

状態にはつきりした差は見られなかった。

(ii) 硫化物、酸化物共に圧延比が大きくなるに従って伸びが伸び、更に大きくなると切れ切れになつていく。圧延比 70 の試料においては殆んどが上記状態になり、従つて変形指数の算定は行なわなかつた。また、圧延比が大きくなるに従つて変形の増加の割合は少なくなり、一般に硫化物の方が酸化物よりも各温度各圧延比を通じて伸びが伸び易いことが認められた。なお、圧延した場合に、介在物内には何れの場合にも亀裂または破壊の現象は見られなかった。

(iii) 硫化物の場合、圧延温度が低い時すなわち1000°C 以下の圧延の場合の変形指数の方が高い圧延温度の場合よりも大きくあらわれた。酸化物については、はつきり認められていないが、ある場合にはその逆の結果もあらわれている。これらは、圧延温度により、介在物の可塑性とマトリックスの可塑性の関係が変わるためと考えられる。

(iv) 介在物の大きさと変形の割合を調べた結果、介在物が大きくなるに従つて変形の割合も大きくなる。

文 献

- 1) P. H. FRITH: J. Iron & Steel Inst.(U.K.), 180 (1955), p. 26
- 2) R. F. JOHNSON et al: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 196 (1960), p. 414
- 3) E. SCHEIL et al: Stahl u. Eisen, 72 (12) (1952), p. 683
- 4) F. B. PICKERING: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 189 (1958), p. 148
- 5) 学振資料19委 No.6739, No.6907 (八幡製鉄): 内山: 日本鉄鋼協会昭和38年春季講演大会発表. その他

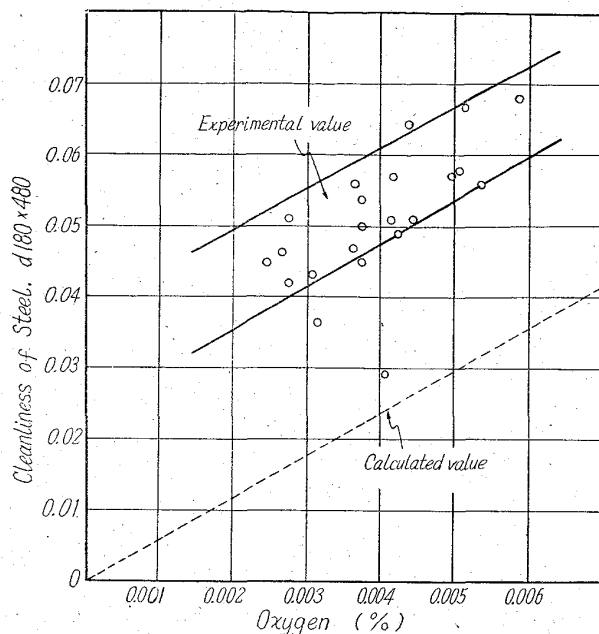


Fig. 1. Effect of oxygen on the cleanliness of steel.

それらの割合が知られなければならないが、実際には一応実例による平均値を使用すれば、もともとがおよその推察であるから大して問題にはならない。

このようにして求めた酸素量の変化による実測値および比重から推算した結果を併せて Fig. 1 に示したが、実測値および計算値が変化の様子はよく一致している。一方全酸素量を分析する真空溶融法による酸素分析値と、酸化物中の酸素を分析するサンド分析値とはよく一致するから、実質的には固溶する酸素は無視し得ると考えられる。従つて清浄度は硫黄量が一定の時は、全酸素量の変化に従つて一元的に表わされる。同様な考察は硫黄に対しても加えられ、その結果清浄度は

清浄度 =  $f$  (全酸素, 全硫黄, 固溶した硫黄) で表わされると考えられた。硫黄は酸素に比して含まれる量が多いので、この変動は清浄度に特に大きく影響する。

一方微視的介在物は大部分が dendrite の樹間に存在することが明らかにされた。従つて微視的介在物の大部分は溶鋼中に溶解していた酸素、硫黄が凝固過程で析出されたものと考えられる。

III. 非金属介在物の長さに対する統計的考察

一定面積に現われる伸ばされた介在物の長さや数を全数測定した。これらの結果を Fig. 2 に示した。この結果から介在物の長さの分布型は下に示した指数関数で示される。

$$f(x) = \lambda e^{-\alpha x} \dots \dots \dots (1)$$

$f(x)$ : 介在物の長さが  $x$  になる確率

$\alpha, \lambda$ : 恒数

Fig. 2 から (1) 式は具体的には

$$f(x) = 2e^{-2x} \dots \dots \dots (2)$$

となる。一方この検鏡面を含んだ試験片全面からは、0.66mm以上の長さの地疵が11コ存在していた。一般に微視的介在物の長さの分布が (1) 式で表わされるとすると、この11コの大型介在物は有意の差を以て、(2) 式に

620,192,45 = 620,186 = 620,184

(112) 地疵と微視的介在物との関係について 63302.

関東特殊製鋼 ○泉田和輝

Relation between Macroinclusion and Microinclusion. 1470~1472.

Kazuteru SENDA.

I. 緒 言

鋼中に存在する非金属介在物を仮にその大きさに従つて、巨視的介在物と微視的介在物に分けることとする。先づ微視的介在物の量すなわち清浄度の支配因子について、大局的に考察を加え、次で巨視的介在物すなわち地疵との関係を究明し、地疵生成機構の解明の一助とすべく若干の考察を加えた。なお対象とした鋼種は特に断りのない限り、0.80% C, 1.8% Cr の高炭素クロム鋼である。

II. 微視的介在物

この場合酸化物、硫化物の2つを取扱えば充分と思われる。先づ酸素が鋼中に固溶しないで、全部酸化物として析出していると考え、酸化物の比重からそれが鋼中でしめる面積率が求まる。但し酸化物の結晶形、種類、

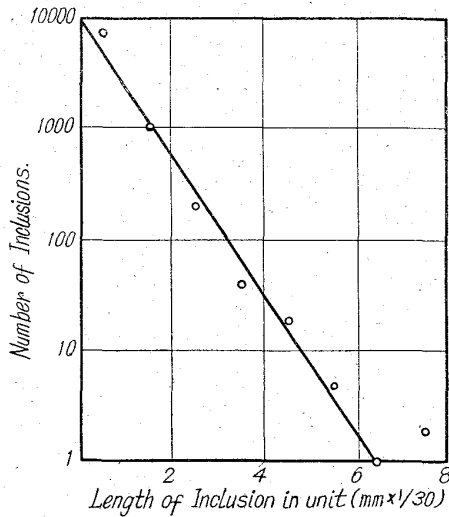


Fig. 2. The distribution of length of inclusion.

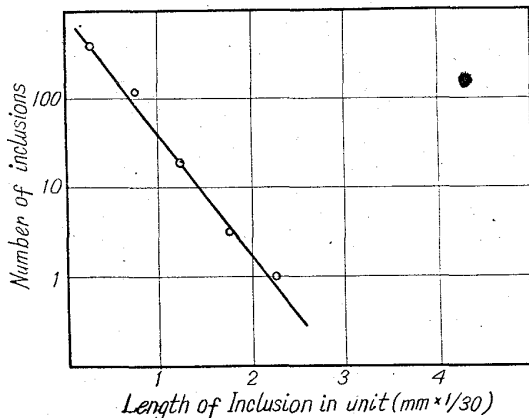


Fig. 3. The distribution of length of inclusion. (Melted by consumable electrode vacuum arc furnace).

乗らないことが明らかにされた。

他の試料についても同様の検討を試みた結果、介在物の長さの分布型は(1)式で表わされる微視的介在物と、地疵を表わすと考えられる別の分布との複合型の分布をなすことが明らかになった。従つてこの2つに分れた分布の形から、それぞれ別々の支配因子を考えた方が自然であると推定される。すなわち微視的介在物も地疵もともに主に酸化物より形成されるという共通の事実の他に、これとは独立に介在物を大きな形で存在させる別の因子が加わることによつて、地疵の増減が左右されると考えられ、下の式によつて表わされる。

$$\text{地疵} = f(\text{清浄度}, y) \dots\dots\dots (3)$$

なおほぼ全く地疵が現われないことがない消耗電極式真空アーク溶解によるものは Fig. 3 に示したように、先の指数関数で示される直線で、すべての介在物は完全に表わされるから、このことはこの関数は微視的介在物の分布型を示すことの証明になり得ると考えられる。

#### IV. 地疵生成条件の考察

そこで前項で  $y$  によつて示される特有の因子について項目別に検討を加えることとする。

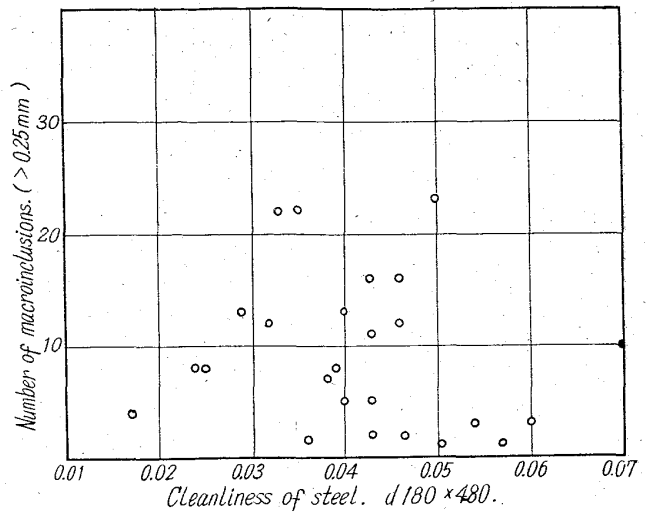


Fig. 4. Relation between cleanliness of steel and macroinclusion.

#### i) 空気酸化

先に報告したように<sup>1)</sup>、鑄込時の空気酸化によつて地疵の生成が助長されることが明らかにされた。しかしこの種の鋼種では、空気酸化によつても酸素富化はされなかつた。このことから当然想像されるように地疵と清浄度の間には何等の関係も認められなかつた。Fig. 4 参照

#### ii) 耐火物

耐火物が地疵の発生原因になり得ることは多くの文献に認められる所であるが、先の報告中で述べたようにことさらに耐火物の溶損がなくても、地疵の生成が助長される場合がある。

#### iii) ピンホール、ブローホール

ピンホール、ブローホールそのものは熱間加工の際に圧着して直接地疵とはなり得ないが、気泡偏析による介在物が存在する場合がある。この種の介在物は大型で、充分地疵になり得ると思われる。

#### iv) Microshrinkage

鋼塊の中央に行くほど多く認められるこの空孔は、cell の境界に存在するから、dendrite の樹間部分が凝固する時溶鋼の不足を来し、微視的な shrinkage を生じたものと推定される。この際水素酸素などのガス圧も影響したものと思われる。microshrinkage は内部に巨大な介在物が存在することが多く、一応地疵にもなり得るとも考えられるが、表面に近い所では問題にならないと思われる。

#### v) B型介在物

微視的介在物ではあるが、一直線上に長くつながつて現われるので、地疵として認められる場合があるように思われる。

#### iv) 異物の巻込

鑄型中に藁を入れておいて鑄込む時、明らかに藁が巻込まれ、これに大量の  $\alpha$ -クリストバライトなどが析出している場合がある。このことは藁の燃滓を発生核として酸化物が生成されたものと考えられる。

#### V. 総括

高炭素クロム鋼について地疵と微視的介在物との関係

について考察を加えた結果

i) 微視的介在物は溶鋼中に溶解していた酸素、硫黄が凝固過程で析出したもので、その量はそれらの総量と一部固相に固溶する硫黄の割合によつて決る。

ii) これに対して地疵は、全介在物の長さを統計的に検討した結果、微視的介在物とは異なる素因によつて特に巨大な介在物が生成したものと考えられる。

iii) その素因として、溶鋼の空気酸化、ブローホール、巻込まれた異物が発生核になつたものなどが考えられた。

### 文 献

- 1) 泉田: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 438

669,122: 669,046,51-982

### (113) 純鉄の真空溶解

(純鉄の研究—II) 63303

早稲田大学理工学部 工博 草川隆次  
○大谷利勝

### Vacuum Melting of Pure Iron.

(Study on pure iron—I) 1472~1474.

Dr. Takaji KUSAKAWA and Toshikatsu OTANI.

### I. 緒 言

純鉄には前報で述べたように各種のものがあるが、その中からわが国で比較的大量に生産されている次の3種の純鉄について真空溶解を行ない、その性質を調べた。

- 1) 電解により製造された純鉄—電解鉄
- 2) 電気炉精錬により製造された純鉄—電気炉純鉄 (以後これを電気炉純鉄という)
- 3) 純酸素転炉製鋼法により製造された純鉄 (以後これを転炉純鉄という)

はじめにこれら純鉄を何も添加せずに真空溶解してその性質を比較検討した。一般に純鉄は真空溶解のみを行なつてもなお多量の酸素が残っている。また真空溶解により著しく結晶粒度が粗大化し、低炭素のものに脆化するものが生じた。そこでこれに微量の炭素を添加してその影響および脱酸の効果を他の脱酸剤と比較しながら検討した。

### II. 実験方法、実験結果および考察

真空溶解の対象とした3種の純鉄の化学組成は Table

Table 1. Chemical composition of vacuum melted pure irons. (%)

Specimen No.	Pure iron	Treatment	C	Si	Mn	P	S	O (ppm)	N (ppm)
1-1	Electrolytic iron	As received	0.0055	0.003	0.003	0.003	0.004	—	—
1-2		V. I.	0.0033	0.003	Tr.	0.003	0.003	410	60
1-3		V. I.-V. A.	0.0031	0.003	Tr.	0.003	0.003	210	35
2-1	Pure iron manufactured in electric furnace	As received	0.0102	0.008	0.007	0.006	0.007	1420	78
2-2		V. I.	0.0029	0.009	0.004	0.005	0.006	781	42
2-3		V. I.-V. A.	0.0030	0.008	Tr.	0.005	0.006	312	40
3-1	Pure iron manufactured in converter	As received	0.0160	0.007	0.020	0.006	0.011	686	106
3-2		V. I.	0.0064	0.007	0.010	0.006	0.010	270	82
3-3		V. I.-V. A.	0.0063	0.007	0.007	0.006	0.011	195	80

V. I.: Vacuum induction melt. V. A.: Vacuum arc melt.

1中に示す。

### 1) 脱酸剤を使用しない真空溶解

電解鉄、電気炉純鉄、転炉純鉄を何も添加せずに真空高周波溶解し、さらにそれを電極材として真空アーク溶解を行なつた。

i) 真空高周波溶解 使用した真空高周波電気炉は最大溶解量 30 kg, 到達真空度  $1 \times 10^{-3}$  mmHg, 内熱式 batch type のもので溶解量は 25 kg とし、マグネシアルツボを使用した。造塊は約  $1 \times 10^{-2}$  mmHg 下で行ない、造塊後約 5 h 真空に引き、その後ポンプを停めてそのままに保ち、約 20 h 後にとり出した。

ii) 鍛造 試料を約 30 mm  $\phi$  に鍛造し、(鍛造比約 1/10) 完全焼なましを行なつた。(940°C  $\times$  3 h)

iii) 真空アーク溶解 30 mm  $\phi$  に鍛造した前記試料を皮削りした後、これを電極として消耗電極式真空アーク炉による溶解を行ない、50 mm  $\phi$   $\times$  150 mm のインゴットを調製した。溶解時の炉内真空度は  $1 \sim 8 \times 10^{-3}$  mmHg, 溶解電圧は 30~40 V, 溶解電流は 700~800 A とした。

iv) ガス分析 真空溶解したインゴットの上から約 1/4, 表面から約 1/3 中心に入つた位置より試料を採取し、酸素はキャピラリートラップ法、窒素は水蒸気蒸留法により分析を行なつた。

真空溶解による成分変化を Table 1 に示す。これによると真空高周波溶解により C, Mn, O, N の減少がみられ、真空アーク溶解では Mn と O の減少がみられるのみである。これは真空高周波溶解においては熔融状態に約 15 mn 保つたのに対し、真空アーク溶解では小型炉で水冷純銅ルツボを使用した結果、熔融状態にある時間がきわめて短いためと考えられる。

v) 機械的性質試験 ii) で調製した試料について引張強さ、伸び、絞りを測定した。その結果を Fig. 1 ~ Fig. 2 に示す。電気炉純鉄については電解鉄の場合と同じ傾向となつた。

vi) フェライト結晶粒度 v) と同様の試料について JISG 0552 法に基いてフェライト結晶粒度を測定した。その結果は Fig. 1, Fig. 2 中に示す。電気炉純鉄の場合は大気溶解=5.0, 真空溶解=1.9となつた。

真空溶解により結晶粒度はいずれの場合も粗大化している。一般の場合とは異なり電解鉄と電気炉純鉄は真空溶解により伸び、絞りが著しく低下している。これに反