

面張力と力学的平衡を保つてスラグ滴はレンズ状になると考えられる²⁾。(Fig. 1) このときレンズに働く力の間には次の関係式が成立する²⁾³⁾。

$$\sigma_{m \cdot g} \cos \gamma = \sigma_{s \cdot g} \cos \alpha + \sigma_{m \cdot s} \cos \beta \dots \dots (1)$$

$$\sigma_{m \cdot g} \sin \gamma + \sigma_{s \cdot g} \sin \alpha = \sigma_{m \cdot s} \sin \beta \dots \dots (2)$$

ここに、

$\sigma_{m \cdot g}$: 熔融金属の表面張力 (dyne/cm)

$\sigma_{s \cdot g}$: 熔融スラグの表面張力 (dyne/cm)

$\sigma_{m \cdot s}$: 熔融金属と熔融スラグ間の界面張力 (dyne/cm)

α, β, γ : 接触角

しかるに、 γ は無視できるから²⁾、(1)、(2) より $\sigma_{m \cdot s}$ は (3) で示される。

$$\sigma_{m \cdot s}^2 = \sigma_{m \cdot g}^2 + \sigma_{s \cdot g}^2 - 2 \cdot \sigma_{m \cdot g} \cdot \sigma_{s \cdot g} \cos \alpha \dots (3)$$

スラグの重量の少ないときには熔融金属表面上のスラグ滴の表面は球面の一部と考えられるので⁴⁾、撮影されたスラグ滴の形状より (4) によつてその接触角 α を求めることができる。

$$\cos \alpha = \frac{a^2 - h^2}{a^2 + h^2} \dots \dots (4)$$

この $\cos \alpha$ と熔融金属、熔融スラグの表面張力の値がわかれば (3) によつて $\sigma_{m \cdot s}$ を求めうる。

III. 実験装置と実験方法

(1) 実験装置

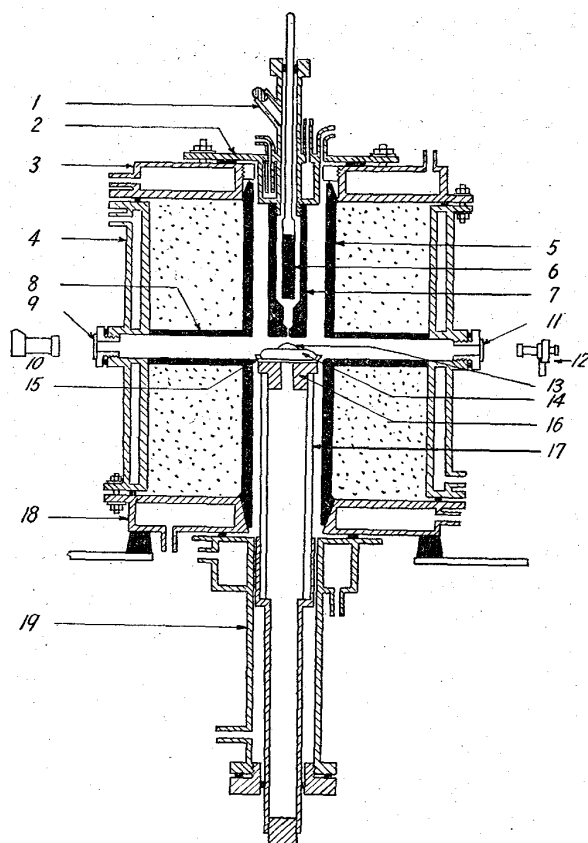
著者らが前報に報告した測定装置は発熱体 (エレマ) の関係上十分な高温がえられない。そこで発熱体として黒鉛を用い 1600°C 付近で測定可能な新しい装置を作成した。さらにスラグの滴下を適確にするためにスラグ滴下装置も改良したものをを用いた。この装置の概略を Fig. 2 に示す。

炉は特殊な縦型タンマン炉で発熱体は外径 73mm ϕ 、内径 60mm ϕ 、全長 300mm の黒鉛管⑤であり、その中央部に直径方向に貫通する 20mm ϕ の孔があてある。これは発熱体内におけるスラグの形状を撮影し、さらに温度を測定するためのものである。

炉体は上、下の蓋③、⑩および炉胴④よりなり、いづれも水冷可能で特に炉胴に直径方向に貫通する孔があり、発熱体の孔と黒鉛管⑤とで連絡している。一方は覗き窓 (撮影用) ⑨、他方は温度測定用⑪である。上蓋にはスラグ装入滴下装置②が取付けてある。この装置は水冷可能な鋼製の装入部と黒鉛部の滴下部とよりなっている。滴下部は先端に 1.5mm ϕ の孔を有するホッパー⑦とホッパーよりスラグ滴を押し出す黒鉛ピストン⑥よりなっている。下蓋には測定されるスラグ滴の位置を調整する、試料移動装置⑩がある。この装置にはアルミナ質の管⑩が固定され、その上部にはアルミナ質の台⑥が、さらにその台上には熔融金属の入ったアルミナの皿⑭ (直径 50mm ϕ 高さ 8mm) がおかれる。この移動装置によつて撮影に適当な位置に試料を上下移動および回転が可能である。実験装置の結合部はすべて Oリングおよびパッキングによつて完全に気密に保つことができる。

(2) 実験方法

スラグ装入装置をとりはずし、炉の上部より緻密なアルミナ質の皿に金属試料 80~85g を装入し、アルミナの台上におき、試料移動装置によつて測定に都合のよい



- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. Slag charging hole. | 11. Window. |
| 2. Slag dropping assembly. | 12. Optical pyrometer. |
| 3. Upper furnace cover. | 13. Molten slag. |
| 4. Furnace body. | 14. Alumina pedestal. |
| 5. Graphite heating element. | 15. Alumina dish. |
| 6. Graphite piston. | 16. Alumina pedestal. |
| 7. Graphite hopper. | 17. Alumina tube. |
| 8. Graphite tube. | 18. Under furnace cover. |
| 9. Window. | 19. Sample moving assembly. |
| 10. Camera. | |

Fig. 2. Experimental apparatus.

位置に固定する。

スラグ滴下装置を取付けたのち真空ポンプで炉内を排気し、清浄にした A ガスを充填し、その後 800cc/min で流通する。次に温度を上昇、金属試料を溶解し、測定温度に保持する。スラグ試料粉末をスラグ装入口より約 500mg 装入し、ホッパー中にて約 1min 間保持し完全に溶解してのち黒鉛製ピストンで熔融スラグを押し出し、熔融金属表面上に滴下させ、その形状を覗き窓より望遠写真機で撮影する。スラグ滴は熔融金属表面にしばらく留つてのち、皿のへりに移動するので、その後、さらにスラグ滴を滴下して同様の操作で撮影を行なう。撮影終了後、金属試料は石英管で吸引採取し分析に供した。

金属試料としては Fe-C (約 4.3%) 合金、純ニッケルを用いた。Fe-C (約 4.3%) 合金は電解鉄を黒鉛ルツボ中で溶解し約 5mm の板状に凝固せしめ細かく、くだいたものを用いた。スラグ試料は水晶粉末と炭酸石灰を適量配合し、黒鉛ルツボ中で溶解し、水中に投入、乾燥、粉細、溶解をくりかえして均一な組成にしたものを用いた。

温度は覗き窓より、標準の Pt-Pt-Rh 熱電対によつ

て補正した光高温計で溶融金属の側面を測定した。

IV. 実験結果と考察

界面張力の計算には溶融金属、スラグの表面張力の値が必要である。本実験においては文献の値を引用した。Fe-C (4.3%) 合金として 1200 dyne/cm (1570°C), 純ニッケルとして 1300 dyne/cm (1570°C) を, CaO-SiO₂ 系スラグの値として KING⁵⁾ の測定値を用いた。これらの値と測定した接触角 α とより (3) を用いて界面張力を求めた。

(1) 界面張力とスラグ組成の関係

実測した接触角 α とスラグ組成の関係を Fig. 3 に示す。一般に CaO の増加と共に α は大きくなり, スラグの滴の高さが高くなる。この値を用いて計算で求めた界面張力とスラグ組成の関係を Fig. 4 に示す。高温においては, CaO-SiO₂ 系の SiO₂ の含有量の多い組成では溶鉄中の C およびホッパーの黒鉛によつて SiO₂ の還元が顕著で, 測定が困難であつた。そこで還元反応が少なく, かつ表面張力の値の近似している純ニッケルを用いてスラグ組成による界面張力の変化を求めた。その値を Fig. 4 に記した。

その結果, Fe-C 合金, Ni と同様の傾向を示し, 界面張力は CaO の含有量の増加とともに増加している。これは Si_xO₃²⁻ 陰イオンが溶融金属とスラグとの異面に押出されることを示している。CaO-SiO₂ 系と溶融金属との間の界面張力の測定は見られないが種々なスラグ系⁶⁾ についても SiO₂ の増加と共に界面張力の減少がみられる。

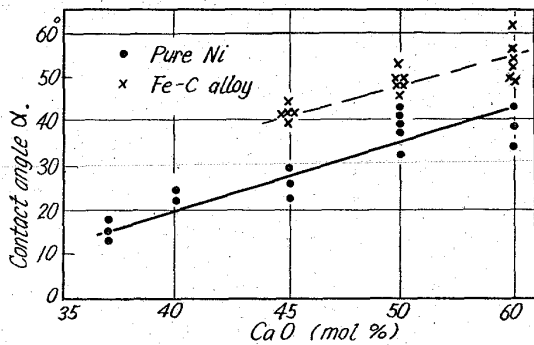


Fig. 3. The effect of composition on the contact angle between the molten metal and CaO-SiO₂ slags. (1570°C)

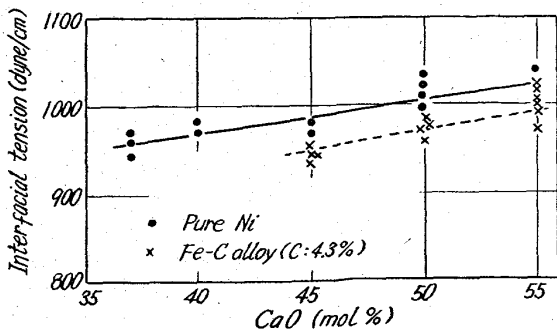


Fig. 4. The effect of composition on the interfacial tension between molten metal and CaO-SiO₂ slags. (1570°C)

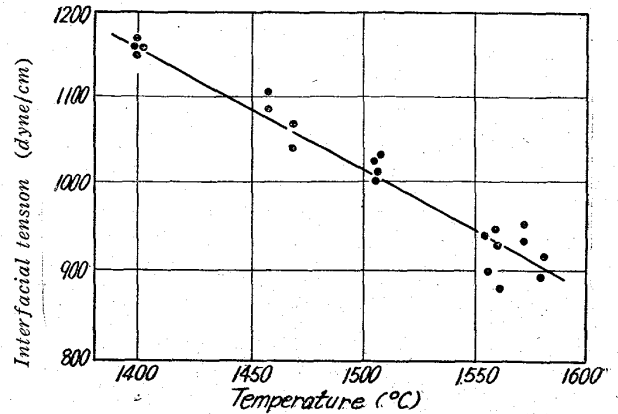


Fig. 5. The effect of temperature on the interfacial tension between the Fe-C alloy (C: 4.3%) and the CaO-Al₂O₃-SiO₂ slag.

(2) 界面張力と温度との関係

溶融金属, 溶融スラグの表面張力は温度の増加と共に減少を示すが, 界面張力も同様と考えられる。CaO-SiO₂ 系については広い温度範囲が測定できないので CaO: 45, Al₂O₃: 15, SiO₂: 40 (mol%) の三元系スラグを用いて溶融 Fe-C (約 4.3%) 合金との界面張力を 1400°C ~ 1580°C の範囲において求めた。その結果を Fig. 5 に示す。1500°C 以下の温度においては測定値にばらつきは少ないが, 1560°C ~ 1580°C においては, ばらつきは大きい。これはスラグ中の SiO₂ の還元反応によるものと考えられる。

界面張力の温度変化は表面張力の変化に比較してかなり大きい。この原因については明瞭にわからないが, 温度上昇と共に SiO₂ の還元が急速に進み, その結果生成した Si が溶鉄表面に集まりスラグの凝集力よりスラグと溶鉄間の粘着力が増大するため, スラグの拡がりが大きいため界面張力は小さくなると考えられる。

V. 結 言

1. 製錬温度 (~1600°C) で溶鉄-溶融スラグ間の界面張力を測定する装置を作成し, 溶融金属上の溶融スラグ滴の形状より界面張力を求めた。
2. CaO-SiO₂ 系スラグと Fe-C (約 4.3%) 合金, 純ニッケル間の界面張力はスラグ中の SiO₂ の含有量の増加と共に減少した。これは Si_xO₃²⁻ イオンが界面に押出されるものと考えられる。
3. CaO-Al₂O₃-SiO₂ 系スラグと Fe-C (約 4.3%) 合金間の界面張力の温度変化は表面張力の変化にくらべてかなり大きい。

文 献

- 1) 足立, 荻野, 西脇, 井上: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1331
- 2) S. I. POPEL: Izvest. V. U. Z. Chernaia. met. (1962) No. 2, 9
- 3) N. F. MILLER: J. Phys. Chem., 45 (1941), p. 1025
- 4) Sh. M. MIKISHVILI A. M. SAMARIN: Izvest. A. H. CCCP. O. T. H. (1957) No. 4, p. 53
- 5) T. B. KING: J. Soc. of glass. Tech., 35 (1950) p. 241
- 6) S. I. POPEL: Doklad. Akad. Nauk. S. S. S. R.

75 (1950) p. 227

7) S. I. POPEL: Izvest. V. U. Z. Chernaia met. (1963) No. 12, 5

66, 14-42, 62, 746, 628, 62, 70, 062, 3

(116) 地疵の生成におよぼす不活性雰囲気造塊の影響

愛知製鋼

小田昭午・○堀 英世・森 甲一・加藤智也

The Effect of the Teeming in the Protective Atmosphere on the Origin of Sand Seams.

Shogo ODA, Hideyo HORI, Koichi MORI and Tomoya KATŌ.

I. 緒 言

鋼材に発生する地疵の生成原因の一つに、造塊過程において溶鋼のうける空気酸化が一般に考えられている。著者らは鋼材に発生する地疵の研究の一環として、不活性雰囲気造塊および大気造塊を実施し、鋼材の地疵発生傾向、ガス含有量および酸化物型介在物に対する溶鋼の空気酸化の影響を調査した。本報ではその実験結果を報告する。

II. 不活性雰囲気

不活性雰囲気造塊を行なう場合、雰囲気調整のため取鍋脱ガス用真空タンクを利用した。その概略図を Fig. 1 に示す。タンク内の空気は高純度 N₂ ガス (日本酸素製、純度 99.995% N₂) で十分置換した。N₂ ガス置換の結果を Table 1 に示す。真空タンクの注入口シール板には、アルミニウム板あるいは薄鉄板を用いた。タンク内の N₂ ガス置換終了後も鑄込みの終るまで絶えず少量のガスをタンク内に送入して空気の混入を防止した。

Table 1. Results of nitrogen replacement in tunk.

Exp.	1 st Exhaust		1 st Supply		2 nd Exhaust		2 nd Supply		3 rd Exhaust		3 rd Supply	
	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
1	15	4	1 1/2	130	7	30	2	125	8	14	9	≧760
2	20	5	1 5/8	88	5	16	1 1/2	120	7	13	12	≧760
3	14	4	2	94	5	15	2	120	6	15	10	≧760

Note ; t : Spent time (sec.) P : pressure after exhaust or supply. (mmHg)

Table 2. Gas contents.

Exp. No.	1		2		3	
	O (%)	N (%)	O (%)	N (%)	O (%)	N (%)
Nitrogen	0.0041	0.0109	0.0039	0.0118	0.0040	0.0116
Air-1	0.0041	0.0111	0.0044	0.0112	0.0042	0.0103
Air-2	0.0043	0.0112	0.0044	0.0116	0.0039	0.0101

Note ; Air-1 : Ladle-Ingot Case Distance 850mm
 Air-2 : Ladle-Ingot Case Distance 250mm

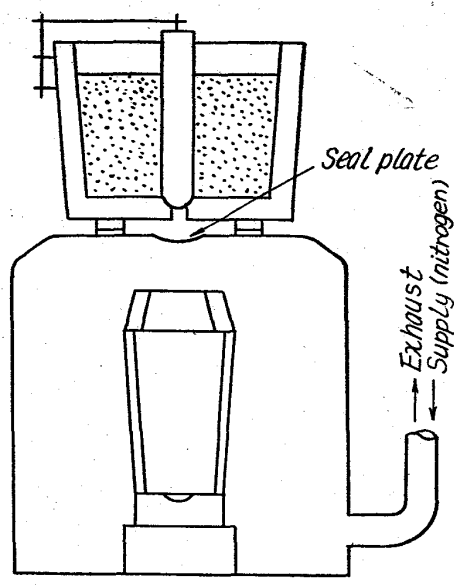


Fig. 1. Assembly of teeming in protective atmosphere.

III. 実 験

本実験の実験鋼種として、空気酸化を受けやすいと思われる合金肌焼鋼クロム鋼 22 種 SCr 22 を選んだ。10 t 塩基性電気炉で溶解し、出鋼後取鍋で脱酸および結晶粒度調整用 Al を 500 g / t 添加して、以後の各種雰囲気での造塊に供した。実験は 3 回行ない。造塊法としてはいづれも上注法を採用した。なお取鍋-鑄型間の距離は、不活性雰囲気造塊の場合はタンクの構造工 850mm、大気造塊の場合は 850mm および 250mm で行なつた。

IV. 実験結果

(1) 鋼塊鑄肌

3 回の実験を通じて不活性雰囲気造塊した鋼塊の肩部表面には、タンクの注入口シール板の材質や鑄込速度に