれらを再検討するのが目的ではない。所が結晶粒度の支配因子に關しては、實驗が甚だ困難なる爲に、多數の議論が行はれては居るが、何れも薄弱なる實驗的根據に基く臆説の範圍を出でない様である。依つて著者はこれに關聯する實驗を出来るだけ遂行し、以て該問題の闡明に寄與せんが爲に本研究を行つたのである。

II. 研究の方法

(1) 粒度の顯出法

オーステナイト粒度の顯出法は、既に學振に於て決定された所である。参考の爲に掲げた第1圖は P. Bastien が



粒度顯出の原理を圖解したものであつて、著者は殆ど總ての場合學振に於て採用される滲炭法(925°×6h 滲炭、但し本研究に於ては 6~8h 滲炭した)によつた。唯特に滲炭出来ない場合のみ、焼入してマルテンサイトの結晶粒界を特殊腐蝕剤によつて見出すとか、或は自然通氣の爐中で加熱酸化させて粒度を確認する方法をも併用した。

(2) 研究試料

オーステナイト結晶粒の調整に關しては、脱酸剤に適量

¹⁾ 發表された論文の中、主なるものゝみにても 100 を遙に超える爲、これらを適當に纏めた文献を参考迄に挙げる。

Grain-Size Symposium, A. S. M., 1934.

E. Houdremont, H. Schrader: Stahl u. Eisen, 56 (1936), 1412.

前田六郎: 鐵と鋼, 第 25 年 (昭 14), 475.

N. F. Ward, J. E. Dorn: Metals and Alloys, 10 (1939), 74, 115, 212, 248 [譯: 金屬, 第 10 卷 (昭 15), 661, 756, 817, 867.]

P. Bastien, Revue de Métallurgie, Mémoires, 36 (939), 1, 53, 101, 194.

依國一: 鐵と鋼, 第 27 年 (昭 16), 146.

村上武次郎: 日本金屬學會誌, 第 6 卷 (昭 17) 講義, 75, 101.

のアルミニウムを使用すれば、粒が細くなるといふ周知の事實よりして、脱酸生成物たるアルミナは凝集力が小さいから微粒子となつて熔鋼中に分散し、これが結晶粒の核發生の根源となり、或は結晶粒間物質となつて粒成長を阻止するから、粒度を微細化せしめるといふ考が一般的である。所でオーステナイト結晶が、凝固により、或は變態により生成する機構を推定するに、粒度と非金属介在物の種類、量、特に存在状態との間には何が相關聯する所があるのではなからうかと考へられる。これを實驗的に探求する爲に本研究に於ては次の様な實驗を行つた。

(i) 主として低炭素鋼の製鋼作業の各過程より試料を採取して、オーステナイト粒度の變化を觀察した。蓋し製鋼作業就中熔解作業に於ては、介在物が著しい變化を辿つて行く事は勿論研究されて居る所であつて、オーステナイト粒度に關しても最後に製品になる迄に如何なる變化過程を辿るかを詳細に觀察することは、兩者を比較對照する上に於ても意義あることと思はれたからである。

(ii) 各種脱酸剤を適宜使用して試験熔解をなし、其の際の粒度を調べた。これは從來行はれて居た所であるが、著者は之を更に詳細に検討した。

(iii) オーステナイト結晶粒は熔鋼の凝固か、或は變態 (A_0 加熱に際しては A_3) によつて生成する。この中 A_0 變態は今ほ措くとして、從來論議されて來たオーステナイト結晶粒は、すべて試料を必ず 1 回は常温迄冷却し、更に之を再加熱し、 A_0 變態を起させたものについてのみであるが、凝固によつて生ずるオーステナイト結晶と加熱變態によつて生じたそれと比較對照する時は如何なる相違があるかを検討した。

以上の實驗的根據に基き、オーステナイトの粒度の支配因子に關する考察を試みたのである。但し今回は結晶粒の表面エネルギーの問題には觸れないでおく。

III. 製鋼作業の各過程より採取せる

試料のオーステナイト結晶粒度

(1) 熔解作業の各過程より採取せる試料について

鹽基性電氣爐操業の場合のみを述べる。第1表は極軟鋼熔解作業の各過程より採取した試料の分析値である。酸化期に於ては熔鋼が甚しく沸騰し、鑄型に鑄込む事が出来ない爲に、柄杓で汲み取つたまま柄杓の中で固めた。この様にして採取した試料の成分とその時の熔鋼の成分とは勿論相違するが、こゝでは熔解作業の進行に伴ふ熔鋼の成分

の變化を追究するのが目的ではなく、介在物等の相互に相違せる一連の試料を得て、以て其の粒度を観察することを目的としたのである。

寫眞* 第1は第1表に掲げた試料のオーステナイト結晶粒を示す、これによつて見ると酸化期に採取した試料に於ては、酸素含量高く炭素低く、異常性を示し、粒が比較的粗い、この様に異常性を示す試料の粒度を酸化法(925°×6h、加熱)によつて顯出した例を寫眞第2に示す、何れの方法によるも大體同一粒度を表はして居る。試料 01,02 の如き

* 以後寫眞は特に附記せざる限り滲炭後ピクリン酸アルコール溶液腐蝕、倍率 100

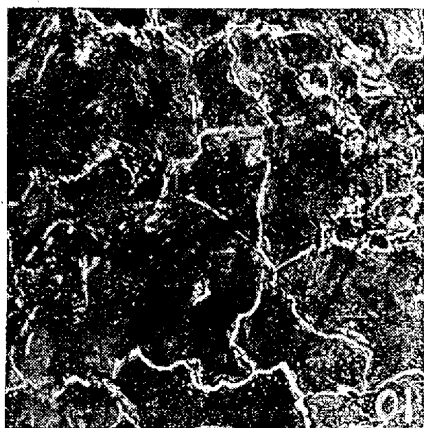
第 1 表

符 號	試料採取 時 期	化學成分 %					
		C	Si	Mn	P	S	Al
01	酸化期 { 熔落時 除滓前	0.01	0.02	0.12	0.009	0.105	nil
02		0.08	0.02	0.01	0.006	0.090	〃
R1	還元期 { 始 中 頃 終	0.08	0.14	0.27	0.012	0.080	〃
R2		0.11	0.13	0.30	0.011	0.080	〃
R3		0.13	0.16	0.70	0.015	0.057	0.02
4	取 鋼 { (註 1) (註 2)	0.11	0.17	0.51	0.017	0.057	nil
5		0.11	0.19	0.50	0.014	0.060	〃

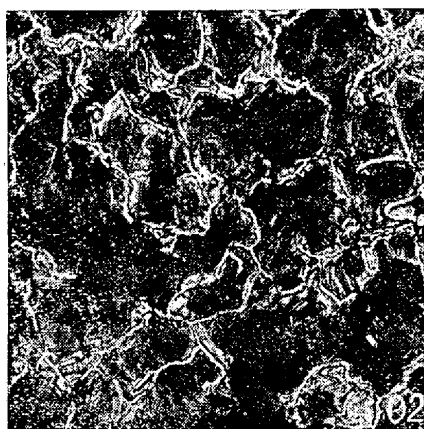
註 1. 500 kg 鋼塊 3 本鑄込んだ後採取した試料

註 2. 500 kg 鋼塊 13 本鑄込んだ後採取した試料

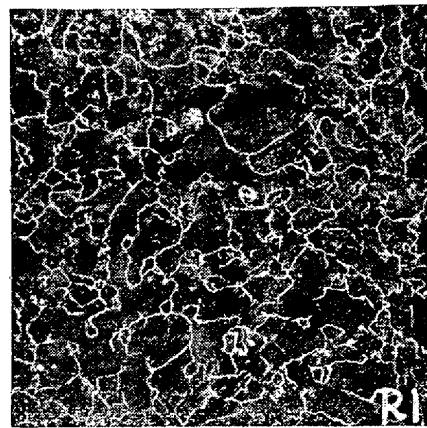
は異常性を示すとは云へ、尙滲炭法によつて粒度の顯出が出来る程度である。然るに寫眞第3に示す試料は、他の熔



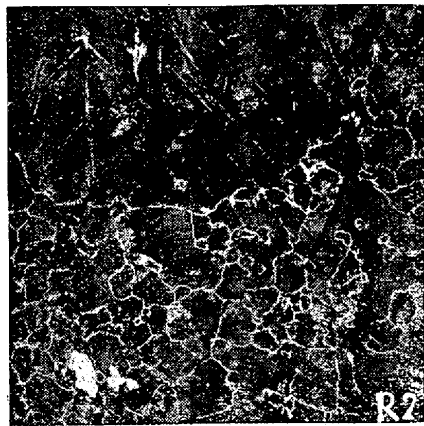
01



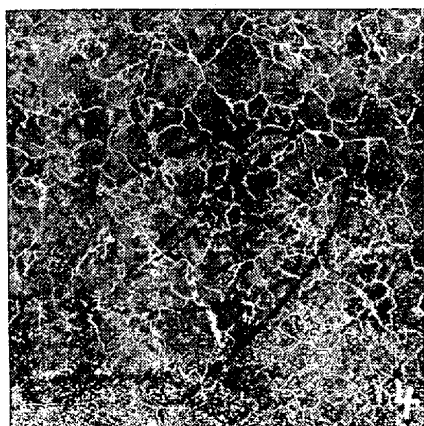
02



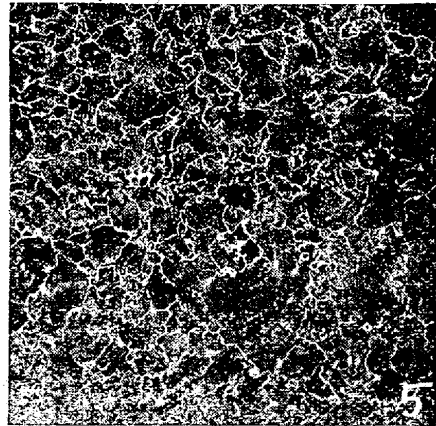
R1



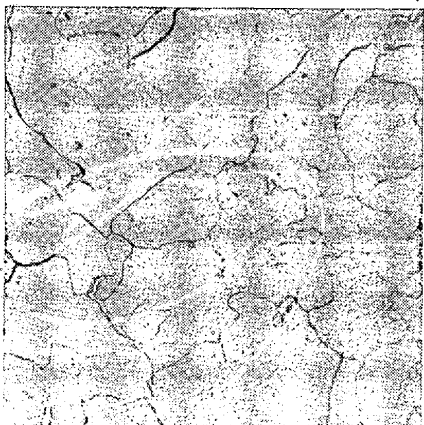
R2



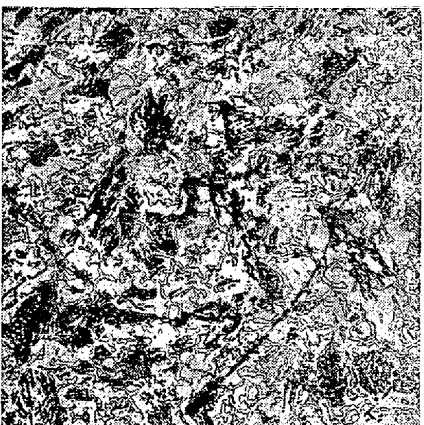
寫 眞 第 1 4



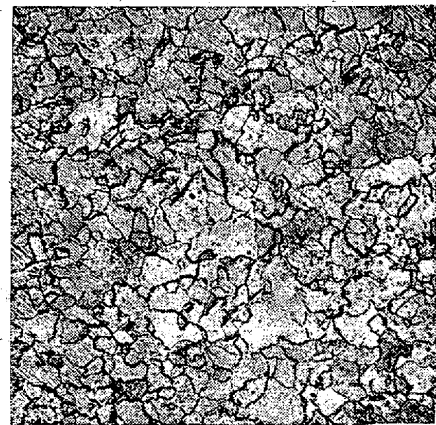
5



寫 眞 第 2



寫 眞 第 3



寫 眞 第 4

解に於ける熔落時に採取したもので、炭素量 0.08% である。全然粒度の顯出が出来ない位に甚しい異常性を示す。然しこれとても酸化法によつて粒度を顯出すれば寫眞第 4 の如く粒度番號 No. 6 位である。

鋼の異常性に関する研究²⁾によれば、異常性を示す傾向は勿論滲炭技術にもよるが、細粒程大で、又鐵が化學的純粹*に近い程、又酸素含量高い程、** 大であると。熔解作業の各過程により採取した試料のオーステナイト粒度を観察すると、鐵が化學的純粹に近い程、又酸素含量が多い程異常性を表はして居るが、然し相當粗い粒の鋼に於ても同様に異常性を示す例が多い。

除滓後の還元期の湯より採取した試料については、もはや異常性は認められないが、時に寫眞第 1 の R 2 の如き著しき混粒の見られることがある。次にアルミニウムで鎮靜して鑄造した後に於ては、この様に甚しい混粒の表はれることは先づない様である。この際次の如く鑄造條件の異なるものに就いて試験した。

(i) 試験用の金型に注いだ試料と砂型に注いだ試料(90 kg*鋼塊)。

(ii) 取鍋より鑄型に注ぐ際、500 kg 3 本注いだ後を取つた試料と 13 本注いだ後を取つた試料*(8 kg 試験用鋼塊)。

(iii) 試験用高周波誘導電氣爐によつて 3 kg を熔解し、

* この場合の化學的純度とは、岩瀬、本間兩氏³⁾の御研究により、鐵と固溶せる金屬元素の少きことを意味し、固溶せざる不純物の存在には無關係である。例へば酸化物の如きはそれが非金屬介在物として存在する限り、こゝに言ふ純度には無關係である。

** 酸素量多い程異常性の表はれ易いことも、要するに酸素は酸化物となり、鐵が局部的に化學的純粹に近い爲であると。

²⁾ 本間正雄(輯録): 日本金屬學會誌, 第 2 卷(昭 13), 650, 730, 816, 第 3 卷(昭 14), 27.

³⁾ 岩瀬, 本間: 日本金屬學會誌, 第 4 卷(昭 15), 351.

* Festchenko-Tchopiowski & Palmriseh が 40t 鹽基性平爐に於て 0.4% C 鋼造塊に際し、取鍋中に Al 450~300 g/t 投入後、最初に鑄込んだ鋼塊と最後に鑄込んだ鋼塊とでは時間的に 65 mn 経過して居たが、これら最初と最後の兩鋼塊のオーステナイト粒(滲炭法)を調べた所、最初の鋼塊は粒度 No. 7、最後の鋼塊は粒度 No. 7~6 であつた。

P. Bastien⁴⁾ は 65t 鹽基性平爐に於て 0.35% C 鋼造塊に際し、Al 0.04% 及び 0.125% 投入せし兩系統につき、取鍋より鑄型に注入を開始してより大體 10, 25, 45 mn 毎に 8 kg 鋼塊を作り、これより採取した試料を夫々 975°, 1025°, 1075°, 1125° に 8 h 滲炭して見た所、取鍋中に保持する時間による相違は殆ど認められなかつた。これによつて氏は次の様な結論を下して居る、即ち取鍋中に保持する時間が 45 mn 程度であり、且又取鍋中で何等反應を起さない様な通常の場合には、オーステナイト粒度は不變であつて、オーステナイト粒度に影響を及ぼす如きアルミナの微粒は甚だ微細なる爲に熔鋼中に於て凝集浮揚する如きことはないであらうと。

鑄造温度を 1530, 1600, 1700° (何れも學振の方法によつて輻射率の補正をしたもの) にした時の試料。

以上の試料に就てオーステナイト粒度を測定したが殆ど相違がなかつた。

次に第 1 表に示せる試料を採取した時と同時に、更に他の 2 個の柄杓に熔鋼を汲み取り、その 1 つにはアルミニウムを 0.03%, 残りの 1 つにはシリコマンガ(Si 18.90%,

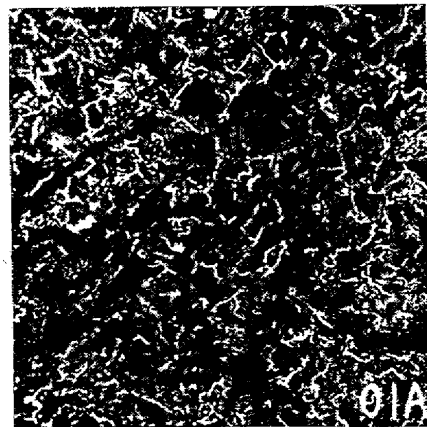
第 2 表

符號	試料採取時期	Al 0.03%投入	化學成分%					
			C	Si	Mn	P	S	Al
01A	酸化期	熔落時	0.12	0.02	0.15	0.022	0.035	0.01
02A	酸化期	除滓前	0.11	0.04	0.11	0.010	0.038	0.01
R1A	還元期	始	0.11	0.15	0.27	0.014	0.026	0.01
R2A	還元期	中頃	0.10	0.13	0.30	0.015	0.064	0.01
R3A	還元期	終	0.12	0.16	0.66	0.017	0.057	0.02

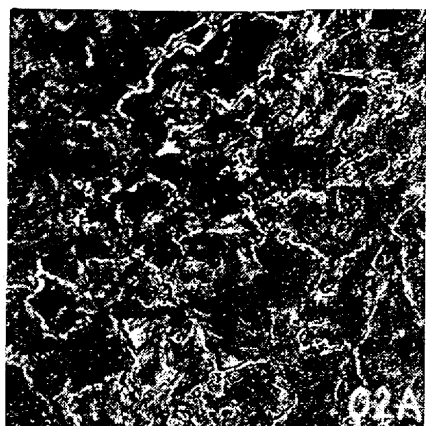
第 3 表

符號	試料採取時期	シリコマンガ 0.03%投入	化學成分%					
			C	Si	Mn	P	S	Al
01S	酸化期	熔落時	0.11	0.02	0.12	0.010	0.069	0.01
02S	酸化期	除滓前	0.10	0.02	0.12	0.010	0.082	0.01
R1S	還元期	始	0.10	0.17	0.29	0.014	0.084	0.01
R2S	還元期	中頃	0.13	0.14	0.29	0.016	0.067	0.01
R3S	還元期	終	0.14	0.16	0.65	0.017	0.054	0.01

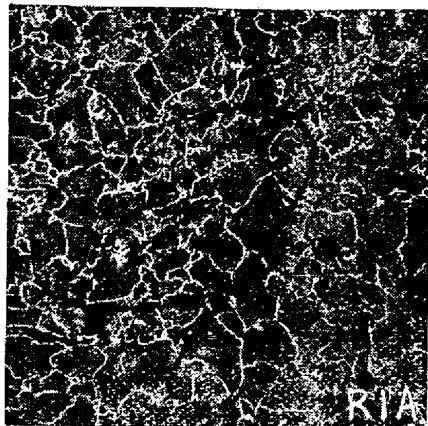
Mn 60.08%) 0.03% 投入した後柄杓の中で凝固せしめた試料の化學分析を第 2, 3 表、にこれらの試料のオーステナイト粒を寫眞第 5, 6 に示す。酸化期の熔鋼に Al 0.03% 投入して凝固せしめた試料 01A, 02A に於ては異常性のまゝで粒が細かくなつて居り、01A は特にその點が甚しい、同じく酸化期の熔鋼にシリコマンガを 0.03% 投入した試料 01S, 02S に於ても矢張り異常性で、粒の大きさは何も投入しない場合と、Al 0.03% 投入した場合との中間程度である; 然るに還元期の熔鋼に對するアルミニウム及びシリコ・マンガの影響は、酸化期のそれに比較して殆ど認められず、甚しい混粒も依然として表はれる事がある。然しアルミニウムとか、シリコマンガを



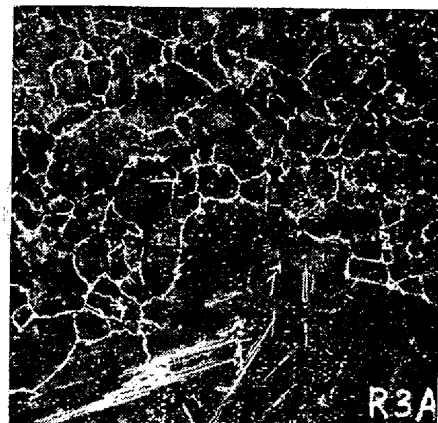
寫眞第 5 01A



02A

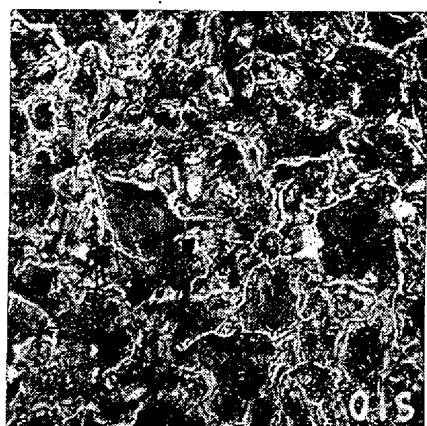


R1A

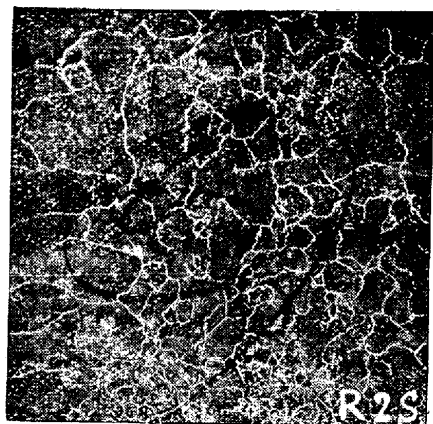


A3R

寫眞 第 5



01S

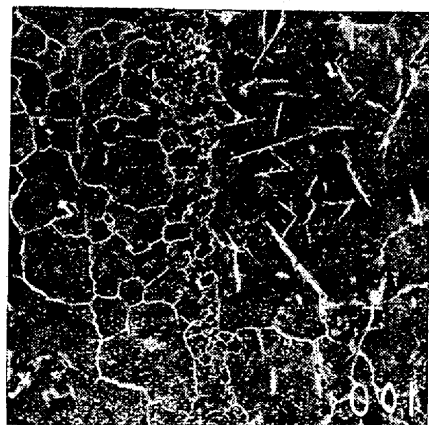


R2S

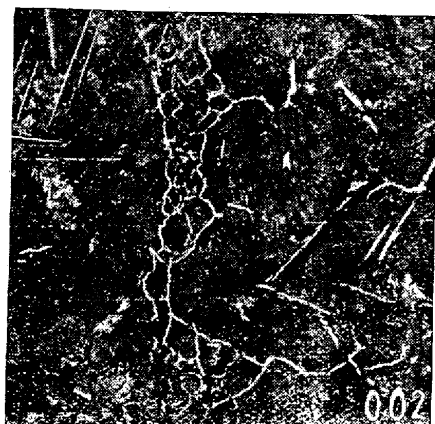


R3S

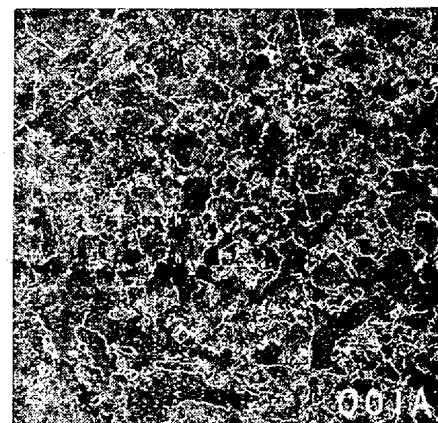
寫眞 第 6



001

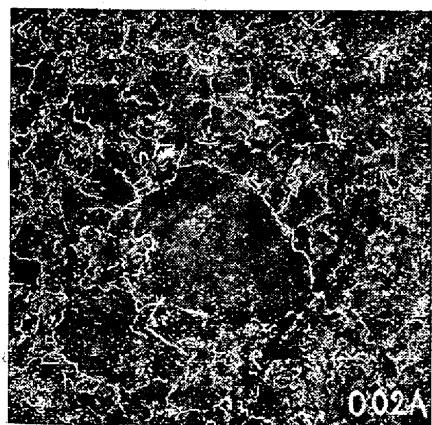


002



001A

寫眞 第 7



002A

投入した場合、或は熔鋼中に合金元素が多い場合には、この様な混粒の表はれることは比較的少い様である。

以上は熔落時の炭素量が低い試料

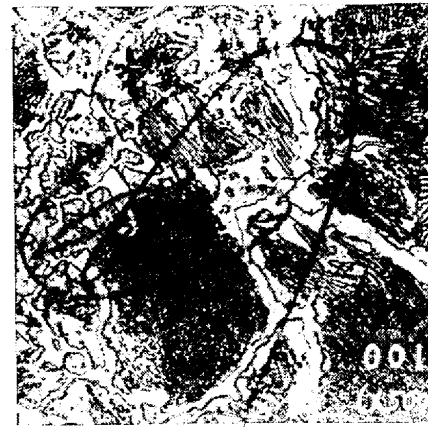
であつたが、次に熔落時の炭素量高く、鑛石の投入による熔鋼の沸騰を十分行つて脱炭量を大ならしめた場合につき

第 4 表

符號	試料採取時期	化學成分						
		C	Si	Mn	P	S	Al	
001	熔落時	0.40	0.03	0.30	0.062	0.055	0.01	
002	除滓前	0.13	0.02	0.20	0.015	0.036	0.01	
001A	熔落時	Al 0.03 % 投入	0.45	0.03	0.33	0.065	0.069	0.07
002A	除滓前		0.18	0.05	0.21	0.029	0.052	0.01
001 S	熔落時	シリコ マンガン	0.44	0.07	0.35	0.065	0.063	0.03
002 S	除滓前	0.03% 投入	0.21	0.04	0.20	0.028	0.051	0.01

觀察した1例を述べる、蓋し脱炭狀況と製品のオーステナイト粒度との間には關係がある如く言ふ人があるからである。* 第4表は試料の採取時期及び化學成分を、寫眞第7はそれらのオーステナイト粒度を示す。試料 001 S, 002 S の寫眞は 0001 A と殆ど同じである爲に掲げない。これによ

つて見ると試料 001, 002 は甚だしい混粒を示すが、前の例と異つて一見 正常鋼の様であるがこれを 500 倍に見れば 矢張り 異常鋼である (寫眞第 8)。又アルミニウム及びシリコマンガンを何れも 0.03% 投入した場合には、兩方の場合共に粒が微細化(何も投入しない混晶の場合の細粒と同程度)し、混粒は表れることは表れるが、粒の大小の



寫眞第 8 001×500

差が一層少なくなつて居り、500 倍にすれば、異常性が認められる。これらの試料の鹽素法による非全屬介在物の分析値の 1 例を挙げれば次のやうである。

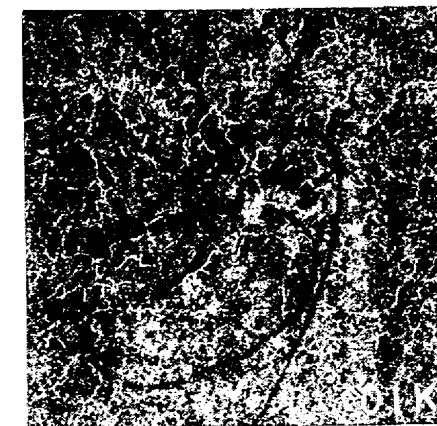
符號	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO
001	0.0018	0.0063	0	0.0028
002	0.0007	0.0027	0	0.0007

かゝる分析値によつては、粒度の變化特に局部的な甚だしい混粒に對する説明が、未だ得られない故に、今回は他の試料に就いては非金屬介在物の分析を行はなかつた。

次に裝入原料の半分がクロム-アルミニウム鋼で、従つて熔落の際の熔鋼に既に特殊元素が含有されて居る場合の 1 例を挙げる。第 5 表は試料の採取時期及び試料の炭素、クロ

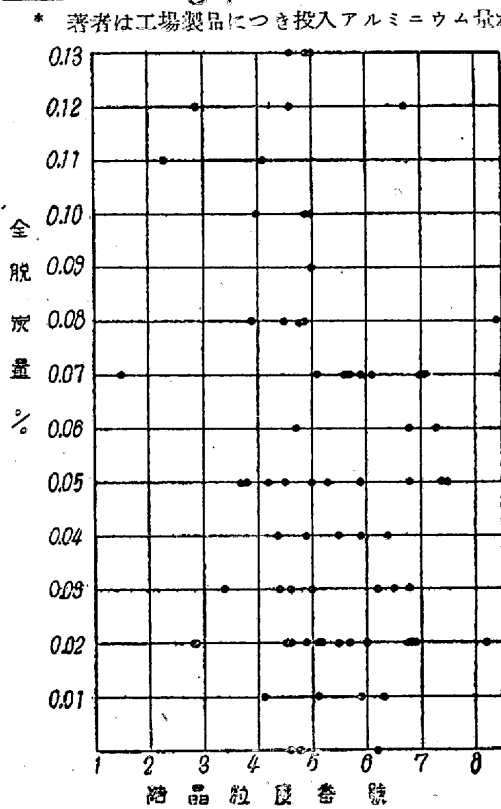
第 5 表					
符號	試料採取時期	C	Cr	Mo	Al
01K	酸化期, 熔落時	0.37	0.55		
02K	酸化期, 除滓前	0.24	0.50		
R2K	還元期, 差物前	0.24	0.49		
R4K	製品	0.47	1.67	0.44	1.12

ム含量を、寫眞第 9 はこれらの試料のオーステナイト粒度を示す。これによれば、酸化期に於て採取した試料のオース



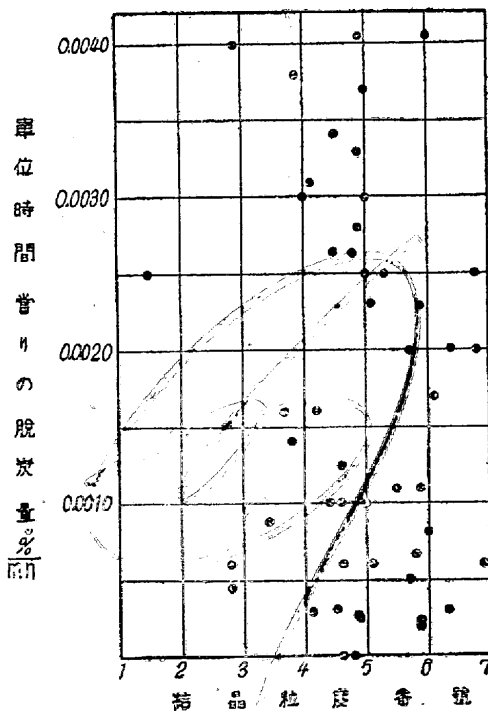
寫眞第 9 01K

テナイト粒度は、今迄に掲げたものに比して小さい(裝入原料中にアルミニウムが含まれるが、これは酸化期の沸騰によつて殆ど全部除去される)。500 倍では異常組織)又還



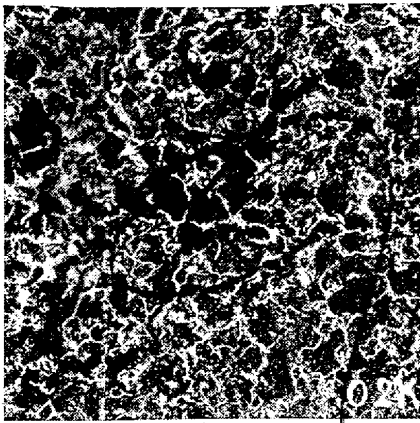
附圖第 1

所の熔解を選び、酸化期に於ける全脱炭量及び單位時間當りの脱炭量の關係を統計的に調査して見た。その中ニッケルクロム鋼についての一部を附圖第 1, 第 2 に示す。製品のオーステナイト粒度にはこれ以外の各種の因子が影響を及ぼす故、この様な粗雑な統計からは一元的な結論を導き出すことは出来ないが、唯單に工場製品の全脱炭量及び單位時間當りの脱炭量といふ因子のみに關しては、オーステナイト粒度に殆ど影響がない様に見える。然しこの點に關しては更に精密なる研究室的實驗を要することは勿論である。

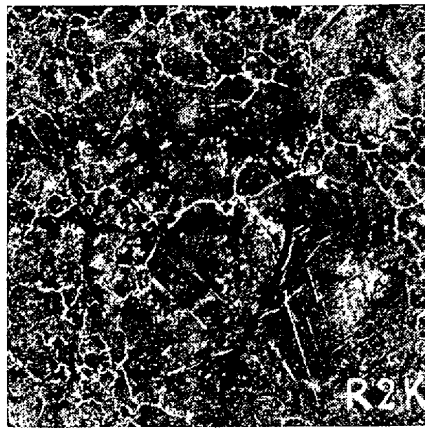


附圖第 2

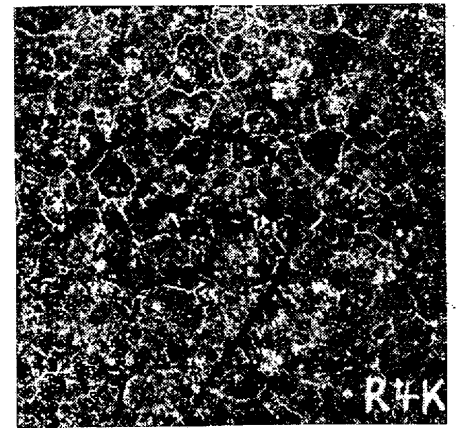
10



第 9 の 2 02 K



R 2 K



R 4 K

元期に於ても矢張り著しい混粒を示す場合もあるが、概して粒度の變化の少い方である。R4K のアルミニウムは取鍋中に於て添加したものである。

(2) 鋼塊の各部分より採取せる試料

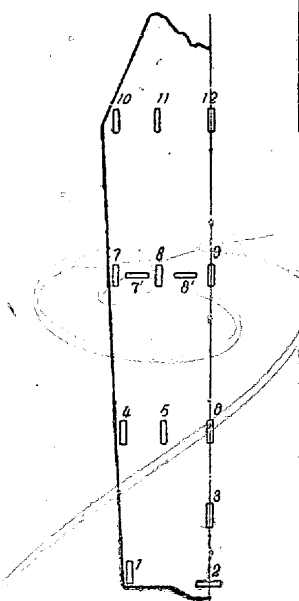
鋼塊の各部分より採取せる試料鋼塊の各部分のオーステナイト粒度に差異のないことに関しては、極く簡單なる報告¹⁾があるが、熔鋼の時は均一であつても、凝固條件が同一鋼塊の各部分によつて相當異り、従つて各種成分、非金屬介在物の分布量も異なる點より考へ、又粗大樹狀晶のオーステナイト粒に及ぼす影響が問題になつたことがある爲に、著者は今回特に綿密にこの問題を検討した。C 0.15% 丸型 500 kg 鋼塊 (鑄造のまゝ) の中心線を含む断面の各部分より試料を採取して、オーステナイト粒を顯出すると同時に SiO₂, Al₂O₃ の分析並びにシャルピー衝撃値、硬度を測定した結果を第 6 表に示す。第 2 圖は試料の採取位置を示し、衝撃試験片は圖の様な方向に於て切り出したので

つても、餘り影響されず、又 Al₂O₃, SiO₂ の分析値の相違程の著しい相違は示して居ない。然し試料を検鏡する場合、試料の場所によつて可成りの混粒を示す事がある爲に、試料採取位置によつて、粒度番號 2 位の相違を示す場合がある。唯その位置が何れの鋼塊に於ても大體一定して居るとは限らず、偶然的にさうなつた

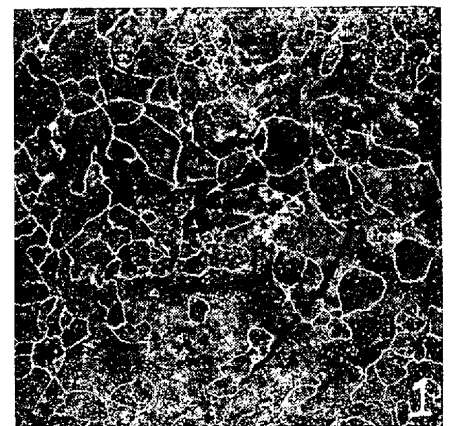
第 6 表

符號	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	シャルピー衝撃値 mkg/cm ²	ブリネル硬度
1	0.0020	0.0075	2.5	103
2	0.0020	0.0075	1.3	107
3	0.0003	0.0297	1.6	107
4	—	—	5.9	107
5	—	—	3.9	105
6	—	—	3.2	103
7	0.0008	0.0081	3.3 (符號 7; 2.5)	111 (符號 7; 107)
8	0.0010	0.0084	3.3 (符號 8; 2.8)	107 (符號 8; 109)
9	0.0019	0.0136	2.8	103
10	0.0008	0.0183	2.3	107
11	0.0008	0.0084	7.3	107
12	0.0018	0.0118	1.8	111

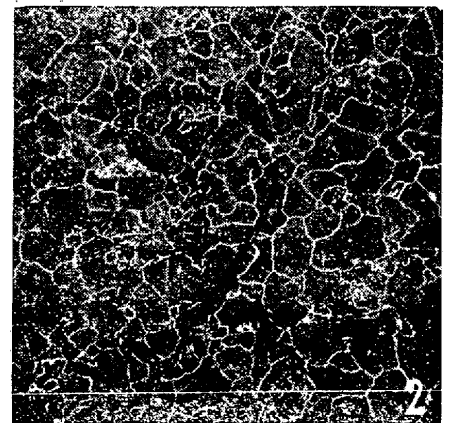
ある。主なる試料のオーステナイト結晶粒度を寫眞第 10 に示す、これによつて見ると、試料採取位置によつて、オーステナイト粒度に幾分の相違はあるが、925°×6h 滲炭して見たオーステナイト粒度は、鋼塊周縁の粗大樹狀晶によ



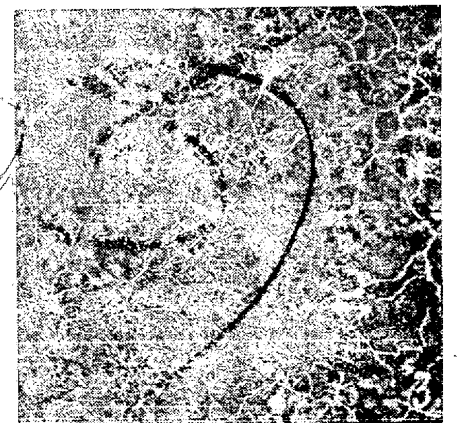
第 2 圖



1

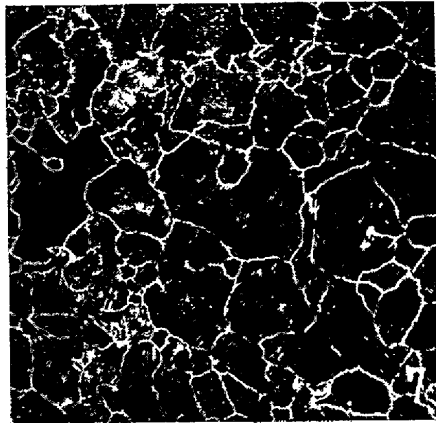


2

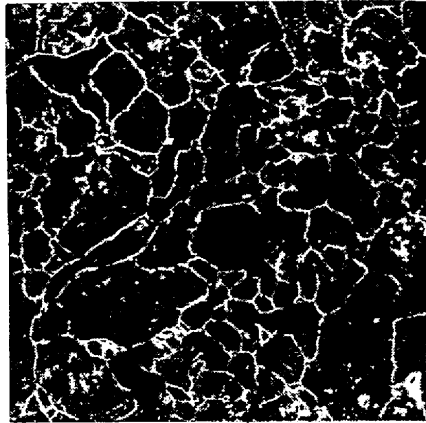


寫眞第 10 の 1 3

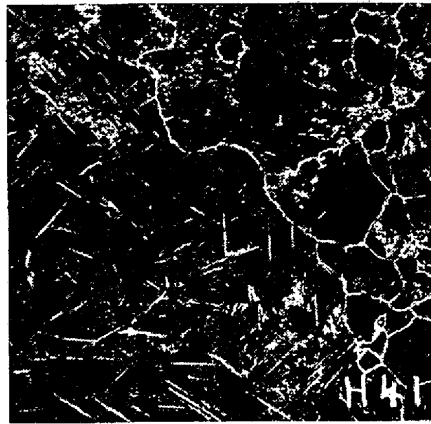
¹⁾ 柳澤, 山下: 鐵と鋼, 第 25 年(昭 14), 1027.



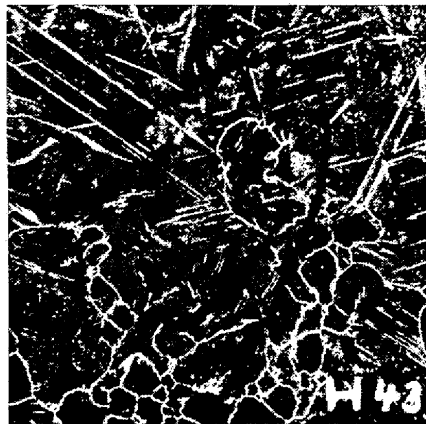
10 の 2 7



9

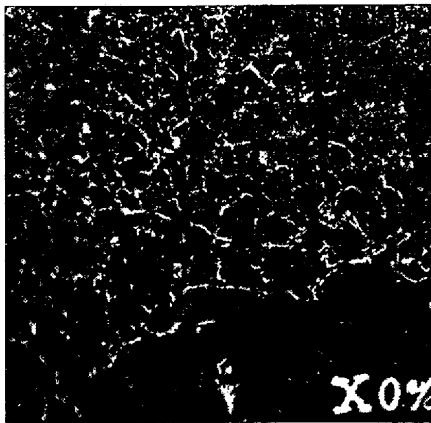


H 41

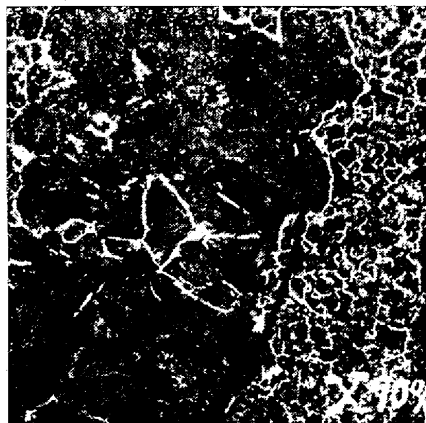


H 43

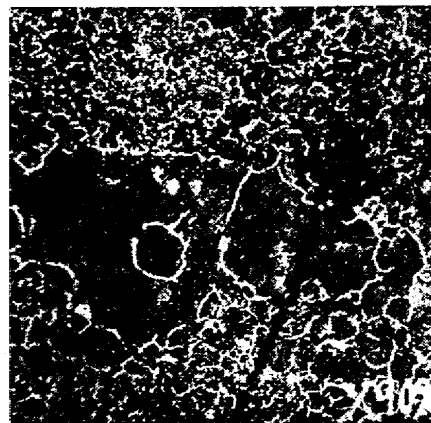
寫眞 第 11



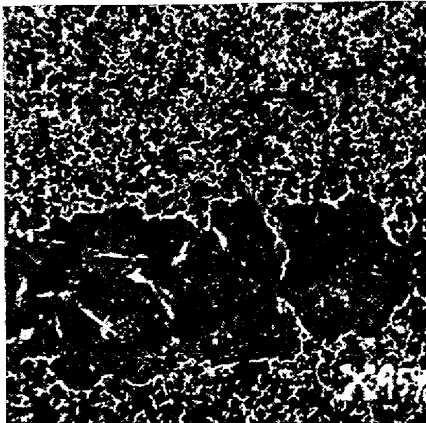
X (断面減少率 0%)



X (断面減少率 70%)



X (断面減少率 80%)



X (断面減少率 95%)

寫眞 第 12 の 1

としか考へられない場合が多い。従つて一般に 500 kg 程度迄の鋼塊に於ては、各部分でオーステナイト粒度に大差がないと云はなければならない。

凝固速度の影響を更に判然たらしめる爲に、試験用高周波誘導爐によつて 0.3% C 鋼を 3 kg 溶解し、0.03% Al で脱酸した後、

(i) 普通に鑄造した所の凝固時間約 10s の試料。

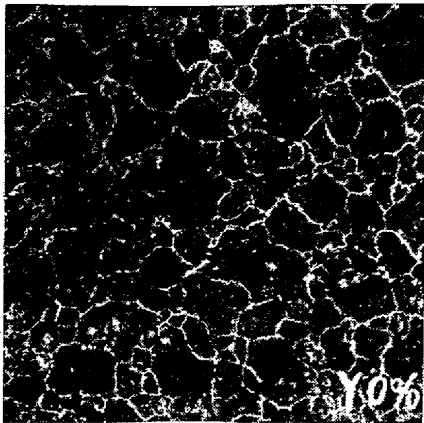
(ii) 電流を段々弱めて行き、脱酸後凝固し終る迄に約 20 mn を費して爐中に於て凝固せしめた試料。

この兩者を比較して見ると、凝固時間がこれ位相違すれば後者の方が幾分粒が粗く且混粒が出易い様である。

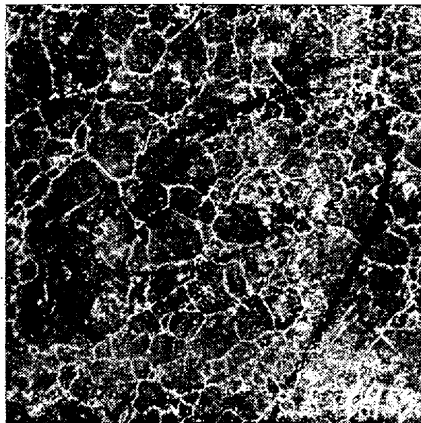
(3) 加工の各過程より採取せる試料

加熱温度及時間が同一ならば、オーステナイト結晶粒度は一般に加工によつて影響されないと云はれて來たが、特に混粒、或は異常組織を示す試料については如何を試験した。寫眞第 11 の H 41 の様に甚だしい混粒を示す試料(C 0.3%, 100 mm 角)を鍛造比 7 に迄鍛造した (H 43) が依然として混粒である。

次に常温拉伸の場合であるが、試料は寫眞第 7 に示した 001 と殆ど同時期に、酸化期より採取した所の甚しい混粒を示す異常鋼 X と、普通の C 0.35% の正常鋼 Y とである。この兩試料を徑 10 mm に高温鍛伸し、十分焼鈍して後、途中 1 回も焼鈍することなく断面減少率 95% になる迄常温線引して行つた試料のオーステナイト粒度の變化を觀察した。その結果は寫眞第 12 に示す通りである。即ち X の異常性は最後迄變らず、又混粒も依然としてそのままであるが、唯断面減少率が 90% になる迄も常温拉伸を施すと、大きな粒は大きい面積のままで引き延される方向に細長くなり、微細粒は微細粒のままで、その集つて居る範圍が細長くなつて居る、勿論普通程度 of 混粒に於てはこの様な事はないので



Y (断面減少率 0%)



第 12 の 2 Y (断面減少率 0%)

ある。一方粒の比較的揃つて居る Y に於ては 95% 迄常温拉伸しても、オーステナイト粒度に大差はない。高温加工は常温加工の様に断面減少率の大なる迄加工出来なかつた。要するに鑄造後の熱処理、加工によつて、オーステナイト結晶粒の成長開始温度は低下する様ではあるが、925°×6h 滲炭して顯出するオーステナイト粒度は一般の場合には餘り

影響がない。

IV. 各種脱酸剤を使用して試験 熔解せる試料

オーステナイト結晶粒度に及ぼす脱酸剤の影響を試験した報告⁵⁾は多くあるので、今更これを繰返す必要もない様であるが、従來の研究は脱酸剤の種類については比較的斷片的である故に、著者が今迄に實驗した結果を参考迄に掲げる使用した脱酸剤の種類は次の様である。

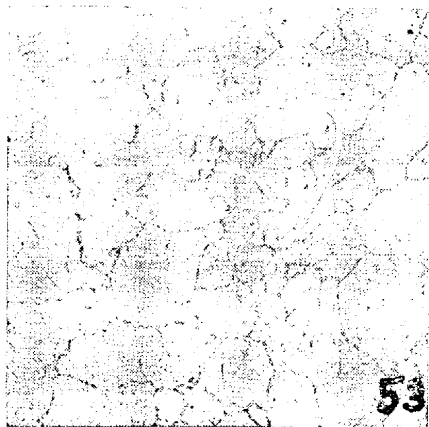
- (1) アルミニウム
- (2) シリコマンガ
- (3) カルシウムシリサイド
- (4) フェロチタン
- (5) フェロヴァナヂウム
- (6) フェロモリブデン

(1) アルミニウム: アルミニウムのオーステナイト結晶粒度に及ぼす影響をば、試験用高周波誘導爐によつて 3kg 鋼塊を造り、試験した結果を第 7 表に示す。尙参考の爲に温硝酸法による非金属介在物の分析値をも掲げる、寫真第

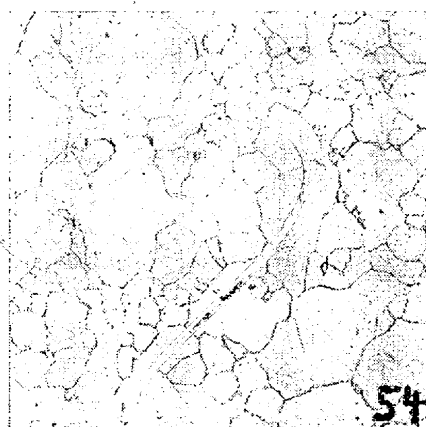
⁵⁾ C. H. Hertly, D. L. McBride, S. O. Hough: Mining and Metallurgical Investigation, Cooperative Bulletin 65

第 7 表

符 號	化 學 成 分 %									投 入 Al 量 %	非 金 屬 介 在 物 %				粒 度 番 號
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al		SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	
53	0.30	0.27	0.55	0.018	0.017	0.82	2.91	0.33	—	—	0.0069	0.0004	0.0101	なし	5.6
54	0.34	0.23	0.47	0.018	0.013	0.81	2.90	0.34	nil	0.01	0.0042	0.0005	0.0169	"	5.9
55	0.33	0.27	0.53	0.017	0.012	0.81	2.88	0.37	"	0.03	0.0089	0.0006	0.0240	"	8.3
56	0.33	0.32	0.53	0.014	0.012	0.81	2.77	0.36	0.05	0.07	0.0015	0.0003	0.0220	"	8.3
57	0.32	0.28	0.58	0.017	0.016	0.86	2.85	0.32	0.07	0.1	0.0016	0.0017	0.0153	"	8.3
58	0.32	0.32	0.61	0.017	0.016	0.66	2.88	0.34	0.24	0.3	0.001	0.0007	0.0163	"	8.0
59	0.30	0.35	0.53	0.020	0.012	0.82	2.85	0.34	0.65	0.7	0.0037	0.0003	0.0120	"	7.2
60	0.34	0.34	0.56	0.017	0.016	0.79	2.85	0.36	0.87	1.0	0.0022	0.0001	0.0144	"	4.5



53 (投入 Al 0%)

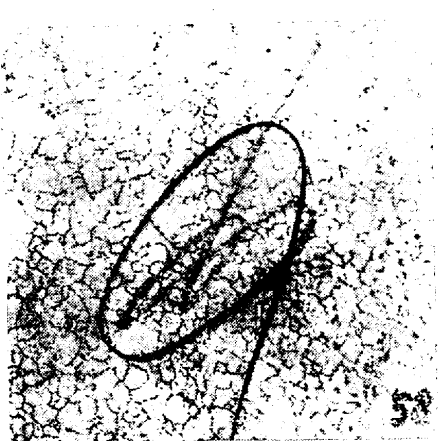


54 (投入 Al 0.01%)

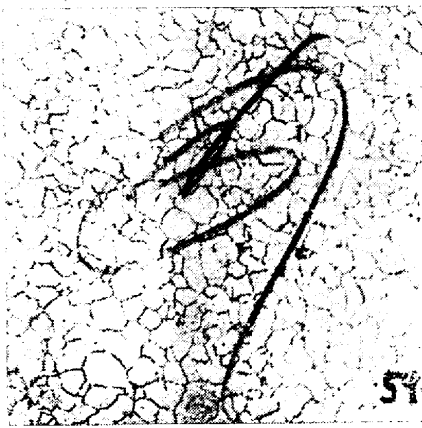


55 投入 Al (0.03%)

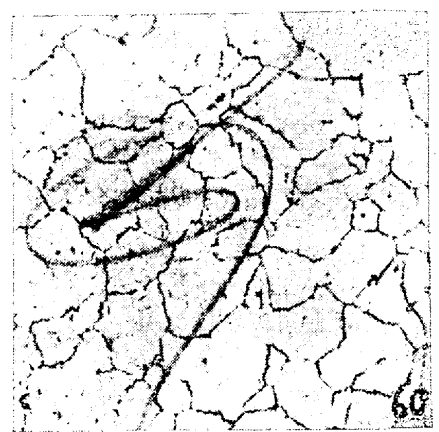
寫真第 13 の 1 (ピクリン酸ソーダ煮沸)



第 13 の 2 58 (投入 Al 0.3%)



59 (投入 Al 0.7%)



60 (投入 Al 1%)

13は主なる試料のオーステナイト粒度である。これによつて見ると、脱酸剤として投入するアルミニウムの量が、約 0.03~0.1% 迄は結晶粒が微細化するが、こゝを限界として、更にそれ以上アルミニウムを増すと、却つて粒が大きくなる。大體この限界値迄は、脱酸生成物たるアルミナが増し、鋼中の金属アルミニウムは痕跡程度、或は極微量であるがこの限界値以上になると、アルミナは殆ど變らずして、鋼中の金属アルミニウムが増す、故にこの實驗によれば、熔鋼の状況が同一ならば（従つて微細アルミナの存在状態も同一）、アルミナの分析値の増す程オーステナイト結晶粒は微細となる事を知る。

- (2) シリコマンガ
- (3) カルシウムシリサイド

この兩者は、オーステナイト粒度に對し餘り影響がない、蓋しこれらの脱酸生成物は、凝集浮揚してしまふ爲と考へられて居る。アルミニウムと對照しつゝ、各1種のみを第8表に掲げる、寫眞第 14 これらの試料のオーステナイト結晶粒度を示す。Al 0.03% 投入によつて粒が相當微細化するが、カルシウムシリサイドやシリコマンガによつては、少し微細化する様に思はれるものゝ試料全體を通じて著しくはない。

- (4) フェロチタン
- (5) フェロヴァナヂウム
- (6) フェロモリブデン

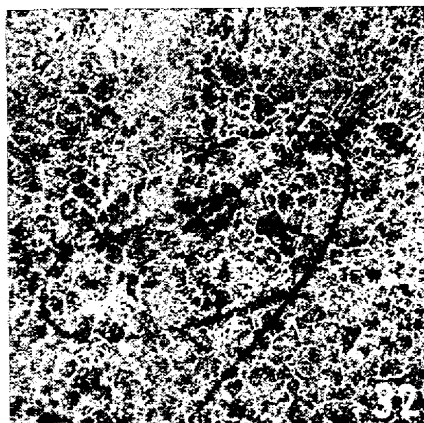
チタン、ヴァナヂウム、モリブデン等は粒度を微細化せしめる。而して投入量と微細化程度とは、勿論これらの種

第 8 表

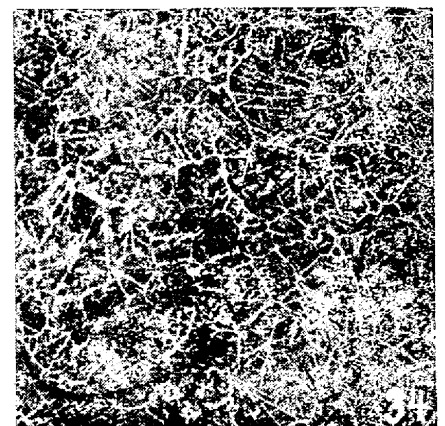
符號	化學成分 %						脱 酸 劑	ガス分析%			粒度 番號
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Al		O ₂	H ₂	N ₂	
29	0.31	0.55	0.45	0.80	3.43	0.01	なし	0.00800	0.000017	0.0064	4.2
32	0.30	0.22	0.38	0.75	3.43	0.02	Al 0.03%	0.00366	—	0.00112	6.8
34	0.30	0.26	0.43	0.81	3.37		CaSi ₂ 0.02%	0.00749	0.00003	0.00697	5.0
35	0.30	0.26	0.45	0.79	3.38		シリコマンガ 0.03%	0.00578	—	0.00770	5.2



29 (脱酸劑なし)

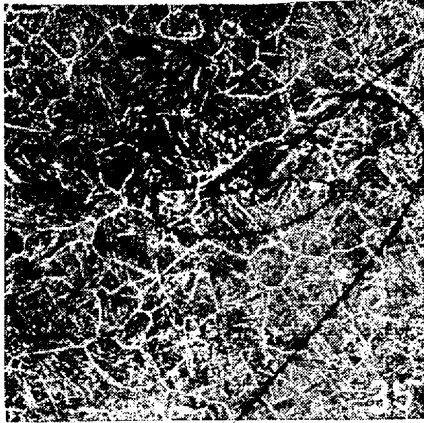


32 (Al 0.03%)



34 (CaSi₂ 0.02%)

寫 眞 第 14 の 1

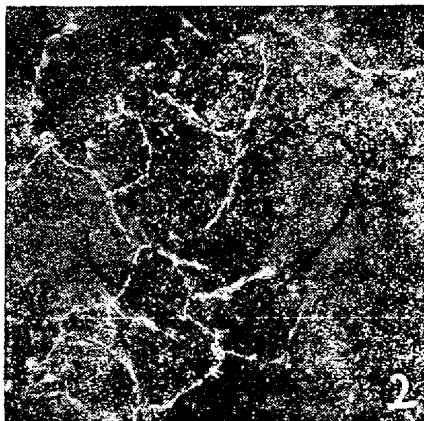


類によつて異なる。第9表にその結果を掲げ、写真第15は主なる試料のオーステナイト粒度を示す。これによつて見ると粒度微細化能力はチタン、ヴァナヂウム、モリブデンの順序である。即ちチタンは0.02%投入(Ti 0.02%に相当すべき量のフェロチタンを投入したが熔製試料の分析値はTi 0.01%)に於て既に一定の細粒になつてしまふが、ヴァナヂウムは0.2%投入(分析値 V 0.25%)して始めて一定の細粒となり、モリブデンは0.6%投入(分析値 Mo 0.67%)しなければ一定の細粒とはならない。

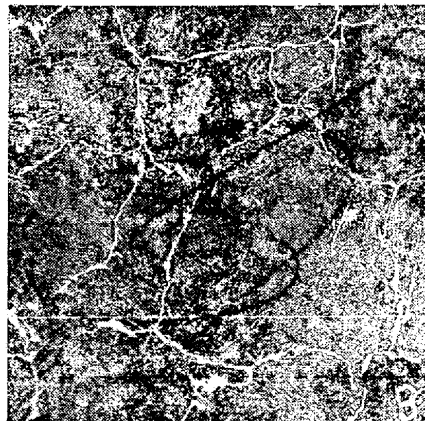
第3圖はこれら脱酸剤の投入量とオーステナイト結晶の微細化程度との関係を表はす。それぞれの場合の試料が同一鋼種ではない爲に、全部の脱酸剤につきオーステナイト粒度微細化能力の大小の比較は厳密には出来ない。然し各種脱酸剤の或る一定量(何れの場合も甚だ少量である)迄は、投入量の増加と共にオーステナイト粒が微細化することよりして、脱酸剤を投入した爲に生成した脱酸生成物結晶粒を微細化せしめるのであつて、一部に唱へられた様にこれらが合金元素として固溶する爲ではない。この際かかる微粒子が結晶粒を微細化せしめるのは、結晶粒の核として作用する爲か、或は結晶粒間物質として粒の成長を阻害する爲かについては、これだけでは判定出来ない。然し何れにしても、この様に粒度の微細化する程度によつて、脱酸生成物分散程度を推定出来る様に思はれる。

第 9 表

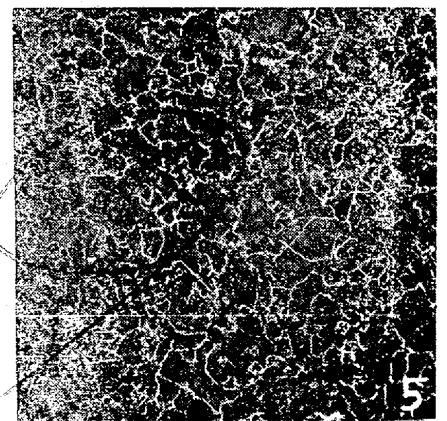
符 號	化學成分 %							投入量 %			粒度番號	
	C	Si	Mn	P	S	Mo	Ti	V	Mo (Ferro-Mo にて)	Ti (Ferro-Ti にて)		V (Ferro-V にて)
1	0.32	0.35	0.24	0.015	0.010							1.5
2	0.39	0.33	0.26	0.019	0.025		nil			0.01		2.1
3	0.38	0.35	0.31	0.016	0.021		0.01			0.02		6.4
5	0.42	0.36	0.31	0.017	0.019		0.04			0.06		6.5
6	0.40	0.44	0.29	0.014	0.019		0.08			0.1		6.6
7	0.39	0.54	0.30	0.015	0.015		0.27			0.3		6.6
8	0.38	0.21	0.26	0.015	0.020			nil			0.01	2.4
11	0.33	0.30	0.26	0.016	0.020			0.13			0.1	4.0
12	0.35	0.35	0.26	0.005	0.019			0.25			0.2	6.9
13	0.39	0.30	0.30	0.017	0.023			0.33			0.3	7.0
15	0.40	0.37	0.30	0.015	0.020	0.05			0.03			1.7
17	0.39	0.37	0.26	0.015	0.017	0.37			0.3			3.6
18	0.39	0.36	0.28	0.016	0.024	0.67			0.6			6.2
19	0.38	0.36	0.31	0.013	0.016	1.00			1.0			6.3



2 (Ti 0.01%)

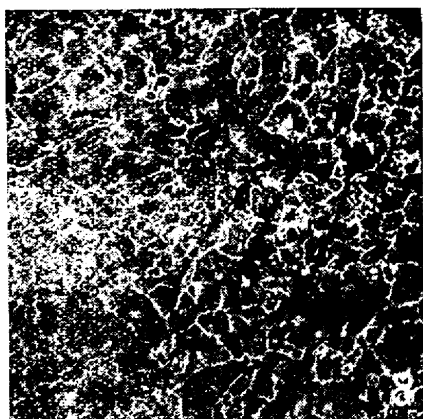


3 (Ti 0.02%)

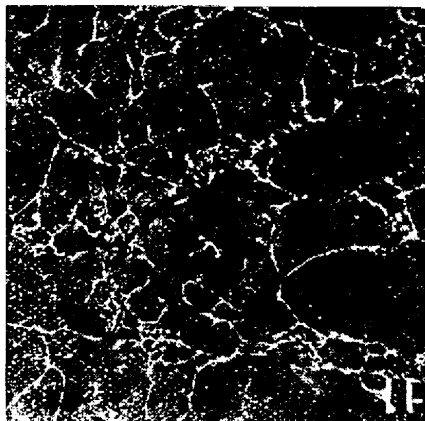


5 (Ti 0.06%)

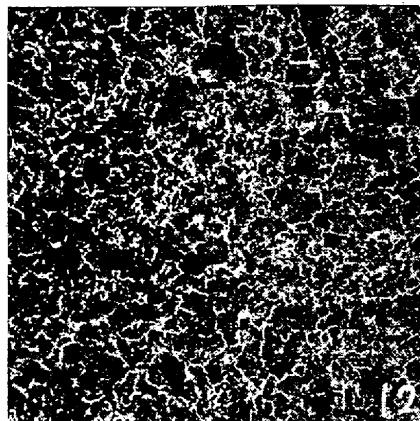
寫 眞 第 15 の 1



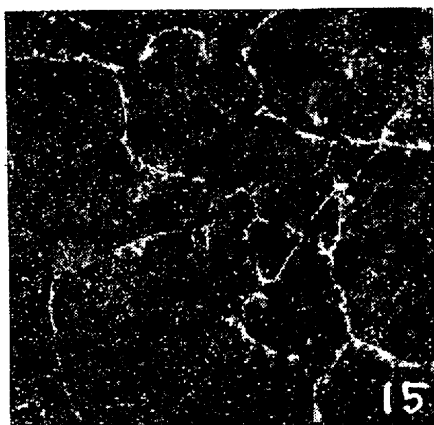
8 (V 0.01%)



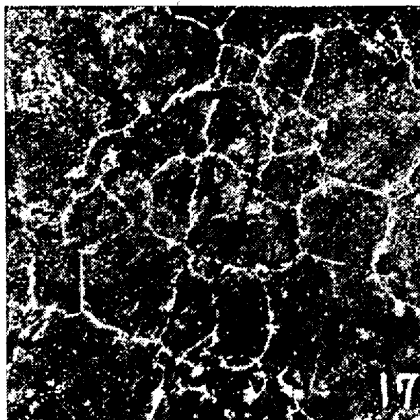
11 (V 0.1%)



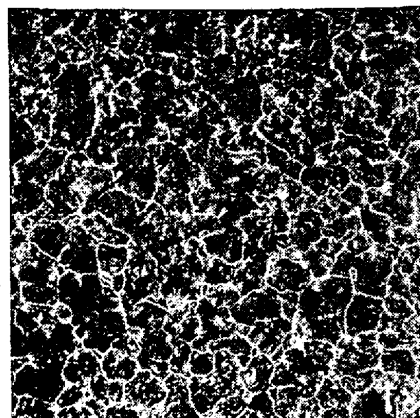
12 (V 0.2%)



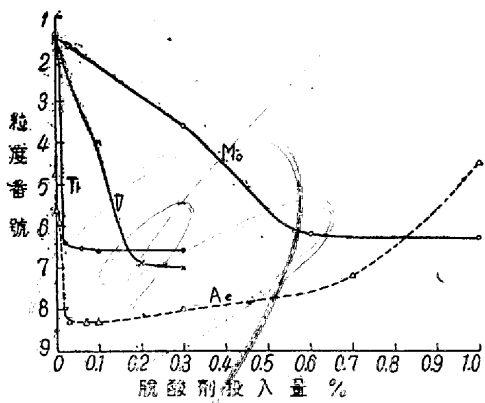
第 15 の 2 15 (Mo 0.03%)



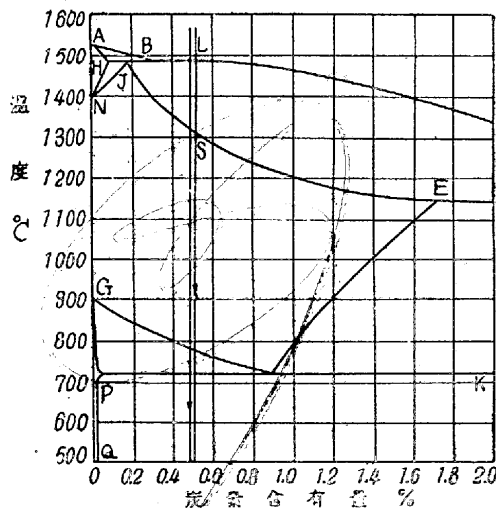
17 (Mo 0.3%)



18 (Mo 0.6%)



第 3 圖



第 4 圖

V. 凝固によつて生ずるオーステナイト結晶粒と變態によつて生ずるそれとの比較

1. オーステナイト結晶生成機構に對する簡単な推論

オーステナイト結晶が生成する機構に對する簡單なる推論を試みる。先づ簡單の爲に第 4 圖に示す様な鐵-炭素系平衡狀態圖をとり、然も炭素量約 0.30% 以上で A₁ 變態にかゝらぬ場合を考へると、熔鋼が冷却に際し液相線 L の所で凝固し始めるのであるが、G. Tammann⁶⁾ に從へば、それ

には先づ融態中に結晶の核が出来る、この核には微細なる不純物等なるのである。扱てかかる核を中心として結晶が成長し始めるのであるから、液相線と固相線との間、即ち LS 間に於ては、母液中に既に析出して居る微細介在物が多い程結晶の核も多く、従つて冷却條件同一ならばオーステナイト結晶粒は小さい筈である。かくして生成したオーステナイト結晶粒は、溫度が降下しても A₁ 變態を越えない限り、即ちオーステナイト領域内に於ては、結晶粒の

⁶⁾ G. Tammann: Kristallisieren und Schmelzen, Leipzig, 1903.

不可逆性⁷⁾によつて、凝固の時のまゝのオーステナイト粒を保持して来る筈である。よつて凝固後、變態温度以下に降下させる事なく、滲炭の場合と比較する爲に 925° に 6h 保持するものとする。次にこれと同一熔鋼をとり、LS 間で凝固後常温迄冷却させてから、更にこれを再加熱して 925°×6h 滲炭する場合を考へる。今日迄研究されたるオーステナイト結晶粒(オーステナイト系の鋼のそれは別として*)は、鑄造後必ず一度常温迄冷却されたことのある試料についてのみ論ぜられて来たのである。この場合にはオーステナイト結晶粒は加熱に際し、A₁ 及 A₂ 變態によつて生成する。而してこの際オーステナイト結晶の核となるものは、

- (i) 變態温度以下で存在して居たフェライト又はパーライトの結晶粒界
- (ii) 微細なる介在物
- (iii) 局部的に隣の高い所等と考へられる⁸⁾

これらの中、微細なる介在物に就いて考へると、この際は、

- (i) 凝固の時に既に母液中に析出して居てオーステナイト結晶の核となつたもの
- (ii) 核とならずして結晶に捲き込まれたもの
- (iii) 凝固の瞬間にはオーステナイト中に固溶して居たが、凝固後析出して来たもの

これら全部の微細介在物がオーステナイト結晶の核となり得るのであるから、後者の場合は結晶の核が定性的に遙に多い。従つてそれらの多數の核より成長するオーステナイト結晶粒の大きさは、後者の方が遙に小さいだらうといふことが豫想される。但しこの兩者の場合を精確に比較する爲には、後者に於ては、再加熱して A₂ 變態を通過後、更に温度を上げて固相線直下の温度に迄到達せしめ、續いてオーステナイト領域内に於て、温度を下げたものにつき比較しなければならないのであるが、それについては別の機会に譲ることとする。

2. 實驗方法

⁷⁾ 河合正吉: 鐵と鋼, 第 27 年 (昭 16), 462, 767.

⁸⁾ H. Hanemann, A. Schrader: Atlas Metallographicus, Bd. I., S. 33.

* オーステナイト鋼に於て凝固により生ぜる結晶粒の大きさに及ぼすアルミニウムの影響を見る爲に、0.15% C, 18% Cr, 8% Mo 不銹鋼に就て試験して見たが、鑄造したまゝの試料に於ては樹狀晶が著しく、結晶粒界は如何様にしても顯出することが出来なかつた、故に更に他の適當なるオーステナイト鋼に就てこの點を檢討する積りである。

高周波誘導爐により 0.35% C 鋼を 3kg 熔解し、脱酸劑として使用するアルミニウムの量を加減した試料につき實驗した。先づ脱酸後二つの鑄型(鋼塊が餘り小さいと、凝固後迅速に温度が下つて、變態温度以下に下つてしまふ恐れがあり、又餘り大きいと、焼入の際十分に急冷されないこととなる。故に鋼塊は角 20 mm×長さ 50 mm 位とし、その中心部を檢鏡した)に熔鋼を半分づゝ注ぎ、一つは常温迄冷却した後、普通の方法により 925°×6h 滲炭して、オーステナイト粒を顯出し、他の一つは熔鋼が凝固すると同時に、迅速に鑄型より取り出し、試料の温度が A₂ 變態以下に下らない中に、925° に保持した爐中に投入し、1度も變態を通過しない状態で、滲炭の場合と同一條件にする爲に、自然通氣の爐中に於て 925°×6h 保持後、0°, 10% 食鹽水中に焼入し、ピクリン酸鹽酸アルコール溶液* で腐蝕し、オーステナイト結晶粒に相當すべきマルテンサイトの粒界を顯出した。尚 焼入して、マルテンサイトの粒界をピクリン酸鹽酸アルコール溶液で腐蝕して顯出する方法は、オーステナイト粒が細い時は不明瞭であるが、滲炭法によるオーステナイト粒よりは少し小さい粒を示す傾向がある様である。

上述の試験を更に鹽基性電氣爐熔解の各過程より試料を採取して行つて見た。但しこの際は現場に於て行つた爲に凝固後 925° の爐中に保持することなく、直ちに水中冷却した。

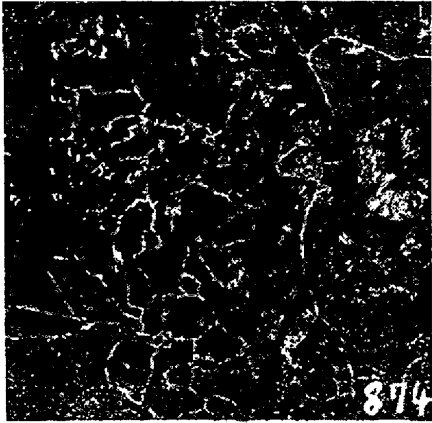
3. 實驗結果

脱酸劑としてのアルミニウムの量を加減した場合の試料につき實驗した結果を寫眞第 16 に示す。874, 875, 876 はそれぞれ 0, 0.03, 0.1% のアルミニウムで脱酸し、常温迄冷却した後、滲炭してオーステナイト粒を顯出したものであり、874 M, 875 M, 876 M は夫々 874, 875, 876 と同一熔解であるが、凝固後變態點以下に降下しないで、925° に 6h 保持してから、水焼入したものである。これによつて見ると凝固によつて生じたオーステナイト粒は、變態によつて生じたそれよりも遙に大であることは、豫想通りである。又一旦冷却後加熱滲炭法によつて出すオース

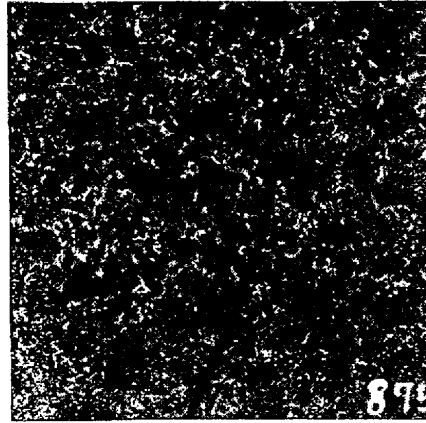
* 鹽酸 5 cc, アルコール 95 cc, ピクリン酸 1 g

** 嚴密には兩方の場合共、同一方法によつてオーステナイト粒を顯出しなければならない。よつて凝固によつて生じたオーステナイト粒をも滲炭法によつて顯出する爲に、凝固後試料の温度が A₂ 以下に降下しない中に、迅速に 925° に保持した爐中に投入し、然る後爐を密閉して一酸化炭素ガスを送りつゝ加熱する装置を作つた。これによる實驗は未だ不十分である爲に後報に譲る。

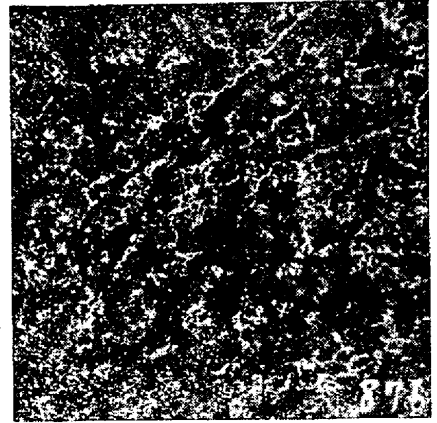
4



874



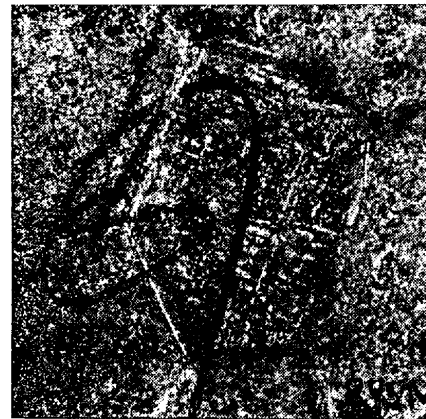
875



876



874M

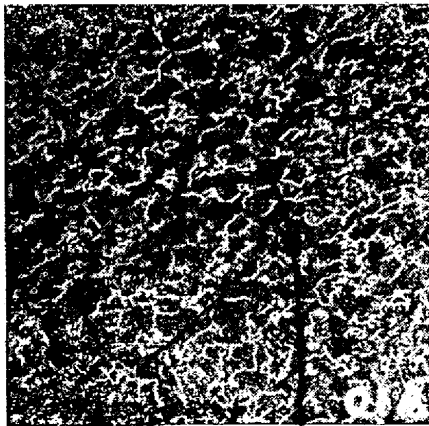


875M

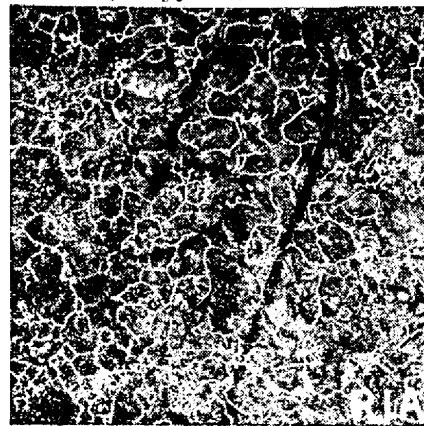


876M

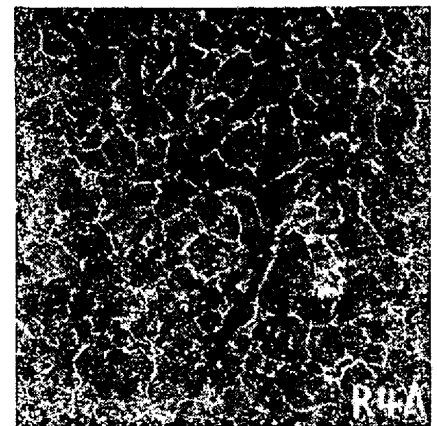
寫真第 16



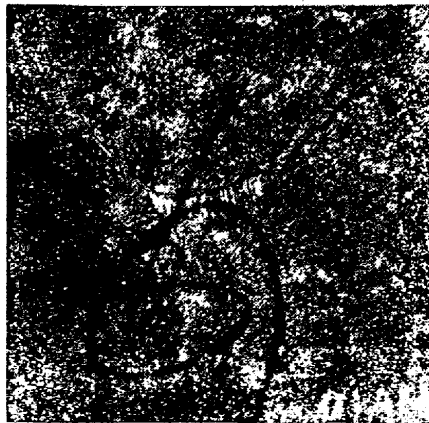
01A



R1A



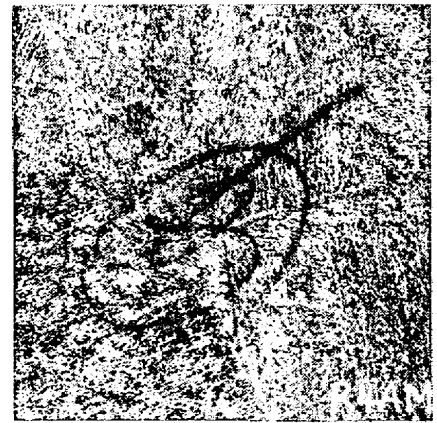
R4A



01AM



R1AM



R4AM

寫真第 17

テナイト粒は、アルミニウムの量が多いと粒が微細化するが、凝固によつて生じたオーステナイト粒は、試料全面を広く検鏡するに、總じてアルミニウムの影響が著しくない、或は寧ろアルミニウムの量によつて細かくならないと思はれる程である。

次に鹽基性電氣爐熔解過程より採取した試料についての實驗を寫眞第 17 に示す。01A は酸化期の熔落時、R1A は還元期の始め、R4A は取鍋中より採取した試料を滲炭したものであり、01AM, R1AM, R4AM は、それぞれ 01A, R1A, R4A に對應する試料であつて、爐中より熔鋼を汲み取り、凝固し終ると同時に水焼入したものである。凝固によつて生じたオーステナイト粒は、非常に粗大で且何れの試料に於ても粒に餘り大小がない。第 10 表はこれらの試料の化學成分を示す寫眞第 17 に於ては大きな

第 10 表
化學成分 %

符號	C	Si	Mn	P	S	Al
874	0.33	0.29	0.54	0.014	0.023	0.01
875	0.31	0.21	0.42	0.012	0.020	0.04
876	0.33	0.27	0.51	0.014	0.023	0.05
01A	0.32	0.02	0.33	0.028	0.050	0.01
R1A	0.18	0.06	0.27	0.012	0.035	0.01
R4A	0.22	0.30	0.48	0.015	0.031	0.01

マルテンサイトの結晶の中に不明瞭な小さな結晶が澤山見える。これは冷却速度の関係上、A₃ 變態の所でオーステナイト結晶粒が分解しかつた爲であらう。

4. 實驗結果に対する考察

以上述べた所により、凝固によつて生じたオーステナイト粒は、 α 相より加熱變態によつて生じたそれよりも、遙に大なることは推定通りであつた。然しこれは兩者の場合、オーステナイト生成に際しての結晶核數の多少に原因すると考へる以外に、凝固によつて生じたオーステナイト粒は、前にも言及した様に、丁度凝固し終つた溫度に迄、鋼を加熱した際に、オーステナイト粒が粗大化したものに相當するとも考へられる。従つて兩者間の粒の大小の相違は、加熱溫度の相違によるとも考へ得る譯である。^{*} 然し試料が小さく、冷却速度が早い故に、凝固終結溫度以下には極めて短時間保持させたに過ぎない場合と相對應する。特に電氣爐熔解の各過程より採取した試料の如きは、柄杓に汲み取つた熔鋼が、凝固し終るか終らない中に、水中冷却を行

^{*} この點に關しては後日報告すべき「構造用 Ni, Cr, Mo 鋼の過熱に關する研究」(第 24 回講演大會にて講演)中の「過熱抵抗性に及ぼす脱酸劑の影響」と相關聯する。

ふのであるから、過熱時間とも云ふべきものは、1~2s に過ぎないのである。されば凝固により生ずるオーステナイト粒の甚だ大なることに間違はない。

次に脱酸劑として投入したアルミニウムが、オーステナイト粒を微細化せしめる作用は、滲炭法によつて顯出する所の變態によつて生ずるオーステナイト粒に對してよりも、凝固によつて生ずるオーステナイト粒に對して、甚だ微弱である點に關しては、次の様に考へられる。即ち脱酸生成物たる、アルミナが凝集力の小さい爲に微細に熔鋼中に分散し、これが結晶の核となるならば、アルミニウムを全然使用しない場合と、0.1% も使用した場合とでは、生ずるアルミナの核數に著しい相違があり、従つて凝固によつて生じたオーステナイト粒度に相當の相違がある筈である。然るに實際には餘り著しい相違のない事は、アルミナの微粒子が凝固の際、オーステナイト生成の結晶核として作用することが弱い爲と考へられる。然し一旦凝固し變態を通過した後、加熱に際しては、鋼中に存するアルミナ微粒子は變態によつてオーステナイトを生ずる際の核作用をなし、又生成したオーステナイト粒の成長を阻止する爲に、脱酸劑としてアルミニウムを多く使用し、従つてアルミナ微粒子の多い鋼は、オーステナイト粒が細かいと考へられる。然し凝固の際に、アルミナ微粒子は全然オーステナイト結晶粒の核とはならないものであるか否か。若し少しはなるとすればその程度如何、又他の種類の酸化物或は炭化物に就ては如何、といふ様な問題は、すべて今後の研究によらなければならない。

VI. 總 括

以上述べた所を總括すると次の様である。

- (1) 鋼のオーステナイト結晶粒度の支配因子に關し、結晶粒生成の核作用、或は結晶核成長の阻止作用といふ立場より、該問題の闡明に寄與する目的を以て研究した。
- (2) 粒度顯出法は主として學振の滲炭法により、特に滲炭出來ない場合のみ酸化法、或は焼入後マルテンサイト腐蝕法を用ひて顯出した。
- (3) 鹽基性電氣爐熔解の各過程より採取した試料のオーステナイト粒度を調べた。
- (4) 酸化期に於て採取した試料は異常性を示し、又甚だ著しい混粒を示すことがある。而して異常性の程度は、酸素量多く、合金元素少い程甚しく、又相當大きな粒の鋼に於ても異常性を示す。

(5) これにアルミニウムを少量投入すると異常性のまゝでオーステナイト粒が細かく揃つて来る。この際シリコマンガンを投入しても、アルミニウム程ではないが、混粒を減少する傾向がある。

(6) 還元期に於て採取した試料には異常性は殆ど認められないが、著しい混粒は依然表はれることがある。この様なことはアルミニウムで鎮静した後には普通認められない。

(7) 500 kg以下の鋼塊に於ては、各部の凝固條件に従て異なる所の樹状晶、又は非金属介在物の組成の相違によつて、オーステナイト粒度の差は殆ど現はれない。鑄造温度及取鍋中に保持する時間の相違についても、粒度には殆ど影響がない。

(8) 一般に熱処理、加工によつては、滲炭法によつて顯出するオーステナイト粒度(普通程度の混粒でも)に影響を及ぼさない。

(9) 鹽基性電気爐熔解途中より採出した所の甚だ著しい混粒に於ては、断面減少率 90% 以上に常温加工した場合には、大きな粒は大きな面積のまゝで、細粒の集つて居る範圍は、その集合範の面積のまゝで、加工方向に細長くなる。

(10) 脱酸劑として使用するアルミニウムは約 0.03~0.1% (鋼種、熔鋼の状況により異なる)程度迄はオーステナイト粒を微細化するが、それ以上では却つて粗くなる。又熔解、凝固の状況が同一であつた場合(唯使用する脱酸劑の種類及び量のみは異なる)には、鋼中のアルミナ含量の大なるものが粒が細い。

(11) シリコマンガ、カルシウムシリサイドは一般に殆

どオーステナイト粒を微細化しない。

(12) その他オーステナイト粒を微細化する主なるものは、チタン(半軟鋼の場合、約 0.02% 迄、は投入量増加に従つて微細化する)。ヴァナヂウム(約 0.2% 迄)、モリブデン(約 0.6% 迄)であつて、微細化能力の大きさもこの順である。

(13) 凝固によつて生じたオーステナイト粒は、冷却後加熱變態によつて生じたそれよりも遙に大きい。

(14) 凝固によつて生じたオーステナイト粒は、脱酸劑として加へたアルミニウムの量により餘り變化がない。

(15) 凝固に際しては、アルミナ微粒子は、結晶粒の核となる作用が弱い爲に、オーステナイト粒を微細化せしめること殆どないが、冷却後加熱變態に際しては、アルミナ微粒子はオーステナイト生成の核作用をなし、又その成長を阻止する爲に、結晶粒が微細化するのであると考へられる。

(16) 本研究の諸實驗より、オーステナイト結晶粒度は、鋼中に存在するアルミナ微粒子の如き、或は他の何かあるものゝ分散状態と密接に關聯するものと思はれる。

終りに臨み御鞭撻辱う致しましたる渡邊社長、御指導を戴きましたる玉置研究部長に御禮申し上げます。

又種々御親切なる御教示を仰ぎましたる本多、村上兩先生に深謝致します。

尙研究試料の調整に御骨折り下さいましたる矢島忠和氏製鋼課特に電気爐工場の關係各位、非金属介在物の分析をして戴いた森協和男氏、其の他遠藤忠君を始め研究課の關係各位に感謝する次第です。