

熔鋼中の非金属介在物に及ぼすクロムの作用に就て (IV)

(クロム鋼中に含まれる非金属介在物の顕微鏡的研究)

(昭和 25 年 4 月及び 9 月本會講演大會にて講演)

石 塚 寛*

EFFECT OF CHROMIUM ON NON-METALLIC INCLUSIONS IN MOLTEN STEEL (IV)

(Microscopic Study on the Non-metallic Inclusion in Chromium Steel)

Hiroshi Ishizuka

Synopsis:

The non-metallic inclusions contained in a low chromium steel was studied by microscopic method. It was confirmed by etching test that the inclusions in chromium steel were mainly of $\text{SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$ system and of $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ system, and that their natures were as follows.

- 1) The silica and the chromite easily formed the solid solution.
- 2) The Mn-oxide and the chromite did not form the solid solution.
- 3) The silica, the Mn-oxide and the chromite formed the eutectic inclusion of a ternary system.

I. 緒 言

第 1~3 報に於て熔鋼中の非金属介在物に及ぼすクロムの影響は製鋼法に依て著しく其の趣を異にする事を報告したが、其の理由を究明する上に於て最も重要な且根本的な因子を含むと思われる問題、即ち Cr 鋼中に含有されている非金属介在物並びに Cr 鋼の熔製過程に於て如何なる介在物が生成するであろうかに就て一應の検討を加えて見た。

所で Cr の脱酸生成物としての酸化クロム介在物に就ては S.F. Urban 及び J. Chipman¹⁾, M. Baeyertz²⁾ B. Matuschka³⁾, A.M. Portevin 及び R. Castro⁴⁾ 等に依て研究されて居り、それは Chromite($\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$) であると云われて居るが、これ等の總ては主として Fe-Cr 合金或は不銹鋼等何れも高 Cr 合金を取扱つたものであつて、實際我々の研究対象となるべき平爐製及び電弧爐製 Cr 鋼或はこれに準ずる低 Cr 鋼に就ての調査研究は非常に少い。これは要するに Cr 鋼中の非金属介在物は他元素の共存の下に於て極めて複雑なる化合物を作る事と、これに加うるに Cr 含有量の低い場合には高 Cr 鋼のものに比して非常に小粒である事等より介在物を識別する上に於て一般に普通鋼の場合より困難さを伴う事又残渣分析法が不十分な爲残渣中に安定なるカーバ

イドが存在し介在物の組成を判断する事が不可能である事等に起因すると考えられるのであるが、筆者は主として實際現場試料を対象とし顕微鏡試験に依て詳細に研究を進めた所、低 Cr 鋼中に含まれる介在物の形態並に識別に關して略満足すべき結果を得る事が出来た。以下本報告ではこれ等の試験結果に就て述べる。

II. 試料及び腐蝕試験

本研究の供試料は主として鹽基性電弧爐、鹽基性及び酸性平爐の精鍊各期より採取した Cr 鋼, Cr-Mo 鋼, Ni-Cr-Mo 鋼等であつて、試料は鍛造の儘のものゝと鍛造後のものを用い何れも焼鈍状態に於て檢鏡した。以下掲げる顕微鏡寫眞は存在する介在物の各種の型を例證する爲に用いたものであつて、稀には異常介在物が発見されたが夫等は省略し、多數の試料中より典型的介在物のみを選んで撮影した。寫眞撮影に使用した試料の化學成分及び履歴は一括して第 1 表に示した。

尙非金属介在物の腐蝕試験には Wohrman に依て改良せられた Campbell 及び Comstock の識別方法⁵⁾が提出せられているが、この方法は炭素鋼中に発見される介在物のみに限られている點に鑑みこの方法を改良發展

* 日本製鋼所室蘭製作所研究部

第 1 表

試料 No.	化 學 成 分								試料採取時期	鍛造有無
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo		
1	0.07	0.01	tr	0.027	0.003		18.90		酸素を飽和せる熔鐵にFe-Cr添加	鍛造まゝ
2	0.22	0.22	0.10	0.028	0.022		1.11		酸性平爐 Fe-Cr 投入後	鍛造まゝ
3	0.65	0.21	0.12	0.030	0.019		1.56		"	"
4	0.22	0.25	0.65	0.026	0.032	0.28	1.13	0.30	酸性平爐出鋼前	"
5	0.71	0.14	0.11	0.008	0.009		1.18		鹽基性電弧爐 Fe-Cr 投入後	鍛造比10に鍛延
6	0.35	0.17	0.07	0.034	0.026		1.02		酸性平爐 Fe-Cr投入5分後	鍛造まゝ
7	0.25	0.30	0.82	0.034	0.005	1.56	0.63	0.23	酸性平爐出鋼前	鍛造比10に鍛延
8	0.07	0.53	0.48	0.030	0.006		2.97		酸素を飽和せる熔鐵に Fe-Cr, Fe-Mn 及び Fe-Si 添加	鍛造まゝ
9	1.81	0.10	0.69	0.013	0.007		0.93		鹽基性電弧爐 Fe-Cr 投入後	鍛造比10に鍛延
10	0.80	0.02	0.20	0.005	0.006		1.78		鹽基性平爐投 Fe-Cr 投入後	"
11	0.12	0.03	0.46	0.016	0.017	0.67	2.29	0.48	鹽基性平爐出鋼前	"
12	0.70	0.02	0.32	0.017	0.018		1.95		鹽基性平爐 Fe-Cr 投入後	"
13	0.81	0.41	0.48	0.016	0.004		1.86		鹽基性電弧爐鑄込中	鍛造比5に鍛延
14	0.97	0.80	0.66	0.022	0.006		1.04		鹽基性電弧爐出鋼前	鑄込まゝ
15	0.27	0.22	0.10	0.031	0.021	1.38	1.24		酸性平爐 Fe-Cr 投入後	鍛造比10に鍛延
16	0.29	0.31	0.61	0.041	0.010	1.79	0.83	0.32	酸性平爐出鋼前	"

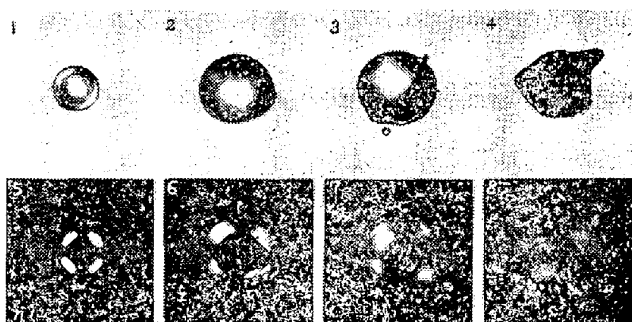
せしめた。S.F. Urban 及び J. Chipman の識別方法⁶⁾を適用した。

III. 試験結果並に考察

Fe-Cr-O 系に於て Cr の脱酸生成物は Chromite (FeO·Cr₂O₃) として存在する。第1圖は18%Cr 鋼中に見られた典型的な Chromite を示したものであつて、一般に灰色がかった紫色を呈し (1) 及び(2) に示す様に梯形、菱形或は三角形等角狀の結晶形である。又 Chromite の他の型としては非常に溝の多い凹形の結晶形 (3) 或は細長く變形して Skeleton 状をなす結晶形 (4) も存在する。(5) に示したものは2種の Chromite の複合組織であつて内部の相は灰色がかった暗紫色、外部の相は灰色がかった薄紫色である。これは非金属相への FeO の溶解度の相違に依るものと考えられる。Chromite の他の特徴としては熔融温度が非常に高い爲に鍛造に依て粘性變形をしない事である。又 Al₂O₃ 介在物の様に癖をなして偏析する傾向を有し鍛造に依て個々の介在物は變形を受けずして集團其のものが一連の線の如き形を形成し易い。

扱て第1圖(紙面の都合により省略)に掲げた酸化クロム介在物は高 Cr 鋼中に多數含有されて居り尚 Cr 含有量の低い Cr 鋼中にも極く稀に発見される事もあるが、實際製鋼過程に於て他元素特に Si, Mn 等と共存する時には組織の全く異つた介在物が存在する。例えば Si と共存する時は SiO₂-Cr₂O₃ 系介在物を生成する事が判明した。第2圖は酸性平爐鋼の Fe-Cr 投入直後の比較的 Mn の少い試料中に見られたもので (1) は殆んど SiO₂ と考えられる透明珪酸鹽, (2), (3) 及び (4) は Cr₂O₃

を含む SiO₂ 即ち SiO₂-Cr₂O₃ 系介在物 (以下 Cr-Silicate なる名稱を用いる) を示すもので、このものは黒味がかつた董色を呈している。(5)~(8) は各々を偏光下で撮影したもので、SiO₂ は十字の光の干渉部を生じて非常に輝いているに反し Cr-Silicate は其の輝き方も不



第2圖 SiO₂-Cr₂O₃ 系介在物 (Cr-Silicate) (試料 No.2) (何れも×1500) (1/2 縮寫)

規則且弱くなり更に Cr₂O₃ に富むものは介在物全體が薄乳色を呈する。又 SiO₂ 及び SiO₂ に富む Cr-Silicate は介在物の内部表面が隆起して居るが、Cr₂O₃ の固溶度が大なると内面は平滑となる。

上述した Cr-Silicate は何れも非化水素酸で腐蝕する事に依て SiO₂ と識別する事が出来る。第3圖は20% HF 水溶液で10分間腐蝕後のもので、SiO₂ は (b) の様に腐蝕されて落脱して居るに反し、Cr-Silicate (a) は何等腐蝕されず両者は明かに識別され得る。もともと Chromite は酸試薬に對して大なる抵抗力を有するが、Cr-Silicate も亦耐酸性を持つ事が分るのであつて Cr₂O₃ 固溶度の大なるものは可成り長時間の HF 腐蝕に依つても蝕され難く極めて安定である。しかして Cr-Sili-

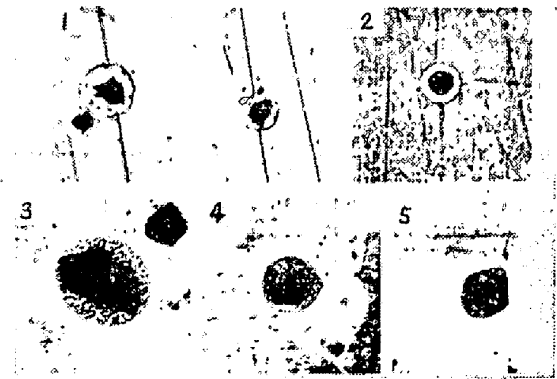
20% HF 液 10 分腐蝕 ×1500
第3圖 (試料 No.2) (1/2 縮寫)

cate 中の SiO_2 と Cr_2O_3 の各固溶率の相違は外觀、色彩、偏光下で観察した時の輝き方等の相違及び HF 液腐蝕時の蝕され具合等に依て判断する事が出来る。

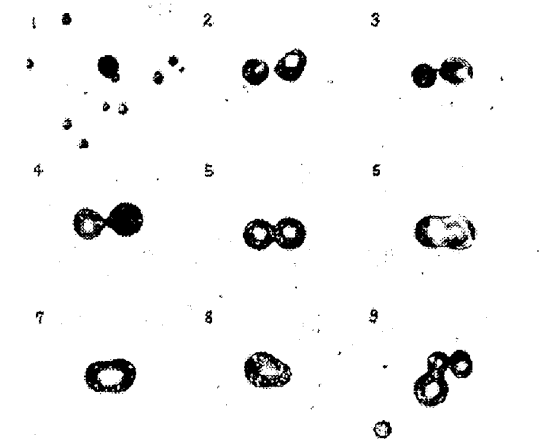
Cr-Silicate は一般に極めて均一な固溶體をなして居るが Cr_2O_3 に富むものの中には第4圖に示す様に多数の青色微粒子の点在しているものが屢々発見される。同圖一(2) は介在物内部に焦點を合せて撮影したもので、これは酸化クロム状の微粒子が沈澱したものと想像される。第5圖は比較的 SiO_2 に富む Cr-Silicate であつて介在物内部に粒状をなして散在する部分は恐らく兩酸化物が固溶する際に析出した固溶濃度を異にする共融相と考えられる。(紙面の都合上第4及び第5圖省略)

Cr-Silicate には以上述べた様に均一なる固溶體をなしているものと酸化クロム状微粒子を含有しているものゝ大體2つの形態があるが、更に SiO_2 と Cr_2O_3 とが固溶して Cr-Silicate を生成するに至る固溶過程に就て探索した。供試料には酸性平爐鋼の Fe-Cr 投入5分後熔鋼を攪拌せずに Fe-Cr 投入口より採取した特に Mn 量の低い試料を用い、これを 20% HF 水溶液で 10 分間腐蝕した。第6圖(1)~(5)は何れも同試料中に見られたもので、(1)及び(2)に見られる圓形の白い部分は HF 液に依て蝕された SiO_2 の落脱部、中心の蝕されない部分は Cr_2O_3 であつて同圖は Cr-Silicate の生成過程を示すものである。即ち Fe-Cr の投入に依て生成した Cr_2O_3 が過剰 SiO_2 の融液に包まれて(1)及び(2)の様に一旦 Complex inclusion を作り、然る後(3)及び(4)に示す様に綫状に固溶しつつ均一な Cr-Silicate になると推察される。尙斯様にして生成した小粒の Cr-Silicate は更に同様な過程を経て大粒のものになるとも考えられるが、これ等の Cr-Silicate はお互に凝集して遂次大粒となる。第7圖(1)~(9)はこれ等 Cr-Silicate の凝集過程を示したものであつて、何れも第6圖と同じ試料中に見られたものである。

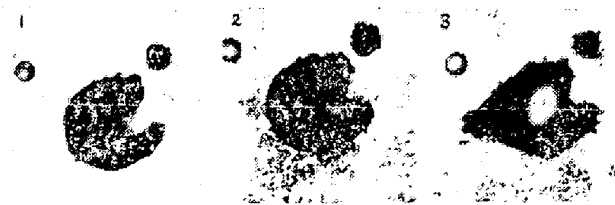
以上は何れも Mn が比較的少く Si に富む熔鋼中に含まれている Cr-介在物に就て述べたのであるが、更にこれに Mn の共存する場合には複雑なる系の介在物が形成される。即ち Si 及び Mn の共存下に於ては前



何れも 20%HF 水溶液にて 10 分間腐蝕 ×1500
(1/2 縮寫)
第6圖 Cr-Silicate の生成過程 (試料 No.6)



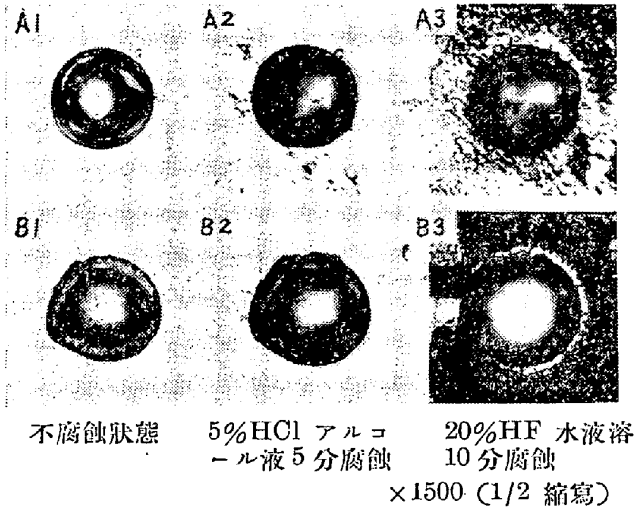
何れも ×1500 (1/2 縮寫)
第7圖 Cr-Silicate の凝集過程 (試料 No.6)



不腐蝕状態 5% HCl アルコール 20% HF 水溶液
液 5 分腐蝕 10 分腐蝕
第8圖 SiO_2 -MnO- Cr_2O_3 系介在物 (試料 No.7)
×1500 (1/2 縮寫)

述した Cr-Silicate の外に SiO_2 -MnO- Cr_2O_3 系介在物が生成する事を確めた。以下この種介在物に就て記述する。第8圖一(1) は酸性平爐鋼の出鋼前試料中に見られた典型的な SiO_2 -MnO- Cr_2O_3 系介在物を示したものであつて、介在物内部には恐らく三系が共融する際に析出した成分濃度を異にする共融相と思われる微粒子が多数散在している。同圖一(2)及び(3)は何れも該介在物の 5% HCl アルコール液及び 20% HF 水溶液に依る腐蝕の影響を示したものである。一般に SiO_2 - Cr_2O_3 系介在物は既に述べた様に HF の様な強酸に對しても割合安定であるが、 SiO_2 -MnO- Cr_2O_3 系介在物ば 5% HCl 液

には安定であるが HF 液には蝕されるものであつて、其の耐酸性は $\text{SiO}_2\text{-MnO}$ より大きく、 SiO_2 と略同様である。



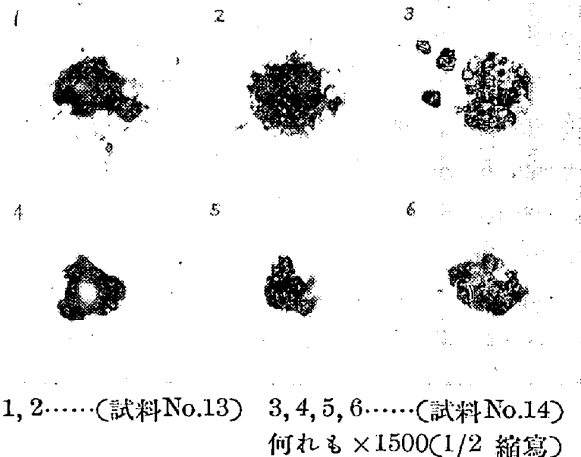
第9圖 MnO-SiO_2 系と $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系介在物の比較 (試料 No.8)

第9圖は酸素を飽和した純鐵に Fe-Cr, Fe-Mn 及び Fe-Si の3元素を添加して作った試料中に見られた A, B なる2種の介在物の不腐蝕状態、5% HCl アルコールにて5分及び 20% HF 水溶液にて10分間腐蝕した時の各形態を示したものである。同圖より分る様に HF 液では兩介在物は何れも腐蝕されるが、HCl 液では A の方は可成り腐蝕されて居るに反して B の方は何等蝕されて居らないのであつて、これ等の事より察考して A なる介在物は主として $\text{SiO}_2\text{-MnO}$ より成るものであり、B なる介在物は $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ であると斷定する事が出来る。一般に $\text{SiO}_2\text{-MnO}$ 系と $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系介在物とは低倍率で檢鏡した時は極めて類似して居る事があるが、此の兩者は 5% HCl アルコール液で5分間腐蝕した時の蝕され具合或は高倍率で見た時の内部組織等に依つて識別する事が出来る。次に第10圖に示した介在物も上記同様 $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系介在物であつて薄暗褐色を呈し割合小粒である。この様な介在物は酸性平爐製 Cr 鋼中にも存在するが、一般に精鍊途中の Si 量が比較的少い鹽基性電弧爐鋼及び鹽基性平爐鋼中に最も多く含まれている。第11圖は MnO 及び Cr_2O_3 に富むと思われる三系共融介在物であつて、共融相の細かい沈澱が散在すると共に Chromite が樹枝状に析出している。又第12圖は FeO 及び MnO に富む共融物で同様に Cr_2O_3 に富む相が見られる。(紙面の都合上第10, 11 及び 12 圖省略) 一般にこれ等第11 及び 12 圖に示した様な介在物は鹽基性平爐の精鍊途中より採取

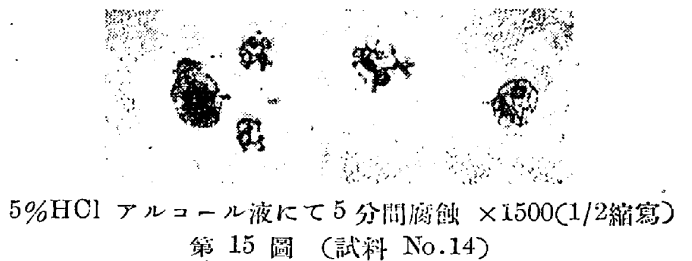
した試料中に屢々発見されるが、これは要するに Si 量が少い爲に共融するに際して過剰の Chromite が共融しきれずに析出したものか或は其の儘残存したものと推察される。随つて一般に鹽基性平爐鋼中には共融物を形成しない純 Chromite の見られる事が多い。

次に以上述べた $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系介在物の生成過程に就て検討して見る。檢鏡には酸性平爐出鋼前の試料を用い 5% HCl アルコール液にて5分間腐蝕した。第13圖は(紙面の都合上圖省略) 同試料中に見られたものであつて圖中白く落脱している部分は MnO-SiO_2 であると推定出来る。即ち Cr-Silicate が融體をなす MnO-SiO_2 に包まれ或は互に吸着し合つて此等が遂次固溶し大粒の $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系三元共融介在物を生成するものと考える。

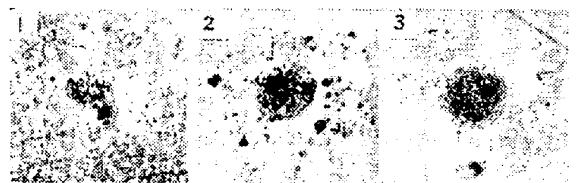
以上第8~13圖に示した三元系の介在物は一般に球状をなして居るが、更に其の外に第14圖に示す様に外周が少しく崩れて不定形をなし一見 MnO 系介在物に非常に似た黒味を帯びた堇色のものや、又同圖(3)の様



1, 2.....(試料No.13) 3, 4, 5, 6.....(試料No.14) 何れも×1500(1/2縮寫) 第14圖 他の型の $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系介在物



5% HCl アルコール液にて5分間腐蝕 ×1500(1/2縮寫) 第15圖 (試料 No.14)

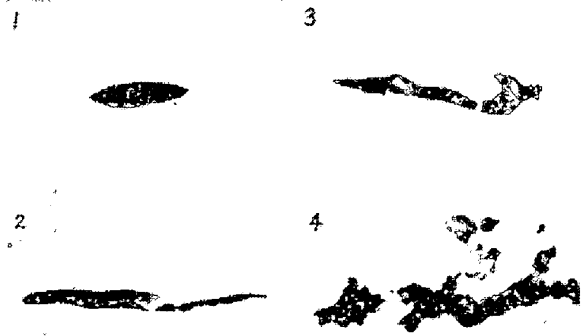


20% HF 水溶液にて10分間腐蝕 ×1500(1/2縮寫) 第16圖 (試料 No.13)

に網状をなしている介在物が多数認められる。第 15 圖は同介在物を 5% HCl アルコール液で腐蝕後のもので、網状部が非常に明瞭に現われ何等蝕されて居らない。随つて此等の介在物は MnO や $MnO \cdot SiO_2$ ではない事が判るのであるが、更に 20% HF 液では第 16 圖—(1) 及び (2) に示す様に蝕される。即ちこの介在物は前述した球状の三元系共融介在物と成分濃度を異にする他の型の $SiO_2-MnO-Cr_2O_3$ 系介在物と推察される。又同圖—(3)は外周のみが蝕されているのであるが、内部の蝕されて居らない部分は Cr-Silicate であり外周は三系の共融相である事より、これは該介在物の共融中の一過程を示すものである。第 14 圖に掲げた斯様な介在物は酸性平爐鋼にも存在するが、一般に精鍊途中の Si 量が比較的少く MnO が單獨に存在し易いと思われる鹽基性平爐鋼及び鹽基性電弧爐鋼中に最も多く存在する事より見て、Cr-Silicate が MnO を多量に含んだ $MnO \cdot SiO_2$ 或は MnO に包まれて此等がお互に共融して生成したものと推定する事が出来る。即ち同圖—(1), (2), (4) は共融途中のもの、(3), (5) 及び (6) は何れも共融後の各形態を示したものである。此等は一般に HF 液に依て蝕され易いが、但し (5) に示す様な形態のものは Cr_2O_3 に富む爲蝕され難い。

$SiO_2-MnO-Cr_2O_3$ 系介在物には上述の様に球状をなして居るものと、第 14 圖に示したものとの大別して 2 つの形態に分類されるが、これは鋼浴成分に影響されるものゝ様である。即ち一般に後者の形態を有するものは Mn の比較的多い試料中に割合多く存在する。此の事實は又この種介在物の生成過程に對する推定を裏書きするものである。尙これ等介在物の固溶の難易に就て一言すれば、一般に SiO_2 と Cr_2O_3 とは極めて容易に固溶して Cr-Silicate を作るが、 $SiO_2-MnO-Cr_2O_3$ 系介在物の場合特に MnO に富む $MnO \cdot SiO_2$ 或は MnO と Cr-Silicate とが共融して出来たと推定される第 14 圖の様な介在物は其の共融速度は概して遅く換言すれば必ずしも共融體を作り易い性質を持つて居るとは云い難い。斯様な事は第 14 圖—(4) の様に内部が Cr-Silicate に富み外周が三系の共融體を形成しているもの或は HF 液で腐蝕した時第 16 圖—(3) の様に外周のみ蝕されているものが可成り多く存在する事等から見て或る程度肯かれる。尙 Chromite が MnO に包含されたものも見受けられたが兩者は何等固溶して居らない。

非金属介在物には其の構成々分の如何に依り鍛造に依り粘性變形するものと、しないものがある事は周知の事であるが、次に今迄述べた Cr- 介在物の鍛造に依る



1, 2, 3, ……(試料 No. 15) 4, ……(試料 No. 16)
何れも $\times 1200$ (1/2 縮寫)

第 17 圖 粘性變形せる Cr-Silicate

影響に就て述べる。本報告に掲げた寫眞の約半数は鍛造した試料中に見られたものであるが、Cr-Silicate 及び $SiO_2-MnO-Cr_2O_3$ 系介在物は一般に粘性變形しないものが多い。併しながら此等介在物は全然變形しないのでは無く比較的多くの試料中には程度の差こそあれ粘性變形して居るものが認められた。第 17 圖は變形の各形態を示したものである。しかして此等介在物は腐蝕試験結果より何れも Cr-Silicate である事が判明したわけであつて、斯様な事より Cr-Silicate は製鋼温度で融體をなし非常に浮上し易い固溶成分範圍を有するのではないかと想像される。

Cr 鋼中には如何なる介在物が含まれているかに就て本研究では主として實際現場試料を對稱として研究を進めたのであるが、更にこれを再確認する意味に於て實驗室的に試料を作製して検討を加えた。これを要約すると次の如くなる。即ち酸素を飽和せしめた熔鐵に

(1) Fe-Cr と Fe-Si を添加した場合:— SiO_2 と Cr-Silicate とが生成する。勿論この兩者の量的關係は兩元素の添加量に左右されるが、Si の比較的少量の時には其の殆んどが Cr-Silicate である。即ち SiO_2 と Cr_2O_3 とは極めて固溶體を作り易い性質を有して居る。尙この場合 Chromite は全く存在しない。

(2) Fe-Cr と Fe-Mn を添加した場合:—Chromite と MnO とが別個に生成し、何等固溶體を作らない。

(3) Fe-Cr, Fe-Mn 及び Fe-Si を添加した場合:—この場合も各元素の添加量に依り生成介在物の量的關係を異にするが、一般的に見て Cr-Silicate, $SiO_2-MnO-Cr_2O_3$ 系介在物及び少量の $MnO \cdot SiO_2$ 系介在物を生成する。

これ等の試験結果より $SiO_2-Cr_2O_3$ 系及び $SiO_2-MnO-Cr_2O_3$ 系介在物の存在する事を確め得たのであるが、

更に多数の實際製品及び鑄込半ばより採取した試料に就て観察した所に依ると、Cr 鋼中に含まれる酸化介在物は大部分上記 Cr-介在物に依て占められているが、

(1) 酸性平爐製 Cr 鋼中には一般に Cr-Silicate の方が多く存在し $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系介在物は比較的少ない。

(2) 鹼基性平爐製のものとは反対に $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系が最も多く Cr-Silicate は少ない。

(3) 鹼基性電弧爐製のものとは此の兩介在物は大體半々づつ存在する様である一事が判つた。しかして製鋼法の如何による斯様な相違は精錬途中に於ける Si 量の多寡に起因する爲であつて、Cr-介在物の形態及び組成は或る程度 Si 量に關係する。

本研究に於ては Cr 鋼中に含まれる非金属介在物特に酸化介在物の探究を主眼としたのであるが、更に硫化介在物に就ても一應の検討を加えて見た。しかして腐蝕試験結果より其の大部分が硫化マンガンであつて、硫化クロムは極めて少いか或は全然發見されない場合が多い。尙 Cr-Silicate が硫化マンガんに包含されたものも見られたが、一般に低 Cr 鋼に於ては興味を引く様な硫化物は存在しない様である。

IV. 結 言

鋼中の非金属介在物を識別するには岩石學的方法、顯微鏡的方法並びに微量化學分析的方法を併用する事に依て其の信頼度を高め完全なものとなし得るのであるが、筆者は顯微鏡試験のみを以て低 Cr 鋼中に含まれる非金属介在物を研究し略満足すべき結果を得た。本報はこれ等の試験結果を取纏めたものであつて、 $\text{SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 系及び $\text{SiO}_2\text{-MnO-Cr}_2\text{O}_3$ 系介在物の存在する事を認め更

に此等介在物の生成機構に就て推論を下した。しかして此等 Cr-介在物は熔製法の如何に依て其の形態を異にするると共に非常に性質の變化し易いものとなる。

尙本報に於て述べた試験結果は前報迄に報告した「熔鋼中の非金属介在物に及ぼすクロムの影響は製鋼法に依て異なる」事の理由を探究する上に於て極めて重要な且亦根本的な示唆を與えるものであつて、この點に關する考察は後報に俟ち度い。

終りに臨み本研究の發表を許可され且御指導を賜つた日本製鋼所常務取締役小林佐三郎博士に深厚なる謝意を表すると共に、種々有益なる御教示を頂いた越谷柏藏氏並びに終始御鞭撻と御助力を與えられた當研究部部長代理下田秀夫博士に深く感謝の意を表する次第である。

(昭和 26 年 6 月寄稿)

文 献

- 1) S.F. Urban & J. Chipman: Transaction of American Society for Metals, 23 (1935) 93.
- 2) M. Baeyertz: Transaction of American Society for Metals, 22 (1934) 625.
- 3) B. Matuschka: Journal of the Iron & Steel Institute, No. 1 (1935) 213.
- 4) A.M. Potrevin & R. Castro: Journal of the Iron & Steel Institute, No.2 (1936) 213.
- 5) National Metals Handbook, 1933, 636.
W. H. Dearden: Metallographers Handbook of Etching, 1931, 216.
- 6) S. F. Urban & J. Chipman: Transaction of American Society for Metals, 23 (1935), 666.