

Si 脱酸一次生成物の静止鉄浴中における 浮上速度と凝集性について*

669.046.558.3:669.782:669.046.552.5:546.284-31
 On the Floating-up Velocity and the Coagulability of the Primary
 Products in Si-Deoxidation in a Static Iron Bath

Saburo KOBAYASHI and Hisashi NISHIUMI

Synopsis:

For the deoxidation of iron melt with silicon, a study has been made to investigate the floating-up velocity of the particles of the primary product in the static iron bath and the coagulation of them on the way of floating-up.

The results obtained are as follows;

1) The floating-up velocity of the particles of the primary product consisting of components SiO_2 and FeO obeys better a velocity equation $v = (3/2)(\Delta\rho \cdot g / 18\eta)x^2$ rather than Stokes' equation $v = (\Delta\rho \cdot g / 18\eta)x^2$, where x is radius of a particle.

2) The so called "local reaction heat effect" is possible to stimulate the growth of the primary products by coagulation in the early period of deoxidation. Therefore, when the amount of reactant or added silicon is large which would increase the heat effect, and the agitation is strong, the number of coarse particles will increase.

As a result, the separation of the primary product from the bath becomes more rapid with the increase of added silicon.

3) When the amount of added silicon is small, the coagulation of the products is poor in the early period of deoxidation because of the small heat effect. However, the separation of the products is as rapid as in the case of the large amount of added silicon, for there is some composition range favourable for the coagulation on the way of floating up in the bath.

4) The amount of added silicon does not essentially affect the floating-up removal rate of the primary product in high silicon range.

5) When the concentration of the suspension of the inclusion particles in the bath is high, all the particles contribute almost equally to the coagulation on the way of floating up independently of radii.

6) In case that the primary deoxidation products are some oxide mixtures, the constitution of chemical composition of the particles has a considerable influence on the floating-up removal rate from the bath.

(Received June 19, 1968)

1. 緒 言

前報¹⁾で記述した方法に基づき Al 脱酸における Al_2O_3 - FeO 系一次生成物粒子の静止鉄浴中での浮上速度および浮上途中での介在物粒子間の凝集性に関して検討した結果²⁾, Al_2O_3 粒子の浮上速度は Stokes の法則に従うが, 凝集作用を有すると思われる脱酸生成が同時に生成する条件下では, Al_2O_3 - FeO 系粒子の Stokes 径の増大のために浮上分離速度は著しく高まることが明らかになった³⁾.

一方 Al とならずに鋼の化学脱酸剤として用いられている Si による脱酸の場合についても SiO_2 粒子の静止鉄浴中における浮上速度に関して最近 2, 3 の研究^{4,5)}が報告されているが, 介在物間凝集性を考慮していない点でなお問題があると考えられる。本研究では従来遂行してきた Al 脱酸の研究方法を基礎としながら Si 脱酸時

* 昭和42年10月本会講演大会にて発表
昭和43年6月19日受付

** 東北大学選鉱製錬研究所

*** 大阪府立大学工学部

の SiO_2 系一次脱酸生成物粒子の静止鉄浴中における浮上速度と浮上途上での粒子間の凝集性に関する検討を行なった。

2. 実験方法

前報³⁾と同様に静止鉄浴中の2つの相異なるレベルから時間経過とともに同時に溶鉄のサンプリングを行なう方法を踏襲した。この方法を採用する理由とその特徴は前報で詳述したが、要約すると脱酸化学反応はすでに完了しており、生成した一次脱酸生成物の組成は粒子間で均一であり、その生成物は浴中に均一に分散している場合には浮上粒子の真の浮上速度と浮上途上での粒子間の凝集効果による見かけの浮上速度とを区別できると同時にその凝集効果をも把握できるためである。

加熱装置は従来使用したものと同一である。内径 50 mm ϕ 、高さ 150 mm の平底型 MgO るつぽを用い、電解鉄約 1.7 kg を溶解し浴の深さを約 130 mm とした。浴面下 10 mm を除くほかの浴部分の温度は 1600°C において $\pm 5^\circ\text{C}$ の均熱性が保障された。溶解実験はすべて 1600°C において行ない清浄アルゴンを 3 l/min 炉内に流し炉内雰囲気を中性に保ちながら鉄浴面には別に 0.5 l/min の清浄アルゴンを吹きつけ雰囲気による鉄浴の酸化を防止した。

溶解方法および処理法はつぎのとおりである。すなわちまず 1580°C 付近の温度に保持した鉄浴中へ清浄酸素を吹き込み脱酸前の溶解酸素量を 0.05~0.1% に調節したのち金属シリコンを添加し、羽根つき石英製攪拌棒で 30 sec 間激しく浴を攪拌し脱酸化学反応の進行と浴の均一化をはかる。その直後 10 sec 以内にならば底面から 40 mm および 90 mm のレベルから同時に初期サンプルを静かに採取し、この時点を経鉄浴静置の開始点とし holding time=0 とした。このときすでに脱酸反応熱のために鉄浴の温度は 1600°C 付近に上昇しているが、その後もこの温度に保ちつつ時間経過とともに前述の各レベルから石英管（外径 4 mm ϕ ）によつて試料約 10 g を同時に

静かに吸引採取した。時間 $t = 0$ における一次脱酸生成物の粒度分布および化学組成を決定するためのサンプルからの介在物の抽出はヨードアルコール法によつた。これは抽出過程で介在物の形状、粒度および組成等なるべくそこなわないようにするためである。 $t = 0$ も含め時間の経過によるサンプル中の SiO_2 量決定のための介在物抽出には温硫酸法を用いた。この SiO_2 量に注目しその除去速度をもつて一次生成物の除去速度とした。抽出物中の (SiO_2) 成分はモリブデン青法、また (FeO) 成分は O-フェナンスロリン法により分析した。粒度分布は前報と同様抽出物 5~10 mg を用いて光透過法によりもとめた。

3. 実験結果

本実験における脱酸剤の溶解酸素量、脱酸添加後の Si 濃度および一次脱酸生成物の組成を Table 1 に示した。ただし一次生成物は SiO_2 - FeO 2 元系と考えた。

またこれらの溶解のうち静止鉄浴中の残留% SiO_2 および溶鉄中の Si 濃度と静置時間との関係を、[%Si] が高い場合を Fig. 1 に、低い場合を Fig. 2 に示した。図中○および△はそれぞれレベル 40 mm および 90 mm における浴中残留 % SiO_2 、[%Si] の実測値を示す。Fig. 2 の曲線 Hob および Lob は上部レベルおよび下部レベルの測定点を結んだものである。

Cumulative undersize fraction $D(x)$ を示した Fig. 3 から、粒子の密度を純粋な SiO_2 の密度 2.21 g/cm³ にとり粒子が Stokes の法則に従つて沈降液中を沈降するものとして測定した初期サンプルからの抽出物の size frequency は各溶解を通じて 0 から始まり Stokes 径で直径 10~30 μ において最大となり、最大粒径は 150~200 μ であることがわかる。

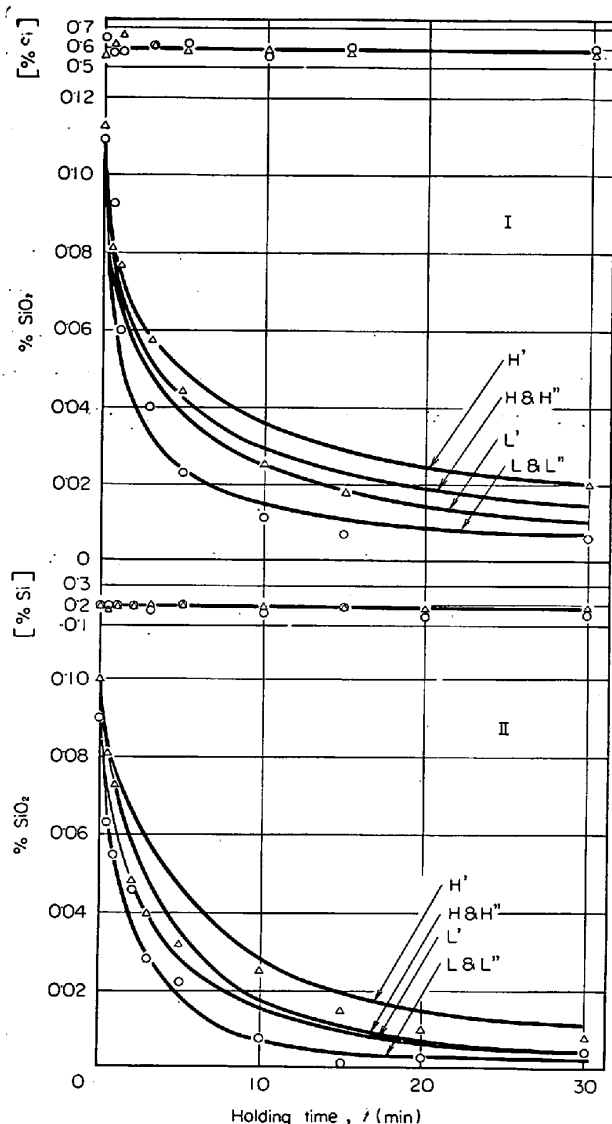
4. 考察

4.1 実験上の必要条件

本研究方法を採用する際の必要条件は浴が静止かつ均

Table 1. Si content in the melts and FeO content in the deoxidation products extracted from the initial samples by iodine-alcohol method at 1600°C.

Charge No	I		II		III	
[%O] before deoxidation	0.0843		0.0841		0.0628	
[%Si] after deoxidation	0.6		0.2		0.02	
Levels in a melt	40 mm	90 mm	40 mm	90 mm	40 mm	90 mm
FeO content in the products	18.5%	12.0%	29.7%	4.07%	25.8%	15.1%
Average	15.3%		16.9%		21.0%	



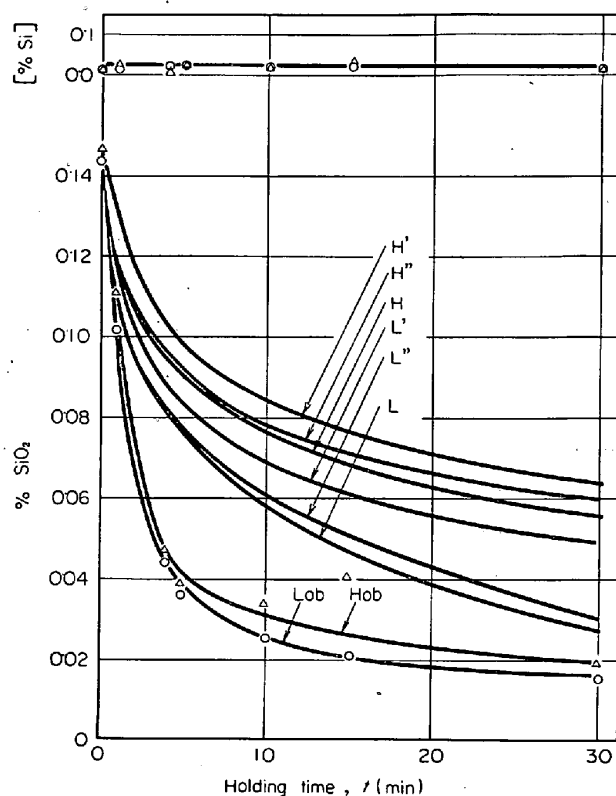
Curve-pairs (H,L), (H',L') and (H'',L''); theoretical runs by the combinations ①, ③ and ④ respectively. H; upper level, L; lower level. Points Δ and $\circ$; observed values at upper and lower levels respectively.

Fig. 1. Runs of deoxidation with silicon at 1600 °C in case of charge No I and II.

一であるほか基本的なものとして

- a) $t = 0$ においては脱酸化学反応は完了し化学平衡に達している
- b) $t = 0$ においては生成物は浴中に均一に分散している
- c) 生成物の密度は粒子間で同一であることが挙げられる。

最近 Si 脱酸の機構に関して新たな興味ある見解が坂上⁶⁾により提出されているので条件 a) はなお議論の余地を残すかも知れないが、宮下⁷⁾の報告に基づくならば、さらに本実験のごとく Si 添加後 30 sec 間浴を十分

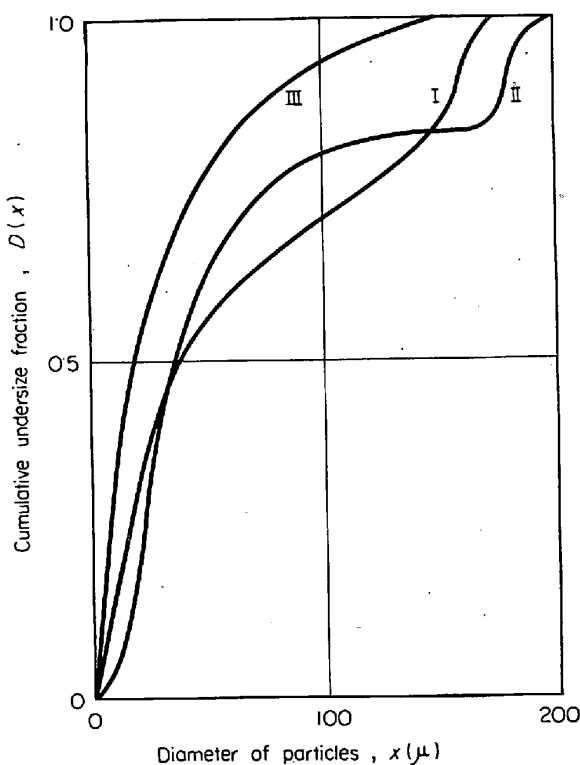


Curve-pairs (Hob,Lob), and (H,L), (H',L') and (H'',L''); observed runs, and theoretical runs by the combinations ①, ③ and ④ respectively. H: upper level, L: lower level. Fig. 2. Runs of deoxidation with silicon at 1600 °C in case of charge No III.

攪拌し脱酸剤の溶解、拡散を促進していることを考慮すれば、条件 a) は満足されていると考えられる。実際 Fig. 1 および 2 において [%Si] は時間に対して $t = 0$ から両レベルにおいてほとんど一定しており、とくに Fig. 2 では %Si が低い場合にも全く一定している。

また各溶解を通じて攪拌終了時から初期サンプル採取までの数 sec 間に粒子がある程度浮上するために下レベルにおける残留 %SiO₂ が上レベルにおけるそれより僅かに低い値をとるとはいえ、両レベルの $t = 0$ における残留 %SiO₂ はかなりよく一致しているので、条件 b) も満足されているものと考えてよい。

つぎに下レベルにおける初期サンプル中の介在物の組成は上レベルにおけるそれと一致せず溶解間で程度の差こそあれ下レベルの FeO 含有量が上レベルより高くなっていることが Table 1 からわかる。いま常温と実験温度での FeO, SiO₂ の密度の差は小さいと考え、介在物 (SiO₂-FeO) mixture の密度は $\rho_{\text{SiO}_2} \cdot N_{\text{SiO}_2} + \rho_{\text{FeO}} \cdot N_{\text{FeO}}$ で近似できるとし、常温での $\rho_{\text{SiO}_2} = 2.21$, $\rho_{\text{FeO}} = 6.00$ とすれば、この現象は攪拌終了直後において浴中に懸濁している介在物の化学組成が粒子間で同一でな



Curves I, II and III; $D(x)$ of charge No I, II and III respectively. $\rho_p = \rho_{SiO_2}$

Fig. 3. Relations between $D(x)$ and diameter of particles.

く、最初は浴中に均一に分散していても相対的に密度の小さい粒子、換言すれば SiO_2 成分の多い粒子ほど上部へ浮上するのが早いために攪拌終了から初期サンプル採取までの数 sec 間に浴の上下方向に介在物の成分濃度に一定の勾配が生ずるためと説明づけられよう。

静止鉄浴中の残留 $\%SiO_2$ の時間変化を、速度式⁸⁾

$$v = \frac{(\rho_b - \rho_p)g}{18 \cdot \eta} \cdot \frac{3\eta + \beta x}{2\eta + \beta x} \cdot x^2$$

においてすべり摩擦係数 β を ∞ (Stokes の式)、あるいは 0 とおいたときの式を適用して計算する場合には次式の組み合わせを用いる：

$$M_h(\%) = \int_0^x (100/V \rho_b) \delta_m \\ = M^0(\%) \int_0^x f(x) dx = M^0(\%) D(x) \dots (1)$$

$$x_1 = \sqrt{h/At} \quad (\beta = \infty, \text{Stokes の式}) \dots (2)$$

または

$$x_2 = \sqrt{(2/3)(h/At)} \quad (\beta = 0) \dots (3)$$

ただし

$$A = (\rho_b - \rho_p)g/18 \eta$$

ここで

$M_h(\%)$: るつば底面から高さ h における浴中残留 $\%SiO_2$

δ_m : 直径が x と $x+dx$ との間にある粒子の量

ρ_b, ρ_p : 浴および粒子の密度

η : 浴の粘度

V : 浴の容積

$M^0(\%)$: $t = 0$ における浴中の $\%SiO_2$

$f(x)$: 粒子の size frequency

$D(x) = \int_0^x f(x) dx$: 粒子の cumulative undersize fraction

粒子の密度が均一であれば $x=x_1$ or x_2 である。 $D(x)$ の測定および式(2)あるいは(3)の計算においては粒子の密度としてある一定の値を用いるので粒子の密度が不均一な場合にはすべての粒子の密度はあたかも同一であるかのように扱うことになる。したがって偏倚粒子に関しては x_1 あるいは x_2 を x に等置できなくなる。つまり粒子間に組成すなわち密度の不均一があり偏倚粒子の割合が無視できない場合には式(1)と(2)、あるいは(1)と(3)の組み合わせは成立しなくなる。条件 c) の必要性はここに存するわけである。したがって本実験の場合条件 c) がどの程度満足されているかを吟味する必要がある。

偏倚粒子の真の流体径を r , x_1 あるいは x_2 を x' とおくと

$$r = \sqrt{\frac{\rho_b^0 - \rho_m}{\rho_b - \rho_m}} \cdot x = \sqrt{\frac{\Delta \rho_m^0}{\Delta \rho_m}} \cdot x$$

$$r = \sqrt{\frac{\rho_b - \rho_b^0}{\rho_b - \rho_p}} \cdot x' = \sqrt{\frac{\Delta \rho_b^0}{\Delta \rho_b}} \cdot x'$$

なる関係がある。ゆえにこれらの式から r を消去すると

$$x = \sqrt{\frac{\Delta \rho_b^0}{\Delta \rho_m^0} \cdot \frac{\Delta \rho_m}{\Delta \rho_b}} \cdot x' \dots (4)$$

を得る。ここで ρ_b^0 は粒子の平均密度、 ρ_p は偏倚粒子の密度、 ρ_m は $D(x)$ 測定に使用した沈降液の密度である。粒子の組成偏倚の上下限を Table 1 の下レベル、上レベルの組成とするのは妥当と考えられる。そこで Table 1 の介在物の組成からそれに対応する密度を算出しこれを用いて(4)式を計算すると Table 2 に示した結果を得る。

Table 2 によれば Charge I, III に関しては $x \approx x'$ としてよいであろう。すなわち粒子の組成の不均一性がこ

Table 2. Relations between x and x' .

Charge No	I	II	III
Upper limit	$x = 1.04 x'$	$x = 1.19 x'$	$x = 1.06 x'$
Lower limit	$x = 0.95 x'$	$x = 0.83 x'$	$x = 0.92 x'$

の程度であれば式(1)~(3)の組み合わせにおいて $x=x_1$ or x_2 としても大きな誤差は生じないことがわかる。他方 Charge I の場合偏倚粒子の割合が大きいときには $x \approx x'$ とすれば式(1)~(3)の組み合わせはかなりの誤差を含むであろう。したがって Charge I, II の場合は条件 c) は十分満たされるが Charge II の場合には十分な正確さで条件 c) は満たされないであろう。

4.2 SiO₂-FeO 粒子の浮上速度

$D(x)$ の測定の際には Stokes の式が適用できるとし、溶鉄中の粒子の浮上には式(2)あるいは(3)を適用して(1)式を計算する場合の粒子の密度に関する式の組み合わせは以下のようなものが考えられる：

$$\begin{array}{ll} D(x) \text{ の測定} & \text{溶鉄中の浮上} \\ \text{St}(\rho_{\text{SiO}_2}) & \left\{ \begin{array}{l} \text{(2) 式 } (\rho_{\text{SiO}_2}) \cdots \cdots \text{①} \\ \text{(3) 式 } (\rho_{\text{SiO}_2}) \cdots \cdots \text{②} \end{array} \right. \\ \text{St}(\rho_{\text{SiO}_2-\text{FeO}}) & \left\{ \begin{array}{l} \text{(2) 式 } (\rho_{\text{SiO}_2-\text{FeO}}) \cdots \cdots \text{③} \\ \text{(3) 式 } (\rho_{\text{SiO}_2-\text{FeO}}) \cdots \cdots \text{④} \end{array} \right. \end{array}$$

Fig. 3 の $D(x)$ 曲線は $\text{St}(\rho_{\text{SiO}_2})$ によることはすでに述べた。組み合わせ①を出発点として組み合わせ③④の場合どのようなかを見よう。組み合わせ①の場合は式(1)~(2)において $x=x_1$ である。組み合わせ③④の場合も(4)式を用いれば測定された $D(x)$ をそのまま利用できる。(4)式においては $\rho_p = \rho_{\text{SiO}_2}$ とおき、各溶解ごとに $\rho_p = \rho_{\text{SiO}_2-\text{FeO}}$ (平均組成から算出)、 ρ_b, ρ_m にそれぞれ数値を代入すれば Table 3 の結果を得る。

Table 3. Relations between x and x_1 .

Charge No	I	II	III
Combination ③	$x = 1.27 x_1$	$x = 1.29 x_1$	$x = 1.38 x_1$
④	$x = 1.04 x_1$	$x = 1.05 x_1$	$x = 1.12 x_1$

Fig. 1 および 2 において曲線(L, H), (L', H') および (L'', H'') はそれぞれ組み合わせ①③および④の結果を示す。しかし Charge I, II においては組み合わせの場合 $x \approx x_1$ とおけるから曲線 L'', H'' は L, H に一致する。以上のことから Charge I, II の場合には測定点は粒子の密度を SiO₂ のそれとしたときは曲線 L, H に SiO₂-FeO のそれとしたときは曲線 L'', H'' に合致することがわかる。しかもこの場合浮上途上で粒子は凝集をほとんど起こしていないことが上レベルおよび下レベルの測定点がそれぞれ曲線 H, L にのつていることからわかる。ゆえに本実験のような FeO を約 15% 含む SiO₂-FeO 粒子の密度変化をも考慮に入れた浮上速度は Sto-

kes の式 ($\beta = \infty$) よりむしろ $\beta = 0$ とおいた式に従うことが判明する。

4.3 粒度分布

Fig. 3 に示したごとく %Si の高い Charge I, II の場合と一桁濃度の低い Charge III の場合を比較すると前者の場合の粒度は後者のそれより粗粒部分が多いことがわかる。E. PLÖCKINGER et al.¹⁰⁾ によれば反応による局所的な熱効果は介在物の凝集を促進する。本実験のような十分な攪拌を伴う脱酸反応においては粒子の凝集成長は著しいものと考えられる。Charge I, II の脱酸前の [%O] は 0.086% で Charge III の 0.063% よりも高い。前者の場合のほうが反応量が多く、したがってまた局所的な熱効果も大きいと考えられる。ゆえに攪拌中の凝集効果は前者のほうが著しく、したがって粗粒部分の多い粒度分布になるものと考えられる。

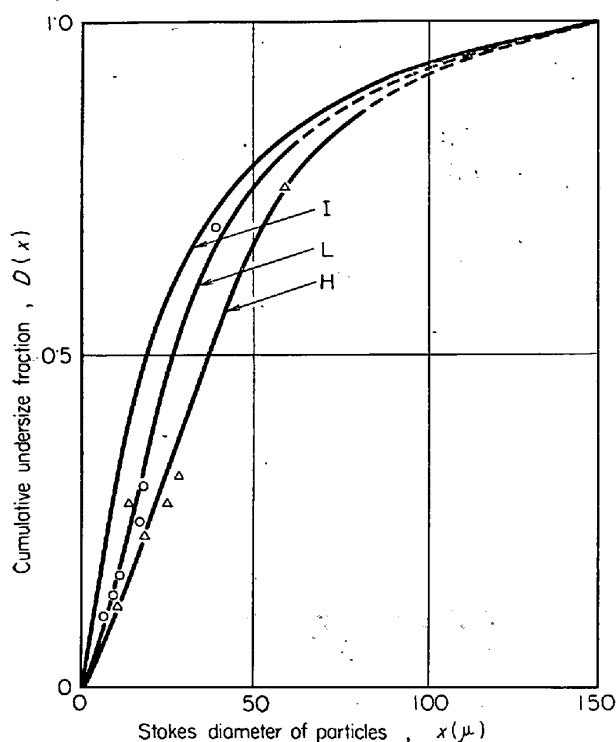
4.4 SiO₂-FeO 系粒子の浮上中での凝集

Fig. 2 において実測値を結ぶ曲線 Lob, Hob が曲線 L'', H'' から負に偏倚している。つまり粒子の浮上速度が見かけ上計算値より大となつている。介在物の組成は Charge I, II の場合と大差ないのでこの場合の真の浮上速度も(3)式に従うものと考えれば、この曲線の偏倚は、SiO₂-FeO 生成物の浮上途上における凝集による流体径の増大に帰因しよう。

粒子の浮上中、すなわちこの場合両レベルの距離 50 mm の浮上中における凝集を把握するために前報⁹⁾ の Al₂O₃ 粒子の場合と同様な方法を用いる。そこで曲線 Lob, Hob に対応する $D(x)$ を、平均組成に対応した粒子密度と(3)式を用いて計算したものを Fig. 4 に、粒子密度を SiO₂ のそれとし(2)式を用いて計算したものを Fig. 5 に、それぞれ曲線 L, H で示した。どちらも粒径は x で表わした。比較のために Fig. 4 には平均組成に対応させた粒子密度を用いた粒度分布測定 $D(x)$ を、Fig. 5 には Fig. 3 の曲線 III を曲線 I で示した。曲線 L, H はそれ自身全く仮想的なものであつて両者の相対的關係のみが意味をもつ。

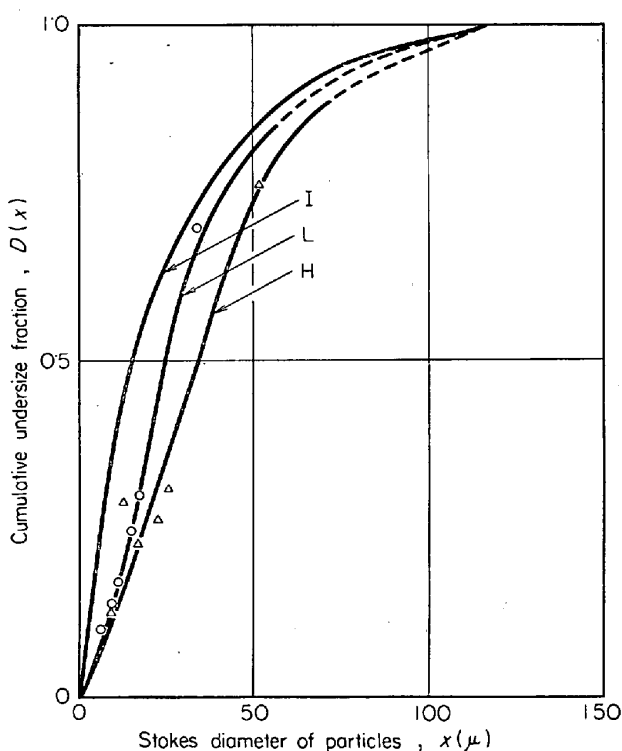
Fig. 4 と 5 から曲線 H が L に対して水平に右方向にずれた位置関係にあることがわかる。このことは曲線 H のほうが L より粗粒部分が多く、逆に微粒部分が少くないことを意味している。両レベル間 50 mm の距離を粒子が浮上する間に粒子が凝集を続け流体径が増大することの反映と考えられる。

凝集可能な粒子の凝集効果に与える因子としては粒子間の速度差、粒子の粒度分布、粒子濃度などが考えられるがこれらの因子の組み合わせあるいは強弱によつて、Al 脱酸の場合⁹⁾ のように粗粒子と微粒子との凝集が顕著に



Curves H and L; $D(x)$'s calculated with observed values at upper and lower levels respectively.
Curve I; $D(x)$ of particles in the initial sample, $\rho_p = \rho_{\text{SiO}_2\text{-FeO}}$

Fig. 4. Relations between $D(x)$ and diameter of particles.



Curves H and L; $D(x)$'s of calculated with observed values at upper and lower levels respectively. Curve I; $D(x)$ of particles in the initial sample. $\rho_p = \rho_{\text{SiO}_2}$

Fig. 5. Relations between $D(x)$ and diameter of particles.

現われる場合もあるし、Charge III のように全粒子が凝集効果に寄与する場合もある。後者の場合は前者の場合より粒子濃度がかかなり高かったため、このような Al 脱酸の場合と異なつた凝集形態を示したものと考えられる。

4.5 凝集の可能性

生成した脱酸生成物の組成は Charge I, II と III で大差ないにもかかわらず浮上挙動において前述のような大きな差異が認められるのは、脱酸剤添加量の差異のためであろうと推定される。H. STRAUBE et al.¹¹⁾ は最近 Al あるいは Ti 脱酸の研究において、脱酸剤の溶鉄中への溶解とともにまず融点の低い凝集性の良好な FeO を含む酸化物 mixture が生じ、つぎに溶鉄中の溶解酸素の低下のために、あるいはさらに溶解してきた脱酸剤による酸化物 mixture の還元のために介在物の組成は粒子内で均一でない。すなわち粒子の内部は酸化物 mixture で外層は Fe を含み脱酸剤の固相酸化物になることを見出している。この過程は 10~30 sec 以内で進行している。ただし脱酸剤の濃度は 0.3% である。

本実験の場合も Charge I, II の場合のような [%Si] が 0.2~0.6 のときはこの過程が脱酸剤添加後の攪拌中に進行しているものと十分推定される。したがって

Charge I, II の場合は溶鉄中の脱酸化学反応が完了していると考えられる $t = 0$ 以後の粒子の浮上途上では、外層が凝集作用の低い固相 SiO_2 であるためにもはや凝集を起こさないと考えられる。他方 [%Si] の低い 0.02% の Charge III の場合には脱酸能力が低いので上述のようなアナロジーは成り立たず粒子の外層も $\text{SiO}_2\text{-FeO}$ mixture でありかつそれは凝集しやすい融点の比較的低いものであろうと推定される。

5. 総 括

1. Si 脱酸の場合の $\text{SiO}_2\text{-FeO}$ 系一次脱酸生成物の浮上速度には、Stokes 式 $v = (\Delta\rho \cdot g / 18\eta) x^2$ よりも $v = (3/2)(\Delta\rho \cdot g / 18\eta) x^2$ が成立する。
2. シリコン添加量の多いほど局所的反応熱効果の大なるために生成介在物の凝集成長は顕著でそのために粗粒介在物が多くなり溶鉄中からの浮上分離速度が高まる。
3. シリコン添加量の少ない場合には熱効果による初期の凝集は顕著でないが凝集作用のよい組成をもつ介在物が生成するので浮上中によく凝集し、シリコン添加量の多い場合と同様浴からの浮上分離速度は高い。
4. 上記 2, 3 のことは互いに相補的な関係にあるの

で、Si脱酸における一次生成物の鉄浴からの浮上分離性は、シリコン添加量の多少にかかわらず一般に良好である。

5. 介在物粒子の浴中での濃度が高いときは凝集作用をもつ粒子はすべて同様に浮上中の凝集に寄与し、粒子径による差異はほとんど認められなかつた。

6. 一次生成物が酸化物 mixture であるとき粒子の組成構造は介在物の浮上分離性に大きく影響する。

終わりに本論文をまとめるにあたって有益な討論と検討を賜った東北大学大森康男助教授、ならびに実験に協力された大西、西山両氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 河合, 小林: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p. 546
- 2) 河合, 小林, 米沢, 足立: 鉄と鋼, 52 (1966) 4,

p. 549

- 3) 河合, 小林, 米沢: 鉄と鋼, 53 (1967) 3, p. 336
- 4) 川和, 大久保, 笹島, 郡司: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p. 531
- 5) 宮下, 西川: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1454
- 6) 坂上, 鈴木, 佐藤, 笹井: 日本鉄鋼協会第75回大会概要集, p. 303
- 7) 宮下: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 509, 日本鉄鋼協会第75回大会概要集, p. 299
- 8) H. LAMB: Hydrodynamics. Camb., (1932)
- 9) J. F. ELLIOTT and M. GLEISER: Thermochemistry for Steelmaking Vol. 2, Addison, (1963)
- 10) E. PLÖCKINGER und M. WAHLSTER: Stahl u. Eisen, 80 (1960), p. 659
- 11) H. STRAUPE, G. KÜHNELT und E. PLÖCKINGER: Arch. Eisenhüttenw. 38 (1967), p. 509, 607.

621.979.011:539.22:669.141.24-415
薄鋼板の変形に伴う異方性の挙動と二次成形性*

吉田清太**・宮内邦雄***・水沼 晋****

Anisotropic Behaviors of Prestrained Sheet Steels and Subsequent Formability

Kiyota YOSHIDA, Kunio MIYAUCHI and Susumu MIZUNUMA

Synopsis:

The development of planar anisotropy and the abrupt change in the mechanical properties of sheet steels (four Al-stabilized and one rimmed) due to the increase of prestrain are investigated in relation to the variation of crystallographic texture for different prestraining modes of uniaxial tension, biaxial tension, tension-compression, and bending-unbending.

The mechanical properties of those variously prestrained sheet steels may be explained more reasonably by employing the latent workhardening theory in a macroscopic deformation model having the active and latent slip systems resolved into width and thickness components in addition to the information from the variation of pole figure.

A concept of "re-formability", the formability of prestrained sheet metal having a certain deformation texture developed in it, is proposed for more systematic understanding of press formability, where it is distinguished from the ordinary or primary formability of sheet metal in terms of the variation of deformation path from the first forming to the subsequent one.

The variation of mechanical properties including the r value during the first forming of monotonic deformation path is generally increased by increasing the difference in the mode of deformation between the first forming and the subsequent one, and also by increasing the difference between the strain ratio (r value) of the virgin material and that forcedly given in the first forming, that is, the difference between the preferred orientation of sheet metal and the stable end orientation in the forming.

(Received June 12, 1968)

1. 緒 言

薄板のプレス成形性に関する研究は、成形技術に関する研究と併行して、近年多くの成果をあげつつある。特に r 値を媒体として、深絞り性を集合組織と結びつけ、深絞り用薄鋼板製造の場に有益な情報をもたらしたことは、巨視的から微視的に至る異なつた分野間の結びつき

の典型的な成功例といえよう¹⁾²⁾。現在、 n 値³⁾ならびにくびれ伸び⁴⁾または極限変形能を表現する特性値、たと

* 昭和42年10月, 43年4月本会講演大会にて発表
昭和43年6月12日受付

** 理化学研究所 工博

*** 理化学研究所

**** 八幡製鉄(株)東京研究所