

Fig. 2. Notch factor distribution (NA) in relation to Pb contents.

い¹⁾ことも知られており応力集中を考慮した設計の場合はさらに若干の含鉛量の増加、わずかな分布の不良は許容し得ると考えられる。

III. 含鉛量の下限について

含鉛量の下限は切削性の要求より定まる。すなわち材料使用上の経済性から考えて、含鉛鋼にはある限度の切削性向上を期待するわけであるからこの線を満し得る含鉛量が必要である。

前報²⁾のごとく鉛の含有は切削性を向上させるが、0~0.1%の範囲の立ち上りは急であり、0.15%以上の勾配は漸次低減する。しかしてわれわれの製造条件では鉛分散の度合と切削性との間には相関は見出されなかつた。

鉛粒は主として切削時の工具擦摩面を潤し、焼付防止と潤滑作用をもって切削抵抗を下げ構成刃先を防ぐ働きをする。この作用は

切削性向上の主因であるが、含鉛による切削性通増曲線の勾配が含鉛量増加とともに低減し下凹み曲線となることは次のごとく説明される。

すなわち潤滑被覆が含鉛 0.1%にてす

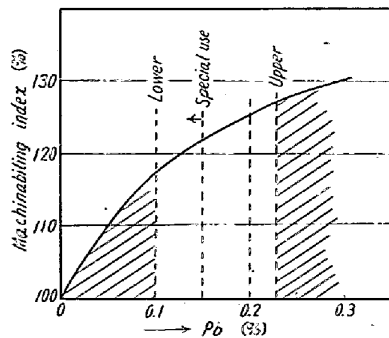


Fig. 3

でに界面に単原子層以上を構成し得ることからこの程度の量がきわめて有効に働き得るものと解釈され、さらに含鉛量を増すことは潤滑減摩層の確率を増すが含量と比例的に増加することは期待しがたい。

切削性向上の効果は Pb 0.10% 以上に分析値を管理した鋼について実験した結果についてさきに度々報告したが³⁾、一応経済性をも満足していると見られる²⁾。ゆえにここに主題とした含鉛特殊鋼においては製造上のバラツキをも考慮し 0.1% 付近を下限として適当と考える。

IV. 結 言

以上の考察の結論として 0.1% ないし 0.2% 前後の含鉛量を本主題の特殊鋼に対する含鉛量の妥当な範囲として確認することができるが、用途からの要求と製造技術の向上によつて最適範囲をさらに狭めて考えることができる。

1) Pb 0.10~0.15% の範囲はとくに高信頼度を要求される高応力または高耐久限の用途に振当てることができる。

2) Pb 0.15~0.22% の範囲は一般的に高抗張力に用い得るが、部品設計上切欠きを有する場合は幾分の上限の拡大は許容し得る場合もある。

文 献

- 1) 荒木, 他: 鉄と鋼, 45 (1959) 3 p. 240
- 2) 荒木, 他: 同上, 44 (1958) 9 p. 1097, p. 1100
- 3) ハーダー: 日本特許公報, 26~5007, p. 3, 4
- 4) W. Bardgett: 特殊鋼, Vol. 6 (1957) 7 p. 61
J. Woolman: J. Iron & Steel Inst., Vol. 165 (1950) July, p. 257
- 5) 荒木, 他: 鉄と鋼, 45 (1959) 3, p. 354;
" 43 (1957) 3, p. 402

(86) Si, Mn および Al による脱酸生成物について

(非金属介在物の研究—VI)

大阪府立大学, 工学部

工博 河合正雄・工〇木村 弘

工 野田 武

On the Deoxidation Product due to Si, Mn and Al.

(The study of non-metallic inclusions—VI)

Masao Kawai, Hiroshi Kimura, Takeshi Noda.

I. 緒 言

前報¹⁾において地疵の主原因は非金属介在物であると

考察したが、本報においては実験室における小型高周波電気炉により電解鉄を熔解し Si, Mn および Al を単独あるいは 2 種以上組合せた脱酸を行い、生成された脱酸生成物について顕微鏡的観察および清浄度を調査した。

II. 実験方法

普通鋼の非金属介在物は主として酸化物、硫化物、窒化物などより成り、これらの介在物の組成は、その生成過程により当然複雑なものと考えられる。また実際にもその分析成分および顕微鏡組織が複雑なものである。ゆえに本研究ではまず単一脱酸による介在物を調査し、次に複合脱酸による介在物を調査して、これらの顕微鏡的組織より一般鋼の介在物を類別する一資料とせんがための実験を行なった。

出力 2KVA の高周波電気炉により、外径 37 mm φ、内径 28 mm φ、高さ 110 mm のフェーズド・マグネシヤ坩堝を用いて市販の電解鉄 200 g を熔解した。全量熔解後脱酸剤として Fe-Si, Fe-Mn および Al を Table 1 に示す割合で添加し、2~30mn の所定時間 1650 ± 10°C に保持後、15 mm φ × 60 mm の試料に鑄込み、底部より 25 mm の位置で切断し、この面をエメリー紙で 05 まで研磨後、バフ研磨仕上げを行なつて検鏡試料とした。試片は学振第 3 法により清浄度を測定した。その視野数は標準回数 60 視野である。また学振第 1 法により 1 mm² 当りの非金属介在物の大きさ別の個数を 30 視野の平均により測定した。すなわち非金属介在物の平均直径 10~19 μ, 20~49 μ, 50~99 μ, 100~499 μ, 500~1000 μ および 1000 μ 以上に分類した。

III. 実験結果および考察

1. 清浄度

熔製した試料の真空熔融法による酸素分析値の一例を示せば Table 2 のごとくである。

これによると熔解別および試料採取位置などにより成りのばらつきはあるが、無脱酸のもので平均 0.2% O₂ Fe-Si および Al で脱酸したものは 0.18~0.19% O₂ となつている。一般にキルド鋼に含まれる酸素量は 0.002~0.010%, リムド鋼でも 0.020~0.030% となつている。ゆえにこの試料は一般リムド鋼の約 10 倍の酸素を含み、少量の試料を高周波炉で大気熔解したため酸化がはなはだしかつたことが判る。無脱酸の試料の酸素量約 0.2% O₂ は Fe-O 系状態図の共晶点 (1528°C 0.16% O₂) 以上の酸素を含み、1650°C 付近では単一熔鉄相をなすが、1570°C 付近より熔鉄中に別個の熔融酸化物相として存在し、これが温度の低下とともに成長し

Table 1. Melting data of samples.

Sample No.	Deoxidizer		Keeping time (mn)	
	kind	percentage		
O-1	—	—	2	
A-1	Al	0.25	2	
A-2		〃	10	
A-3		〃	30	
A-4		0.50	15	
A-5		1.00	10	
A-6		2.50	20	
S-1	Si	0.15	2	
S-2		〃	10	
S-3		〃	30	
S-4		0.50	10	
S-5		1.60	30	
S-6		2.00	20	
M-1	Mn	0.75	2	
M-2		〃	10	
M-3		〃	30	
M-4		2.00	15	
M-5		4.00	30	
M-6		6.00	10	
C-1	(Mn (1) Si (2))	(0.53 0.24)	2	
C-2		(0.24 1.00)	10	
C-3		(1.00 0.60)	30	
C-4		(0.60 0.60)	10	
D-1	(Si (1) Mn (2))	(0.24 0.53)	2	
D-2		(0.53 0.60)	10	
D-3		(0.60 1.00)	30	
D-4		(1.00 1.00)	12	
E-1	(Mn (1) Si (2) Al (3))	(0.53 0.24 0.10)	2	
E-2		(0.24 0.24 0.10)	10	
E-3		(0.10 0.24 0.10)	30	
F-1	(Al (1) Mn (2) Si (2))	(0.53 0.24 0.10)	2	
F-2		(0.24 0.24 0.10)	10	
F-3		(0.10 0.24 0.10)	30	
G-1	(Mn (1) Al (2))	(1.00 0.20)	10	
G-2		(Al (1) Mn (2))	(0.20 1.00)	10
H-1	(Si (1) Al (2))	(0.60 0.20)	10	
H-2		(Al (1) Si (2))	(0.20 0.60)	10
J-1	(Si (1) Mn (2) Al (3))	(0.60 1.00 0.20)	10	
J-2		(Mn (1) Si (2) Al (3))	(1.00 0.60 0.20)	10
J-3		(Al (1) Mn (2) Si (3))	(0.20 1.00 0.60)	10

共晶点で δ 鉄と熔融酸化物となり、さらに冷却後それ自身の凝固点 (1371°C) 付近で凝固したものと考えられ

Table 2. Analysis of oxygen.

Sample No.	O ₂ (%)	Sample No.	O ₂ (%)
O-1-1	0.3767	O-2	0.1497
O-1-2	0.2778	O-3	0.1719
O-1-3	0.2929	S-1	0.1848
O-1-4	0.2161	A-1	0.1872

Table 3. Cleanliness.

Sample No.	Cleanliness (%)		
	Center	Periphery	Mean
O-1	1.55	1.00	1.36
A-1	1.12	0.86	0.99
A-2	1.68	0.78	1.23
A-3	2.78	1.12	1.95
A-4	0.90	0.71	0.81
A-5	2.33	1.35	1.76
A-6	1.84	2.13	1.99
S-1	1.17	0.75	0.96
S-2	1.23	0.86	1.20
S-3	1.60	1.05	1.33
S-4	0.67	0.65	0.66
S-5	0.18	0.13	0.15
S-6	0.36	0.22	0.29
M-1	0.95	0.73	0.84
M-2	1.30	0.73	1.01
M-3	1.83	1.23	1.53
M-4	0.42	0.41	0.41
M-5	0.24	0.23	0.28
M-6	0.20	0.09	0.15
C-1	1.34	0.65	1.00
C-2	1.37	0.67	1.02
C-3	1.66	0.91	1.28
C-4	0.53	0.34	0.43
D-1	0.77	0.42	0.59
D-2	1.26	0.66	0.96
D-3	2.32	1.04	1.70
D-4	0.13	0.11	0.12
E-1	1.11	0.63	0.88
E-2	1.36	0.96	1.13
E-3	2.23	0.83	1.53
F-1	0.94	0.58	0.76
F-2	1.02	0.59	0.81
F-3	0.98	0.58	0.79
G-1	0.49	0.54	0.52
G-2	0.29	0.33	0.31
H-1	0.57	0.53	0.55
H-2	0.72	0.63	0.68
J-1	0.29	0.07	0.18
J-2	0.28	0.38	0.33
J-3	0.35	0.28	0.31

る。

学振第3報により 60 視野における格子点中心数より求めた清浄度の結果は Table 3 に示すごとくである。測定個所は中央部および周辺部につきおのおの 30 視野ずつ測定し、それぞれの清浄度および両者の平均値を求めた。

Table 3 に示すごとく、清浄度が最もよいのは D-4 の試料の 0.12% である。これは 0.6% Si, 1.0% Mn の同時脱酸で保持時間12分のものである。次に清浄度のよいものは S-5 および M-6 であり、それぞれ 1.6% Si および 6.0% Mn の単独脱酸のものである。Al による脱酸では最もよい清浄度を示すものでも 0.66% と可成り大きい値を示している。Al は脱酸能力が大きい、清浄度より見る時は Fe-Si, Fe-Mn による脱酸に劣るように思われる。すなわち Al 脱酸により生成された非金属介在物はスラグオフされることは少く、ほとんど鋼中に止るものと考えられる。

単独脱酸した場合の脱酸元素量と清浄度との関係は Fig. 1 (省略)のごとくである。Si および Mn 脱酸の場合は脱酸元素量が増加するにつれてその清浄度はよくなっている。しかるに Al 脱酸の場合は一定の傾向がない。[O] と [Si], [O] と [Mn], [O] と [Al] の関係は Fig. 1 (省略) の点線で示すごとく関係にあり、Si および Mn は清浄度曲線と類似の傾向を示す。すなわちこのことは Si 脱酸および Mn 脱酸の場合は熔鋼中の [O] と清浄度は密接なる関係のあることを示す。しかるに Al で脱酸した場合は一般に清浄度が非常に悪く、大きく分散し一定の傾向を示さなかつた。これは高周波の出力が小さく、したがって熔湯の温度を十分に高くできなかつたこと、脱酸生成物である Al₂O₃ の融点が非常に高く熔鋼中で固体の状態にあると考えられる Al₂O₃ が熔鋼対流の際表面スラグに付着除去される機会の少なかつたこと、また Al₂O₃ が非常に小さくエマ

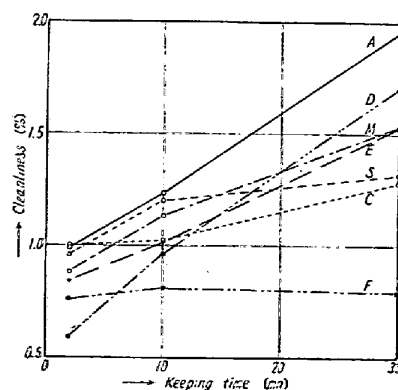


Fig. 2. Relation of cleanliness and keeping time.

ルジョンを作り熔鋼対流に打勝つて浮上する機会の少なかつたこと、とくに Al 添加量の多い時は Al₂O₃ のため熔鋼の流動性がいちじるしく阻害されて介在物はそのまま分離されず清浄度が悪く

なつたものと考えられる。

次に保持時間と清浄度との関係を Fig. 2 に示す。これより明らかなごとく保持時間が長くなるにつれて清浄度は悪くなっている。これは脱酸剤添加後も熔鋼の表面は外気に露出し湯の対流のため酸化ざれやすい状態にあり、保持時間の増加とともに酸化が進行して Wüstite が増加したためと考えられる。

2. 非金属介在物の大きさの分類

Table 4. Number of sand marks.

Sample No.	No. of sand marks				
	10~19 μ	20~49 μ	50~99 μ	100~499 μ	500~1000 μ
O-1	342	75	0	0	0
A-1	75	16	4	4	0
A-2	208	8	0	0	0
A-3	698	41	1	0	0
A-4	34	2	0	0	0
A-5	—	—	—	—	—
A-6	—	—	—	—	—
S-1	50	0	0	0	0
S-2	22	1	0	0	0
S-3	427	84	8	1	3
S-4	20	5	0	0	0
S-5	12	0	0	0	0
S-6	43	7	0	0	0
M-1	22	4	0	0	0
M-2	35	1	0	0	0
M-3	423	58	2	0	0
M-4	71	14	1	0	0
M-5	217	48	0	0	0
M-6	26	9	1	1	0
C-1	45	6	0	0	0
C-2	260	42	2	8	1
C-3	121	5	1	0	0
C-4	15	1	1	0	0
D-1	5	1	0	0	0
D-2	4	0	0	1	0
D-3	354	32	0	1	0
D-4	14	1	0	0	0
E-1	13	1	0	0	0
E-2	103	2	0	0	0
E-3	374	22	1	1	0
F-1	32	4	0	0	0
F-2	21	0	0	0	0
F-3	8	2	0	0	0
G-1	17	0	0	0	0
G-2	51	6	1	0	0
H-1	33	13	0	0	0
H-2	407	54	0	0	0
J-1	107	8	0	0	0
J-2	49	0	0	0	0
J-3	5	0	0	0	0

10 μ 以上の介在物を数えて大きさ別に分類した結果は Table 4 のごとくである。

10~19 μ の介在物は圧倒的な多数を示し、20~49 μ になると可成り減少し、50 μ 以上の介在物は数えるほどしかない。これらのうち、大型介在物はほとんど FeO 系であり、500 μ 以上の介在物はスカムのまくれ込みによるものと観察された。

Table 4 より 1 mm² 当りの平均介在物数を求めると Table 5 (省略) のごとくである。1 個の平均径は 15~18 μ のものが最も多く、1 mm² 当りの平均介在物数は 0.17 ないし 25.01 の範囲にあり保持時間が長いと一般に介在物個数は多くなっている。

3. 顕微鏡的考察 (省略, 会場にて幻灯説明)

IV. 結 言

以上を要約すると次のごとくである。

鋼中の非金属介在物は一般に主として酸化物である。本研究では生成過程の比較的簡明な単純酸化物を作る目的で電解鉄に Fe-Si, Fe-Mn および Al の脱酸剤を単独にあるいは 2 種以上添加し生成された鋼中の酸化物について形状, 色彩, 分布などを観察した。

1) FeO は球状をなし薄灰色を呈して本実験の非金属介在物の大部分を占め、とくに大型のものは FeO 系であつた。

2) FeO·SiO₂, 2FeO·SiO₂, MnO·SiO₂, 2MnO·SiO₂ なども稀に観察された。

3) 試料全体がきわめて急冷されているにもかかわらず外周部は中心部に較べて介在物が少く、後者の約 70 % 程度であつた。

4) 脱酸曲線と脱酸元素量—清浄度曲線とは類似の関係にあるように考えられる。

5) 脱酸元素量が増すほど清浄度はよくなると考えられる。

文 献

- 1) 鉄と鋼, 44 (1958) No.11, p. 1273