

Table 2. Conditions of quenching and hardness.

Sample No.	Gap between the coil and the sample (mm)	Plate current (Amp)	Plate voltage (kV)	Coil speed (mm/s)	Cooling method	Hardening depth desired (mm)	Hardness HRC
7	4	5	9	10	Water cooling	2.0~2.5	52~53
10	3	6	10	10	"	2.0~2.5	59~60
20	4	6	11	10	"	2.0	57~59
21	4	6	11	5	"	3.0	58~60

Table 3. Details of samples.

Sample No.	Steel type	Dia. × length (mm)	Hardness (HRC)	Depth of martensite (mm)	Macro-etch figure													
					T	L	S	C	Se	D	B	Bs	H	V	P	N	K	F
1	4320	41 × 63	62.0 62.0	0.85	1	1	1	2	1	2	1	1	×	×	×	×	2	×
2	SCM22	36 × 63	64.2 64.0	0.85	1	1	1	2	1	2	1	1	×	×	×	×	×	×
3	SCM22	36 × 63	63.8 65.0	0.85	1	1	1	2	1	2	1	1	×	×	×	×	×	×
4	8620	19 × 63	63.0 63.5	0.45	1	2	2	1	1	2	1	1	×	×	×	×	×	×
6	8620	34 × 63	63.5 63.0	0.75	1	1	1	3	1	2	1	1	×	×	×	×	×	×
8	8620	40 × 63	65.0 65.5	0.65	1	1	1	2	1	2	1	1	×	×	×	×	×	×
9	SCM22	53 × 63	62.0 61.0	0.80	1	1	1	1	1	1	1	1	×	×	×	×	×	×
11	SCM22	48 × 63	61.8 61.8	0.90	1	1	1	2	1	1	1	1	×	×	×	×	×	×
12	SCr 22	53 × 63	62.5 62.5	0.60	1	1	1	2	1	1	1	1	×	×	×	×	×	×
13	SCM21	56 × 63	61.8 62.5	0.80	1	1	1	2	1	2	1	1	×	×	×	×	×	×
14	S15CK	44 × 63	48.0 48.5	obscure	2	1	1	1	1	1	1	1.5	×	×	×	×	×	×
15	SCM21	52 × 63	63.2 63.8	0.75	1	2	2	1	1	2	1	1	×	×	×	×	×	×
16	SCM21	40 × 63	63.2 64.0	0.75	1	1	1	2	1	1	1	1	×	×	×	×	×	×
17	8620	24 × 63	61.6 62.5	0.80	1	1	1	2	2	1	1	1	×	×	×	×	×	×
18	8620	19 × 63	64.0 63.5	0.30	1	1	1	2	2	1	1	1	×	×	×	×	×	×

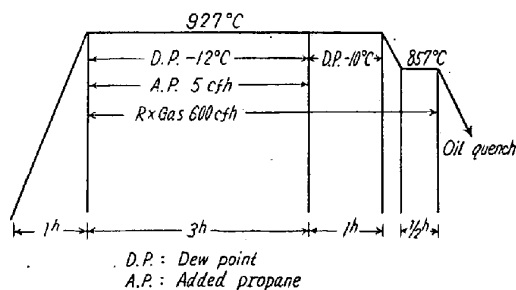


Fig. 1. Condition of cementation and quenching.

2) 試験結果：焼入前と焼入れ後の表面調査の結果は地キズの個数，総長，最大長いずれも大部分の試料について小さくなっている。横断面の顕微鏡調査結果は地キズから焼割れとなつて進行しているものは1コもなかった。

IV. 総括

鋼材におよぼす地キズの影響を調査する目的で第一段階として，据込鍛造・高周波焼入れ・ガス浸炭焼入れをおこなつて地キズがどう変化するかを調査した。試験材は製造工程中に現われた地キズ不良試験片を利用し，鋼種としては，構造用炭素鋼・強靱鋼・肌焼鋼・ステンレス鋼など使用量の多いものを選んだ。結果は

1. 据込鍛造の場合マクロ腐食像が健全であれば亀裂となることはない。

2. 高周波焼入れ，浸炭焼入れによつて焼割れをおこすことはない。

地キズの有害性については調査事項が山積しているが，ひき続いて

a. 地キズの深さの影響

b. マクロ腐食像と地キズを関連させた各種の試験

c. 機械的性質，疲労，摩擦などにおよぼす地キズの影響などについて，調査を進めて行く方針である。

(143) 加熱中および高炭素鋼中の直線状非金属介在物の挙動

(鋼中の直線状非金属介在物—Ⅱ)

北海道大学工学部

○松原 嘉市・工博 萩原 巖

Behaviour of the Plate-Like Inclusions during Heating and in High Carbon Steel.

(The plate-like non-metallic inclusions in steel—II)

Kaichi Matsubara and Dr. Iwao Hagiwara.

I. 結 言

鋼中の直線状非金属介在物について成分、析出温度、冷却速度の影響、Mn/S 比との関係、脱酸剤の影響など主として冷却中の挙動についてすでに報告した。本講演では加熱中の挙動、熱処理の影響、高C鋼中の挙動、分布と形態などを明らかにしたので報告する。

II. 実 験 結 果

(1) 加熱中の挙動

前報告において直線状非金属介在物の析出温度はC鋼, Ni-Cr 鋼とも 1200°C であることを述べたが、加熱によるこの介在物の溶解温度を求めるため同じくC鋼, Ni-Cr 鋼 (Table 1) を用いて次のような熱処理を行なった。すなわち直線状介在物を析出させるための処理として(a)を、溶解温度決定のために(b)の処理を引続き行なった。

(a) ... 1430°C × 20mn — FC — 1000°C × 30mn,
WQ or FC

(b) ... T°C × 60mn, WQ

その結果意外にも 850°C 付近から直線状介在物は減少しはじめ、1000°C に達すると直線状を保っているものは皆無となり粒状に変形して他の硫化物介在物との識別が困難となつた。WHITELEY²⁾ の試薬によつて直線状介在物の組成を追跡すると、MnS の富化が 800°C 付近から認められ高温になるにつれいちじるしくなつた。すなわち直線状介在物中の FeS の部分が MnS に変換したものと考えられる。この実験の結果常温まで冷却された直線状介在物は、次の加熱によつて MnS が富化され、1000°C に達すると全部粒状硫化物に凝集変形することが知られた。

以上の方法では他の硫化物との識別が困難なため、直線状介在物を析出後高温から冷却することなくただちに昇温加熱保持後水冷して溶解温度を決定した。すなわち処理方法は次のようである。

1430°C × 20mn — FC — 1000°C × 30mn — T°C × 60mn, W.Q その結果直線状介在物は 1350°C で地に溶解し始めるとともに FeS の富化が認められ、1400°C に達すると完全に溶解することが観察された。また 1400°C から引続き徐冷することによつてふたたび直線状介在物を析出させることができた。

(2) 熱処理の影響

既述のように直線状非金属介在物は熱処理によつてことなつた挙動を示すので、工業用鋼塊の熱的取扱いがこの介在物におよぼす影響を研究するために次のような熱処理を行なった。すなわち一つは合金鋼や大型炭素鋼の鋼塊に採用されている処理で、Ar' 変態を完了させてから加熱する方法、他の一つは Ar' 変態を起こさせずに Ar₃ 変態直上に保持後加熱する方法である。用いた試料の組成は 0.20% C, 0.32% Si, 0.25% Mn, 0.009% P, 0.071% S. 熱処理は前者の場合

(a'), 後者を (b') の方法で行なった。

(a') ... 1430°C × 20mn — FC — 1000°C × 20mn —

FC — 610°C × 30mn — 1000°C × 30mn, WQ

(b') ... 1430°C × 20mn — FC — 1000°C × 20mn —

FC — 850°C × 30mn — 1000°C × 30mn, WQ

その結果 Ar' 変態を完了させたものは 1000°C の加熱で直線状介在物が完全に円形硫化物に変形し、Ar₃ 変態直上に保持したものは 1000°C に加熱しても繊鋭な直線状介在物の形状にはまったく変化が認められなかつた。このように鑄造鋼塊の熱的取扱いにおける Ar' 変態完了の有無によつて、直線状非金属介在物が繊鋭な形状から比較的無害な円形硫化物に変換し得ることは、それら関連する水素放出、結晶粒微細化の現象とあいまって大層興味ある問題と考えられる。

(3) 高C鋼中の直線状非金属介在物の析出ならびに溶解温度

今までは 0.1~0.2% C 程度の低C鋼、合金鋼中の直線状非金属介在物について研究が進められてきたのであるが、鋼に対するSの溶解度がC, Mnによつて影響されることが TURKDOGAN と IGNATOWICZ³⁾ や PREECE と IRVINE⁴⁾ によつて報告されており、高C鋼における直線状非金属介在物の挙動を知るために、0.7~0.9% C 程度の高C鋼に Mn 量を変化させて直線状介在物の溶解ならびに析出温度を調べた。試料の組成を Table 2 に示す。実験方法は低C鋼の場合と同様である。

その結果高C鋼中の直線状介在物の析出温度は低C鋼に較べて 20°C 低い 1180°C であり、さらに H-4 鋼のような高 Mn, 高 S の場合には 115°C も低い 1085°C にいたつてようやく析出を開始している。また溶解温度

Table 1. Chemical composition of specimens.

Specimens		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
C	steel	0.08	0.21	0.20	0.011	0.055	—	—
Ni-Cr	steel	0.23	1.05	0.18	0.021	0.042	1.32	0.76

Table 2. Chemical composition of specimens

Specimens	C	Si	Mn	P	S	Mn/S
H — 1	0.77	0.39	0.09	0.005	0.022	4.1
H — 2	0.73	0.38	0.28	0.005	0.037	7.6
H — 3	0.78	0.41	0.41	0.005	0.085	4.8
H — 4	0.89	0.39	1.36	0.005	0.446	3.0

も低C鋼に比して 100°C 低い 1300°C 付近に低下している。このようにC, Mnが直線状非金属介在物におよぼす影響ははなはだ大きい。

(4) 分布と形態

工業用鋼塊における直線状非金属介在物の分布については目下調査中であるが、蒔田氏⁵⁾の報告によれば酸性塩基性の平炉、電弧炉、高周波炉製のC鋼、合金鋼の500 kgから160 tまでの金型鋼塊、30 kg以上の砂型鑄鋼品に存在すると述べている。また石塚氏⁶⁾の報告ではJISのC鋼鑄鋼品の試験材(約25 kg)に多数の直線状介在物を確認し、その発生量とMn/S比との関係が有意であり、取鍋分析値によるMn/S比が20~90の範囲にわたって直線状介在物が存在していると報告している。以上のように工業用鋼塊には直線状非金属介在物が多量に存在していることがうかがわれる。

鋼塊のマクロ組織と直線状非金属介在物との関係は、まだ資料が少ないが、一例を75 tのNi-Mo-V金型鋼塊(0.31% C, 0.35% Si, 0.55% Mn, 0.018% P, 0.019% S, 3.12% Ni, 0.09% Cr, 0.42% Mo, 0.07% Vで、2000~1750 mm径×2270 mm高)にとると、まず鋼塊本体を頂部、上部、下部、底部の4横断面で切断し各切断面の半径方向に等間隔で12~13個計41個の試料をコアドリルで採取し、各試料を約7 mm角に仕上げて370倍の下に検鏡し、1試料60視野の直線状介在物の総個数を算定して分布を求めた。結果をTable 3に示す。鋼塊底部を除いて一般に柱状晶帯には直線状介在物がきわめて少なく、頂部のV偏析帯もわずかしが存在しない。直線状介在物の総数と各横断面との比較をすると頂部が一番少なく、上部がその2.5倍、下部が1.8倍、底部が2.9倍と一番多くなっている。

つぎに結晶粒内における直線状非金属介在物の分布を調べるためOberhoffer液を用いて検鏡した。その結果樹枝部根幹には直線状介在物は認められず、常に枝と枝の谷間、あるいは樹枝部相互間の結晶粒界近傍に存在しており、P, Sのミクロ偏析部に偏析することが明らかとなった。

一結晶粒内の直線状非金属介在物は常に2ないし3方向に規則正しく配列され、いわゆるWidmenstätten組織状に析出しているが、この介在物の析出面を決定するため15個の試料の顕微鏡写真からスエレオ投影のtry and error法によつて{100}面に析出することが知られた。これはKoとHANSON⁷⁾の指摘せる硫化物と一致する。

つぎに直線状非金属介在物の真の形態を知るために、試料に切欠を入れて破断しその面を直接検鏡した。Photo. 1に見られるようにきわめて薄い不規則な形をした板状介在物が平行に配列され、その近傍に普通研磨面で観察されるような直線状介在物が2個ほぼ直角をな

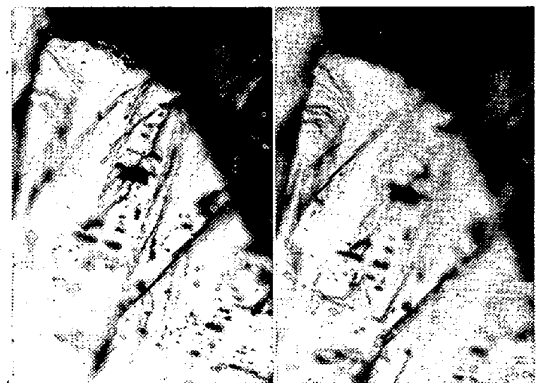


Photo. 1. The plate-like nonmetallic inclusions on the fractured specimen.
×530 (1/2)

Table 3. Distribution of the inclusions in the 75t-ingot.

Position of the ingot body	Total count	Counts (Mean value)			
		Columnar crystal zone	A-Segregation zone	V-Segregation zone	Negative segregation zone
Top	7.32	12	121	37	
2/3 height	1796	7	183	208	
1/3 height	1261	28	132	101	
Bottom	1973	202			175

して存在している。今観察している破面が {100} 面からわずかにずれた角度にあるため、板状介在物が平行に配列されているのであつて、この板状介在物が直線状非金属介在物の真の形状を示すものと考えられる。

文 献

- 1) 松原: 鉄と鋼, 44 (1958) 9, p. 1038~1039
- 2) J. H. WHITELEY: J. Iron & Steel Inst., 154 (1946) p.409
- 3) E. T. TURKDOGAN, B. IGNATOWICZ: J. Iron & Steel Inst., 180 (1955) p. 349~354
- 4) A. PREECE, K. J. IRVINE: J. Iron & Steel Inst., 157 (1947) p. 336~343
- 5) 蒔田: 日本製鋼所室蘭製作所, 所内報告, 昭和 6 年, 第 6 の 122 号
- 6) 石塚: 日本製鋼所, 室蘭製作所, 研究所報告, 昭和 34 年, 第 34 の 24 号
- 7) T. KO, D. HANSON: J. Iron & Steel Inst., 164 (1950) p. 51~62

(144) 特殊元素による脱酸生成物について

(非金属介在物の研究—Ⅶ)

大阪府立大学工学部

○木村 弘・工博 河合 正雄

On the Deoxidation Product due to Special Elements.

(The study of non-metallic inclusions—VII)

Hiroshi Kimura and Dr. Masao Kawai.

I. 緒 言

前報において通常使用される脱酸剤である Si, Mn および Al による脱酸生成物の顕微鏡的考察を行なつたが、本報で特に脱酸剤としてではなく合金元素として鋼に添加されるものも含めて、Cr, V, Ti, B, Zr, Mo, W, Mg および Ca の諸元素を単独に添加した場合の介在物について顕微鏡的に考察した。

II. 実 験 方 法

試料の調製は前報と同様に市販電解鉄を 200 g 高周波炉にて溶解し、Cr, Fe-V, Ti, Fe-B, Zr, Mo, Cu-Mg および Ca を Table 1 に示すごとく割合で添加した。脱酸剤添加後数分保持し、鋳込前に光高温計で测温し鋳込温度とした。Mg および Ca は反応激しく、他元素より少量添加した。またこれらの脱酸剤は鉄網に包み鉄棒の先に付けて熔湯中に押込んで反応させた。

試料採集方法は前報と同様で、鋳塊の下端より 25 mm

Table 1. Melting data of samples

Sample No.	Deoxidizers		Keeping time (mn)	Casting temp. (°C)
	Kind	Percentage		
Cr-05 Cr-1 Cr-5	Cr	0.5 1.0 5.0	3 3 3	1660 1670 1680
Mo-05 Mo-1 Mo-5	Mo	0.5 1.0 5.0	3 3 3	1660 1660 1660
W-05 W-1	W	0.5 1.0	2 2	1650 1640
V-05 V-1	V	0.5 1.0	3 3	1650 1660
Ti-05 Ti-1 Ti-3	Ti	0.5 1.0 3.0	2 3 3	1630 1640 1640
Zr-05 Zr-1 Zr-3	Zr	0.5 1.0 3.0	2 3 2	1635 1640 1640
B-05 B-1	B	0.5 1.0	3 3	1610 1620
Mg-002 Mg-005 Mg-01	Mg	0.02 0.05 0.1	3 3 3	1670 1650 1650
Ca-002 Ca-005 Ca-01	Ca	0.02 0.05 0.1	2 2 2	1640 1640 1640

上の横断面を検鏡面とし、エメリーペーパー 05 まで研磨後アルミナでバフ研磨した。

III. 顕微鏡的考察

(A) Cr 添加試料

Cr は Mn と V の中間の非常に弱い脱酸剤である。Cr 添加試料に観察された非金属介在物はほとんど単相のもので Photo. 1 に示すごとく角張った異形を呈し、その色はほとんど灰黒色であつた。このように角張った Cr の介在物はマトリックスの鉄よりも高い融点を持っていることを示し、したがってそれらは初晶として現われたものと考えられる。Cr-05, Cr-1 の試料には小さい球状の wüstite が認められ、これらはマトリックスの鉄の融点において部分的に液相であつたことを示している。また Photo. 1(d) に示すごとく二相の介在物が時として認められ、これは高温における wüstite と chromite の間の若干の溶解度の差異によるものと考えられ、chromite は結晶の成長により適した条件を与える液状非金属の小融滴中に位置したものと考えられる。