

論 文

UDC 669.141.17 : 669.14-404 : 536.421.1 : 669.784 : 541.127

還元鉄ペレットの溶鉄中への溶解速度*

佐藤 彰**・中川 龍一**・吉松 史朗**
 福沢 章***・尾崎 太***・笠原 和男***
 福沢 安光***・三井 達郎***

Melting Rates of Directly Reduced Iron Pellets into Iron Melt

Akira SATO, Ryuichi NAKAGAWA, Shiro YOSHIMATSU,
 Akira FUKUZAWA, Tsuyoshi OZAKI, Kazuo KASAHARA,
 Yasumitsu FUKUZAWA, and Tatsuro MITSUI

Synopsis:

Effect of composition and density of pellets made of reduced iron powders as well as temperature and carbon content of iron melt on their melting rate into iron melt has been investigated. The following results are obtained:

- (1) Considering the oxygen content required to increase the melting rate, a favorable reduction degree of pellets having less than 5% gangue may be 95–98% and that of those having 5–10% gangue may be 90–95%.
- (2) In case that a slag with high melting point is formed at the melting interface of pellets, the melting rate extremely decreases.
- (3) The less the gangue content and the lower the melting point of slag made from the gangue, the greater the melting rate of pellets.
- (4) The melting rate of pellets decreases as the carbon content of iron melt decreases and is nearly proportional to the temperature of iron melt in the range from 1 400 to 1 600°C.

1. 緒 言

鉄鋼スクラップに比較して不純物元素含有量の少ない還元鉄あるいは予備還元鉄(以下還元鉄と呼ぶ)を原料とする鉄鋼製造法が種々研究されている^{1)~19)}。この場合に用いられる還元鉄はペレットまたはブリケットの形が多く、粉状に還元されたものも更にこれらの形にされることが多い^{20)~22)}。還元鉄ペレットは主として電弧炉^{1)~13)}で溶解されるが、ペレットはあらかじめ溶解された溶鉄上に添加される。したがって還元鉄ペレットの溶鉄上における溶解挙動が極めて重要であると考えられるがデータは少ない。そこで本研究では、還元鉄ペレットを使用する側から、ペレットを製造する側に情報を提供することを目的とし、溶鉄上に添加された還元鉄ペレットの溶解速度におよぼす還元鉄中の残存酸素量、脈石成分量と組成、溶鉄中の炭素量および溶鉄温度の影響につき検討を行った。

2. 実験方法

Fig. 1 にタンマン炉を用いた実験装置の模式図を示す。黒鉛円筒を発熱体とするタンマン炉で、炭素飽和溶鉄を用いるときは黒鉛をつぼを、0.2~4% C の炭素量の溶鉄を用いるときはアルミナをつぼを使用した。高周波誘導炉を用いた場合には、炉内雰囲気タンマン炉と同一にするために黒鉛円筒をサセプターとして用いた。るつぼの大きさは内径 55 mm, 高さ 190 mm であつた。還元鉄ペレットは還元鉄粉をダイスとポンチを用い、60 t 油圧プレスで圧縮成形して製造した。ペレットの重さは 70 g, 断面積が 7 cm² の円筒形であつた。用いた還元鉄粉は高純度で微細なヘガネス鉄粉と、低純度で粗大な流動還元鉄粉とである。Table 1, 2 に鉄粉の化学組成と粒度を示す。添加剤としての酸化第二鉄は特級試薬、アルミナは一級試薬、生石灰粉は 95.2% CaO, 590 メッシュ以下、シリカ粉は 99.8% SiO₂, 60~325 メッシュ

* 昭和 52 年 4 月本会講演大会にて発表 昭和 52 年 4 月 25 日 (Received Apr. 25, 1977)

** 金属材料技術研究所 工博 (National Research Institute for Metals, 2-3-12 Nakameguro Meguro-ku Tokyo 153)

*** 金属材料技術研究所 (National Research Institute for Metals)

Table 1. Chemical composition of reduced iron powders (wt%).

	T.Fe	M.Fe	C	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	O	P	S
Höganäs	99.2	98.8	0.01	-	0.16	-	0.1	0.01	0.01
96% reduction	90.1	84.5	-	0.08	4.63	2.72	1.51	0.01	0.01
93% reduction	89.8	80.9	-	0.08	4.58	2.70	2.62	0.01	0.01

Table 2. Particle size distribution of reduced iron powders (wt%).

Mesh	Over 16	16-32	32-60	60-100	100-150	150-200	200-250	250-350	350 under
Höganäs	-				12.1	31.4	24.4	12.5	19.6
96% reduction	0.6	51.0	27.4	12.8	8.3				
93% reduction	0.5	37.3	28.0	17.7	11.6		5.0		

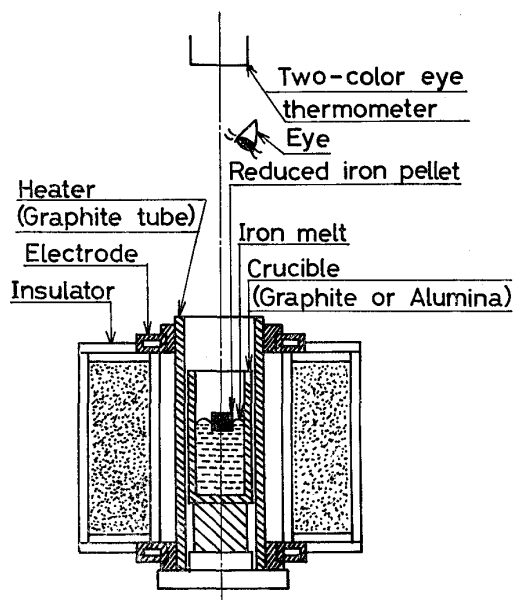


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

が 85% 以上、カーボン粉は固定炭素 98% 以上、約 150 メッシュ、石炭粉は固定炭素 50%、揮発分 40%、約 150 メッシュであつた。

溶解速度測定の実験は以下のように行つた。圧縮成形後の還元鉄ペレットの重さを直視天秤で、高さをマイクロメータで測定して密度を求めた。るつぽに 1.5 kg の鉄を溶解し、所定の温度に 30 min 間保持する。温度測定は消耗型熱電対で行なつたが、同時に二色高温計でモニターした。溶鉄の温度上昇速度を 2 min 間に 5°C となるように電源タップを調整し、実験温度を確認してから内径 5 mm の石英管で溶鉄の分析試料を採取した。この後還元鉄ペレットを静かに溶鉄上に添加し、ペレットの溶鉄中への溶解速度を測定した。ペレットの溶解に要する時間を、溶鉄上にスラグがない場合、ペレットが

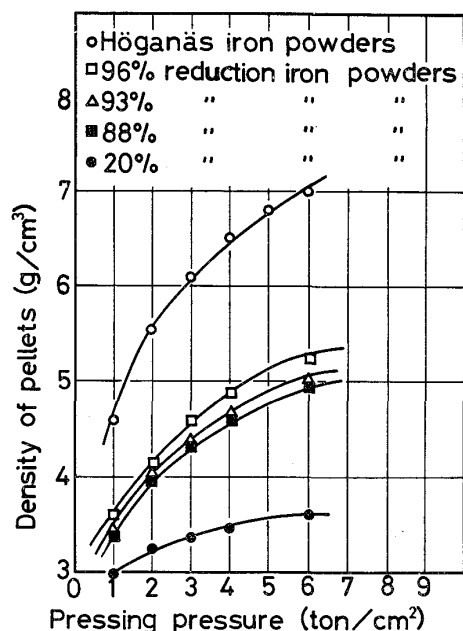


Fig. 2. Effect of pressing pressure of reduced iron pellets on their density.

溶鉄上に添加されてから溶解して完全に消え去るまでを肉眼で観察し、ストップウォッチで測定した。各条件について最少 2 回の実験を行なつて再現性を確めた。分析試料は主要 5 元素について分析した。

溶鉄上にスラグがある場合の温度測定は、あらかじめ Pt-PtRh 熱電対を用いて補正した二色高温計で行なつた。この場合還元鉄ペレットの密度が溶融スラグの密度より大きいため、ペレットの溶解終了点の判定が困難であつたが、溶融スラグの表面がペレット添加前と同じに静かな状態に戻つた時点を終了点とした。

3. 結 果

Fig. 2 は種々の還元鉄粉から製造した還元鉄ペレット

の密度におよぼす成形圧力の影響を示す。高純度で微細なヘガネス鉄粉からのペレットの密度は非常に高い。流動還元鉄粉からのペレットの密度は高還元率ほど高い。還元鉄ペレットの密度は成形圧力が增大するにしたがって上昇する。予備実験の結果 4 t/cm^2 の場合に再現性をもつとも良好だったので、本研究では以下とくに示す場合を除きペレットの成形圧力をすべてこの値とした。

Fig. 3 は還元鉄ペレットの溶鉄中への溶解速度におよぼすペレットの密度と還元鉄粉の種類の影響を示す。溶鉄上にスラグがない場合には、溶解速度におよぼすペレットの密度の影響は小さい。しかし 96% 還元率の鉄粉からのペレットは、含有する脈石成分が多いため、溶鉄上にスラグを形成させた。このスラグと溶鉄が反応して気泡を発生することがペレット消失後約 1 min 間観察された。溶融スラグ中の酸化鉄が還元されるのに要する時間は、本装置では測定できないので測定しなかった。還元率が 93% と 88% の鉄粉からのペレットを炭素飽和溶鉄上に添加すると、反応が激しくペレットが炉外に飛び出すなどしてデータが得られなかった。また、低還元率の鉄粉からのペレットの溶解速度測定は、溶解と同

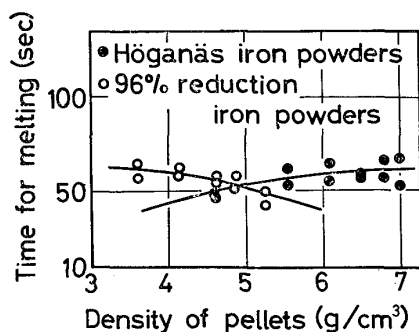


Fig. 3. Effect of density of reduced iron pellets on their melting rates into iron melt saturated with carbon at 1520°C .

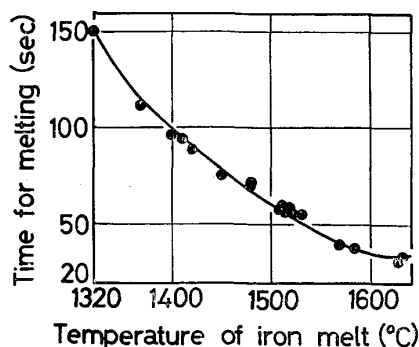


Fig. 4. Effect of temperature of iron melt saturated with carbon on melting rates of pellets made of Höganäs iron powders.

時および後に進行する還元反応が主となると考えられたため、新たに実験装置を考案する必要があるので、本研究では行なわなかった。

Fig. 4 はヘガネス鉄粉からのペレットの炭素飽和溶鉄中への溶解速度におよぼす溶鉄の温度の影響を示す。溶解速度と溶鉄温度とは $1400\sim 1600^\circ\text{C}$ においてほぼ直線関係にある。溶解速度は溶鉄温度が 1400°C 以下になると急激に減少し、 1600°C 以上ではほとんど一定になる。過熱温度約 100°C の製鋼用の溶鉄を得ることを考えると、炭素含有量 $1.5\sim 2\%\text{C}$ の場合約 1520°C となること、および文献²⁾からも約 1520°C が実際の操業で用いられていることから、以下の実験では溶鉄温度を、 1520°C とした。

Fig. 5 はヘガネス鉄粉からのペレットの 1520°C 溶鉄中への溶解速度におよぼす溶鉄の炭素量の影響を示す。溶解速度は炭素量が約 1.5% 以下になると急激に減少し、3~5%の範囲ではほぼ一定である。

Fig. 6 は還元鉄ペレットの 1520°C 炭素飽和溶鉄中への溶解速度におよぼすペレット中のカーボン粉と石炭粉量および還元鉄粉の種類の影響を示す。ヘガネス鉄粉からのペレットの溶解速度は 96% 還元率の鉄粉からのペレットのものより大きい。石炭粉を添加したペレットの溶解速度はカーボン粉を添加したペレットのものより小さい。96%還元率の鉄粉からのペレットに石炭粉を添加すると溶解速度が著しく減少し、2%以上石炭粉を添加したものは 5 min 以上溶鉄上に溶解しないで浮上していた。また、ペレットの密度が溶解速度におよぼす影響は小さいことがわかった。

Fig. 7 はヘガネス鉄粉からのペレットの 1520°C 炭素飽和溶鉄中への溶解速度におよぼすペレット中の CaO ,

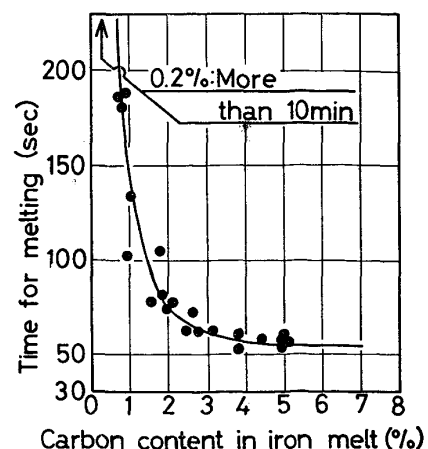


Fig. 5. Effect of carbon content in iron melt on melting rates of pellets made of Höganäs iron powders at 1520°C .

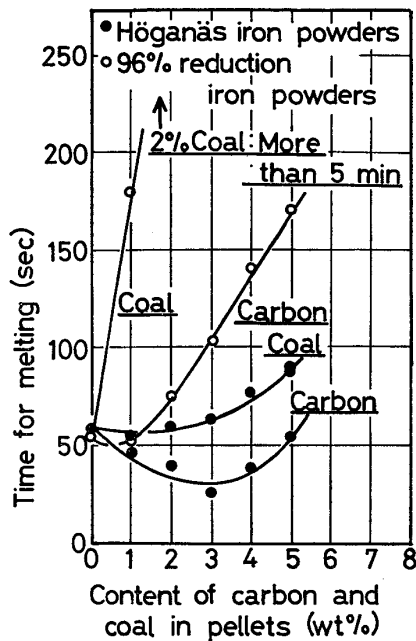


Fig. 6. Effect of carbon and coal content in reduced iron pellets on their melting rates into iron melt saturated with carbon at 1520°C.

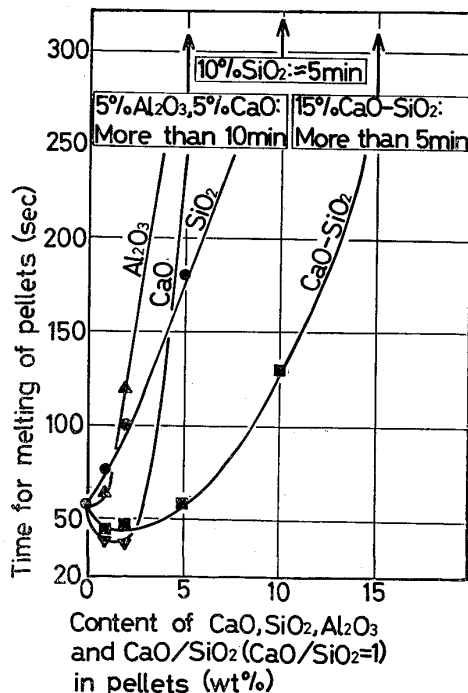


Fig. 7. Effect of CaO, SiO₂, Al₂O₃, and CaO-SiO₂ (CaO/SiO₂=1) content in reduced iron pellets made of Höganäs iron powders on their melting rates into iron melt saturated with carbon at 1520°C.

SiO₂, Al₂O₃ および CaO-SiO₂ (CaO/SiO₂=1) 量の影響を示す。SiO₂ および Al₂O₃ は少量の添加量でも溶解速度を著しく減少させる。特に 5% Al₂O₃ のペレット

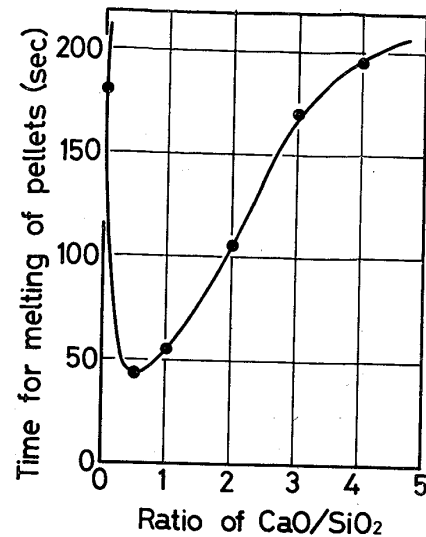


Fig. 8. Effect of ratio of CaO/SiO₂ in reduced iron pellets made of Höganäs iron powders on their melting rates into iron melt saturated with carbon at 1520°C. Content of CaO-SiO₂ is 5%.

は溶鉄上に 10 min 以上浮上した後も円筒形のままであった。CaO を添加したペレットの溶解速度は 1~2 %CaO の場合が無添加の場合より大きいが、5 %CaO の場合には極めて小さい。低融点のスラグを形成する組成の CaO-SiO₂ を添加したペレットの溶解速度は少量の場合には増大するが、5 %以上になると減少する。また、溶解速度におよぼすペレットの密度の影響は小さいことが示された。

Fig. 8 はヘガネス鉄粉からのペレットの 1520°C 炭素飽和溶鉄中への溶解速度におよぼすペレット中の CaO と SiO₂ の比の影響を示す。CaO-SiO₂ の添加量は 5 % である。溶解速度はこの比が 0.5 の近傍で最大となる。Al₂O₃-SiO₂ を 5 % 添加したペレットの溶解速度は、極めて小さく、Al₂O₃ と SiO₂ の比の影響は小さいことが確認された。

Fig. 9 はヘガネス鉄粉からのペレットの 1520°C 炭素飽和溶鉄中への溶解速度におよぼすペレット中の酸化第二鉄量および酸化第二鉄とこれを還元するのに必要な炭素を同時添加した量の影響を示す。溶解速度は Fe₂O₃ を少量添加することによって著しく増大する。(Fe₂O₃+C) 添加の場合にも少量のときは溶解速度が増大する。Fe₂O₃ を 20% 以上添加したペレットは溶鉄上で約 2 min で溶解消失するが、溶融酸化鉄と溶鉄中の炭素とが反応して長時間発泡することが観察された。

Fig. 10 は還元鉄ペレットの 1520°C 炭素飽和溶鉄中への溶解速度におよぼす溶鉄上の溶融スラグの塩基度と

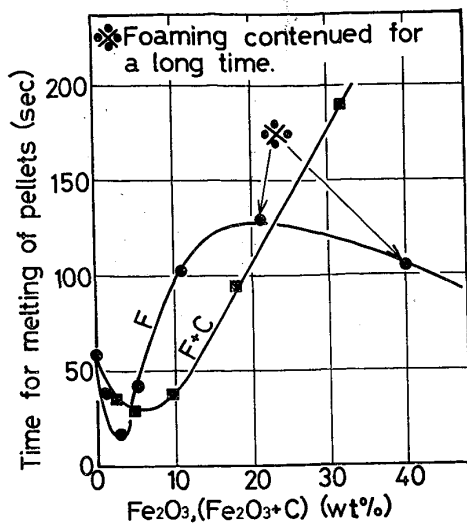


Fig. 9. Effect of Fe_2O_3 and $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{C})$ content in reduced iron pellets made of Höganas iron powders on their melting rates into iron melt saturated with carbon at 1520°C . Carbon content is that required for the reduction of Fe_2O_3 .

量の影響を示す。溶鉄温度が 1520°C の場合には塩基度 2 以上のスラグは極めて粘く、ペレットが沈み込まなかった。塩基度 0.5 と 1 のスラグの分析値はそれぞれ 24% CaO , 67% SiO_2 , 9% Al_2O_3 および 43% CaO , 48% SiO_2 , 9% Al_2O_3 であった。塩基度が 1 の熔融スラグの場合溶解速度におよぼすスラグ量および鉄粉の種類の影響は小さい。塩基度が 0.5 の熔融スラグの場合には溶解速度が著しく減少し、96%還元率の鉄粉からのペレットの溶解速度は熔融スラグ量が増加するにしたがつて減少する。

4. 考 察

還元鉄ペレットが溶鉄中へ溶解する過程を考えると、基本的には溶鉄中のスクラップの溶解と同様に、1). 溶鉄からペレットへの熱移動、2). 溶鉄中炭素の溶解界面への移動、3). ペレット中铁の溶鉄への移動が主な過程と考えられる^{24)~32)}。しかしながら、本研究の場合、溶鉄中のスクラップの溶解に比較して、ペレットが溶鉄上に浮上していること、ペレットがスラグを形成する酸化物を含有していること、特に未還元酸化鉄を含有していることから熱と物質移動の計算が極めて複雑になる。

そこで定量的考察は後日にして得られた結果について考察する。

還元鉄ペレットを添加したときの溶鉄温度は測定しなかったが、モニターの二色高温計の結果からはペレットが溶解消失するとほぼ添加前の温度を示したので、溶鉄、

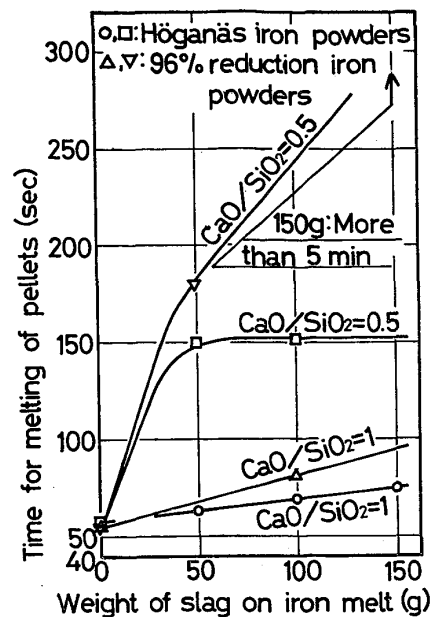


Fig. 10. Effect of weight of molten slag on iron melt saturated with carbon at 1520°C on melting rates of reduced iron pellets.

るつばなどの熱容量とペレットの熱容量から溶鉄温度の低下は小さいと考えられる。また、溶鉄のペレット添加前後の分析値から飽和炭素量と溶鉄温度の関係は、ほぼ文献の数値³³⁾と一致し、溶鉄中の珪素は増加しなかつたので、酸化珪素の還元は考慮しなくてもよいと考えられる。

Photo. 1 は 1520°C の炭素飽和溶鉄上に 5 min 以上溶解せずに浮上していた還元鉄ペレットの溶解界面に形成されたスラグ層のミクロ組織を示す。a)~d) はそれぞれ 5% CaO , 10% SiO_2 , 5% Al_2O_3 および 5% Al_2O_3 - SiO_2 ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2=1$) を含有するペレットの溶解界面に形成されたスラグ層である。上部が還元鉄ペレット、下部が溶鉄のあつたところである。この写真が示すように溶解界面にスラグ層が形成すると、ペレット中の鉄と溶鉄との接触が阻害されることになり溶解速度が著しく減少するものと考えられる。Photo. 2 は 5% Al_2O_3 - SiO_2 ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2=1$) を含有する還元鉄ペレットの溶解界面に形成されたスラグ層を EPMA で面分析した結果を示す。a) は 2 次電子線像、b)~d) はそれぞれ Fe, Al および Si の K_α 線像である。左側がペレット、右側が形成されたスラグ層、更に右側（この写真には示されていない）が溶鉄のあつたところである。写真 b) が示すようにスラグ層中に多量の鉄が存在しているが、接触していた溶鉄が炭素飽和溶鉄であることから、この鉄が全て FeO であるとは考えられない。したがって、こ

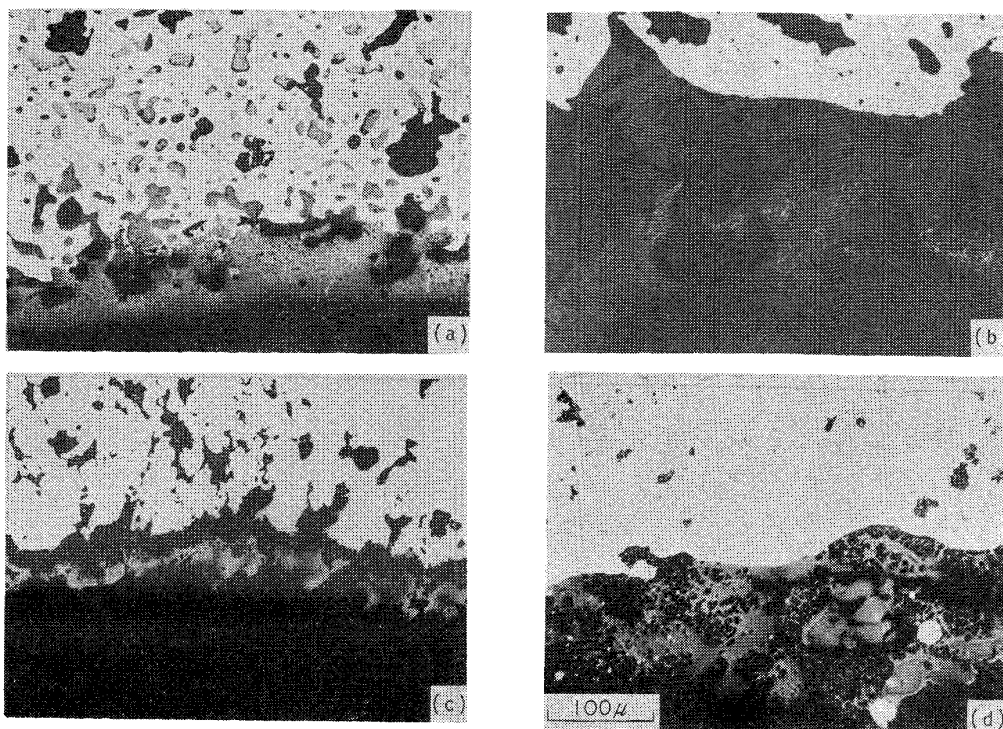


Photo. 1. Microstructures of slag formed at the interface between reduced iron pellets(top) and iron melt(bottom). Pellets made of Höganäs iron powders containing (a) 5%CaO, (b) 10%SiO₂, (c) 5%Al₂O₃ and (d) 5%Al₂O₃-SiO₂ (Al₂O₃/SiO₂=1) floated on iron melt saturated with carbon at 1 520°C more than 5 min.

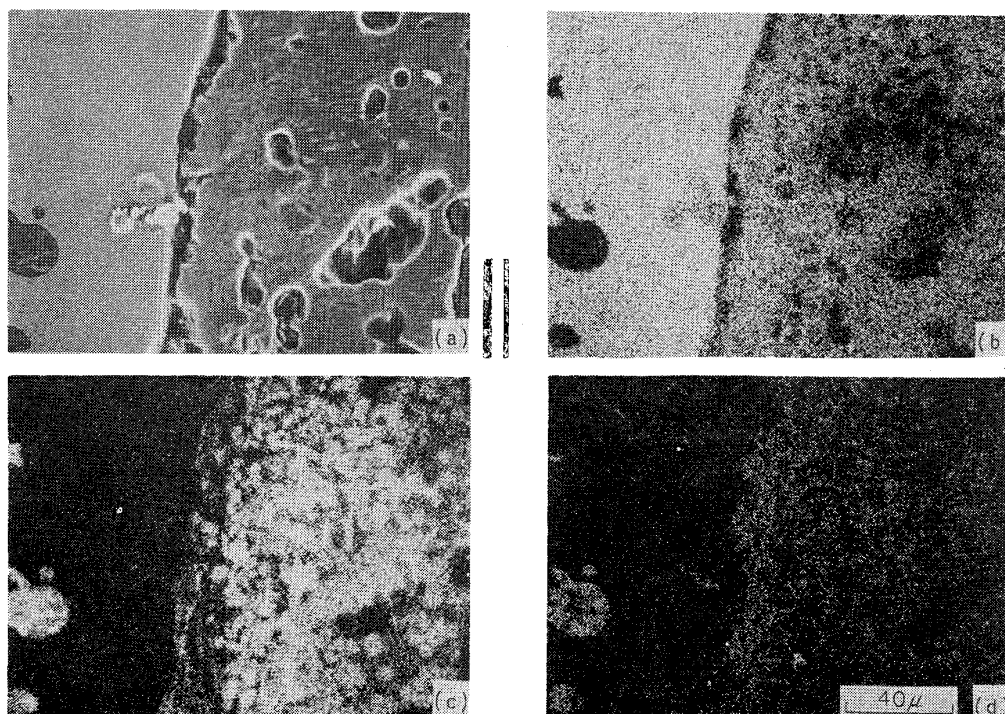


Photo. 2. Secondary electron and X-ray images of slag formed at the interface between reduced iron pellet (left) and iron melt (right, but not shown). Pellet made of Höganäs iron powders containing 5%Al₂O₃-SiO₂ (Al₂O₃/SiO₂=1) floated on iron melt saturated with carbon at 1 520°C more than 10 min.

(a) Secondary electron, (b) FeK_α, (c) AlK_α, (d) SiK_α

のスラグ層はペレット中に含有された造滓剤成分が溶解の進行によつて濃縮凝集され、鉄を一部含有したまま緻密な難溶性のスラグになった結果形成されたものと考えられる。このような緻密な難溶性のスラグ層が溶解界面に形成されるとペレット中の鉄が溶鉄と接触できなくなり溶解速度が著しく減少すると言える。このことから、還元鉄ペレットの溶鉄中への溶解速度を著しく減少させないためには、溶解界面に難溶性のスラグ層を形成させないことが重要である。すなわち、ペレット中の造滓剤成分を少なくすること、造滓剤成分が多い場合には低融点のスラグとなるように成分調整することが解決策となる。

Fig. 11 は還元鉄ペレット中の CaO , SiO_2 , Al_2O_3 および CaO-SiO_2 ($\text{CaO/SiO}_2=1$) がペレット 1 個 (70 g) を 1520°C で溶解するのに必要な熱量におよぼす影響を示す。熱量は熱力学的な計算³⁴⁾³⁵⁾により求めた。この図から熱量が溶解速度におよぼす影響は小さいことがわかる。すなわち、5% 単独添加された CaO , SiO_2 , Al_2O_3 が熱量におよぼす影響は高々 2% であるにもかかわらず溶解速度は著しく減少している。 CaO-SiO_2 ($\text{CaO/SiO}_2=1$) では添加量が増加すると熱量は減少するが、溶解速度は添加量が増加すると逆に減少している。

少量 (2~5%) の酸化第二鉄を添加することによつて還元鉄ペレットの溶解速度が著しく増大することは、溶解界面において溶鉄中の炭素とペレット中の酸化鉄と

結合した酸素とが反応して CO ガスを発生し、このため攪拌が起こるからと考えられる。このことは、また、溶鉄の流動がペレットの溶解速度におよぼす影響を調べる目的で高周波炉を用いた実験装置で確認された。すなわち、高周波炉の場合の溶解に要する時間はタンマン炉の場合より 20% 短縮された。

少量の炭素粉を添加することによつて溶解速度が増大することは低融点 1147°C の共晶 $\text{Fe-4.3\%C}$ 成分の生成と熱伝導から説明できると考えられる。すなわち、炭素粉のところに低融点の共晶が生成するため溶解速度が増大するが、炭素量が多くなると熱伝導が低下するため共晶炭素量より少ない約 3% で溶解速度が最大となるものであろう。96%還元鉄粉の場合には低融点の共晶の生成が含有されている脈石成分で阻害されるため、炭素粉添加量の増加によつて溶解速度が減少したものと解釈される。

少量 (1~5%) の CaO-SiO_2 ($\text{CaO/SiO}_2=1$) を添加することによつて溶解速度が増大することは、 CaO あるいは SiO_2 粉のところに低融点 1436°C の 36% $\text{CaO-64\%SiO}_2$ あるいは 1460°C の 55% $\text{CaO-45\%SiO}_2$ 組成のスラグが生成するためと考えられる。添加量が 5% 以上になると熱伝導の低下および生成されたスラグ量が多くなつた結果ペレット中の鉄と溶鉄との接触が阻害されて溶解速度が減少することになるものであろう。 CaO を 1~2% 添加すると溶解速度が増大するが、この理田

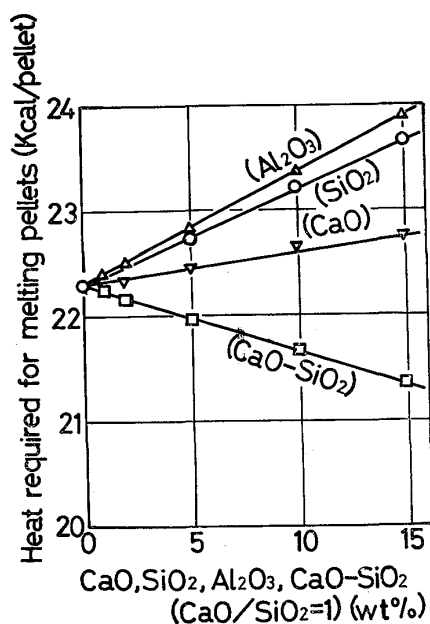


Fig. 11. Effect of CaO , SiO_2 , Al_2O_3 and CaO-SiO_2 ($\text{CaO/SiO}_2=1$) content in reduced iron pellets (70 g) made of Höganäs iron powders on their heat required for melting at 1520°C .

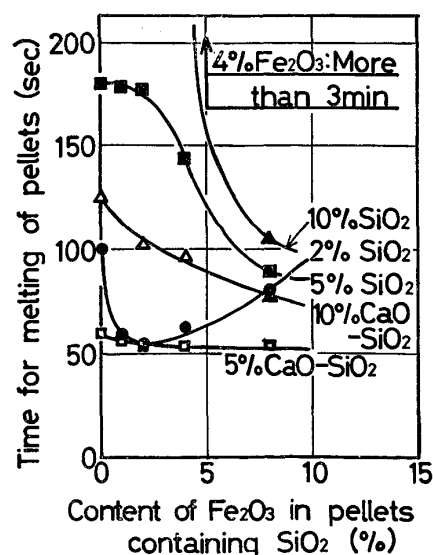


Fig. 12. Effect of Fe_2O_3 content in reduced iron pellets made of Höganäs iron powders containing SiO_2 and CaO-SiO_2 ($\text{CaO/SiO}_2=1$) on their melting rates into iron melt saturated with carbon at 1520°C .

については現在のところ不明であり、今後更に詳しく検討する必要がある。

Fig. 12 は 2, 5, 10%SiO₂ および 5, 10%CaO-SiO₂ (CaO/SiO₂=1) を含有する還元鉄ペレットの 1520°C 炭素飽和溶鉄中への溶解速度におよぼす酸化第二鉄量の影響を示す。2%SiO₂ を含有するペレットの溶解速度は 1~4 %Fe₂O₃ 添加によつて最大値を示している。これは前記のように CO ガス発生による攪拌および低融点 1180°C の 63%FeO-37%SiO₂ あるいは 77%FeO-23%SiO₂ 組成³⁶⁾のスラグの生成のためと考えられる。すなわち、少量 2 %SiO₂ の含有量では少量の Fe₂O₃ 添加で前記の組成のスラグが生成し、発生した CO ガスによつて溶解界面が攪拌されるからである。これに対して、5 および 10%SiO₂ を含有するペレットでは前記の組成のスラグの生成には多くの Fe₂O₃ 添加量を必要とするため、Fe₂O₃ 添加量の増加 (約 10%まで)にしたがつて溶解速度が増大するものと考えられる。5 %CaO-SiO₂ (CaO/SiO₂=1) を含有するペレットの溶解速度は 0~10%Fe₂O₃ 添加により増大する傾向は見られるが、その影響は少ない。しかし、10CaO-SiO₂ (CaO/SiO₂=1) を含有するペレットの溶解速度は Fe₂O₃ 添加量の増加によつて増大しており、これも低融点の CaO-SiO₂-FeO 三元系スラグの生成³⁶⁾から説明できると考えられる。

以上の実験結果は、造滓剤成分が少量の場合は少量の酸化鉄添加により溶解速度が増加するが、造滓剤成分が多い場合はその効果を発揮するためにはかなり多量の酸化鉄添加が必要であることを示している。このことから溶解速度の面からみたペレットの望ましい還元率は脈石成分が 5 % 以下の場合 95~98%、脈石成分が 5~10 % の場合は 90~95% といえよう。しかしながら、造滓剤成分を更に多量に含有する還元鉄ペレットに酸化鉄を多く添加すること、具体的には脈石成分を 10% 以上含有するペレットの還元率を低下させることは、多量の溶融スラグが発生し、このスラグが溶鉄と反応して CO ガスを長い時間発生させることが観察されたので、酸化鉄還元に要する熱量の増加 (電力原単位の上昇)、精錬時間の延長、溶解過程でのスラグ発泡による作業上のトラブルなどから必ずしも有利とは言えない。これについては今後低還元率の還元鉄ペレットを溶鉄上で溶解し、還元反応をも含めた速度を測定し検討する予定である。

溶鉄上に溶融スラグがある場合の還元鉄ペレットの溶解速度は、ペレットと溶鉄との接触表面積によつて決定されると考えられる。低粘性の CaO/SiO₂=1 のスラグ³⁴⁾の場合には、ペレットは容易にスラグ中に沈み込み溶鉄と接触するので、スラグ量に変化しても、ペレットの

種類が変化しても溶解速度に大きな差はない。これに対して高粘性の CaO/SiO₂=0.5 のスラグの場合には、ペレットは容易にスラグ中に沈み込まず、また、脈石成分が多く低密度の 96% 還元率の鉄粉からのペレットはスラグ量が多いと溶鉄と接触し難くなるため溶解速度が激減するものであろう。

Fig. 3 の結果からは高純度の還元鉄粉は取扱いの際に破壊されないだけの強度を有する低圧で成形してペレットにすれば、溶解速度から考えて、よいと言える。しかし、これは溶鉄上に溶融スラグがない場合の結果である。通常アーク炉ではアークの安定のため溶融スラグが存在するので、前述のことから考えて高密度ペレットの方が溶解速度が大きいと推察される。低純度の還元鉄は図からも高密度である必要が示されており、結論としては還元鉄ペレットの密度は高いことが望ましいといえよう。

5. 結 言

還元鉄粉を圧縮成形したペレットを溶鉄上に添加して、ペレットの溶解速度におよぼすペレットの組成と密度の影響および溶鉄の温度と炭素量の影響等を調べ、以下の結果を得た。

(1) 還元鉄ペレット中に未還元酸化鉄による酸素が存在する方が溶解速度が大きい。これは一酸化炭素ガス発生によつて溶解界面が攪拌されるためであると考えられた。ペレット中の脈石成分が 5 % 以下の場合には還元率 95~98%、脈石成分が 5~10% の場合には還元率 90~95% が望ましい。

(2) 還元鉄ペレットが溶鉄上で溶解する際に、溶解面に難溶性スラグが形成される場合には溶解速度が著しく減少する。

(3) 還元鉄ペレットに含有される造滓剤成分は少量ほど、また低融点のスラグを形成する組成ほどペレットの溶解速度が大きい。

(4) 造滓剤成分含有量の少ない還元鉄ペレットは 2~3 % の炭素を含有するときに溶解速度が大きい。

(5) 還元鉄ペレットの溶鉄上における溶解速度と炭素飽和溶鉄の温度とは 1400~1600°C の範囲でほぼ比例関係にあり、1400°C 以下では溶解速度が急激に減少し、1600°C 以上では溶解速度はほとんど増大しない。

(6) 還元鉄ペレットの溶鉄上における溶解速度は、溶解温度が 1520°C のとき溶鉄の炭素量が 1.5% 以下になると急激に減少するが、3~5 % の炭素量の範囲ではほとんど同じである。

(7) 溶鉄上の溶融スラグの塩基度が約 1 の低粘性の

ときにペレット溶解速度がもつとも大きい。

文 献

- 1) J. G. SIBAKIN, P. H. HOOKINGS, and G. A. ROEDER: JISI, 205 (1967) 10, p. 1005
- 2) H. A. TUCKER, F. X. TARTARON, H. L. GOLDSTEIN, and J. J. KOCISCIN: Blast Furn., Steel Plant, (1968), 1070
- 3) N. J. CAVAGHAN and T. H. HARRIS: JISI, 208 (1970) 6, p. 529
- 4) 岸田寿夫, 牛山博美, 下郷寿太郎, 森井 廉: 電気製鋼, 42 (1971) 3, p. 182
- 5) E. ELSNER, H. KNAPP, B. BARDEN, and H. VOSS: Stahl u Eisen, 94 (1974) 26, p. 1322
- 6) J. ANTONE, J. ASTIER, and C. ROEDERER: Cir Inform. Tech., 32 (1975) 3, p. 669
- 7) K. SCHERMER: Ironmaking and Steelmaking, (1975) 3, p. 188
- 8) 深尾雄四郎, 安田卓司, 伊藤洋平: 電気製鋼, 47 (1976) 1, p. 4
- 9) H. OTTMAR, A. OERTER, G. SCHMEIDUCH, and U. SIEGERS: Stahl u Eisen, 96 (1973) 3, p. 106
- 10) H. D. PANTKE and C. QUEENS: Stahl u. Eisen, 96 (1976) 14, p. 652
- 11) K. H. BROKMEIER: Electric Furnace Proceedings, (1973), p. 36
- 12) H. G. GECK and W. MASCHLANKA: (1976) Bucharest Seminar
- 13) J. MACKENZIE: JISI, 207 (1969) 6, p. 765
- 14) H. P. HAASSTERT, F. WINTERFELD, E. HOFKEN, G. BANER, and R. A. WEBER: (1976), Bucharest Seminar
- 15) O. MASI and P. CANNIZZO: JISI, 200 (1962), p. 199
- 16) J. ASTIER, U. KALLING, and J. STÄLHED: Ironmaking Tomorrow, (1966), p. 108
- 17) K. SUGASAWA, S. WATANABE, Y. YAMADA, K. MASUDA, K. KATO, T. KAWABATA, and SATO: (1976) Bucharest Seminar
- 18) 田中龍男, 村松 晃, 田中 稔: 鑄物, 44 (1972), p. 314
- 19) R. H. HAFNER and S. C. CLOW: Trans. Amer. Found. Soc., (1968), p. 53
- 20) H. W. KROPLA and U. POHL: Bucharest Seminar (1976) p.
- 21) U. POHL and H. K. SCHOTT: Bucharest Seminar (1976) p.
- 22) D. D. MACLAREN, W. R. GUYER, F. C. CATENES, and G. MAURI: Bucharest Seminar (1976) p.
- 23) 吉松史朗, 中川龍一, 佐藤 彰, 福沢 章, 尾崎太, 笠原和男, 福沢安光, 三井達郎: 鉄と鋼, 62 (1976) 11, S445
- 24) R. G. OLSSON, V. KOUMP, and T. F. PERZAK: Trans. AIME, 233 (1965) 9, p. 1654
- 25) R. D. PEHLKE, P. D. GOODELELL, and R. W. DUNLAP: Trans. AIME, 233 (1965) 7, p. 1420
- 26) 小坂岑雄, 菱輪 晋: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1429
- 27) R. JESCHAR and E. MILLIES: Arch. Eisenhüttenw., 37 (1966) 4, p. 283
- 28) 小坂岑雄, 菱輪 晋: 鉄と鋼, 53 (1967) 8, p. 983
- 29) 森 一美, 野村宏之: 鉄と鋼, 55 (1969) 5, p. 347
- 30) 野村宏之, 森 一美: 鉄と鋼, 55 (1969) 13, p. 1134
- 31) J. SZEKERLY, Y. K. CHUANG, and J. W. HLINKA: Met. Trans, 3 (1972) 11, p. 2825
- 32) 川合保治: 鉄冶金反応速度論, (1976), p. 140
- 33) 新製金属講座, 新版製鍊編: 鉄鋼製鍊, (1965), p. 45
- 34) O. KUBACHEWSKI and E. L. EVANS: Metallurgical Thermochemistry (1958)
- 35) 鉄鋼基礎共同研究会編: 溶鉄・溶滓の密度および粘性, (1966), p. 190
- 36) E. M. LEVIN, C. R. ROBBINS, and H. P. McMURDIE: Phase Diagrams for Ceramists, (1964)