

Fig. 3. Elongation curve of a stopper-sleeve.

e. 試験回数 13 charges

f. 測定 5分毎に取鍋を保持するキャスティングガー上より sleeve 上の鋼 washer に取付けた compass-needle とナットに取付けた目盛盤を眼鏡を使用して読み取った。

2) 膨張曲線

上記の要領で行った 13 charges の sleeve 膨張の平均値を Fig. 3 に示す。

横軸に stopper 取付後の時間(分), 縦軸に stopper-sleeve の伸びと rod の膨張の合成 (mm) を示す。溶鋼注入終了直後, 取鍋内温度は約 400°C であるが, 新しい nozzle, stopper を取付けて受鋼するまでに約 6mm 程度の膨張を示し, 受鋼と同時にその膨張は急激に増加し受鋼完了時には 15mm に達しその後鍋移動中の 2~3 分の経過により膨張は最高となり約 19mm となる。次で注入開始とともに漸次縮少し注入終了時には 11mm の膨張を残す。

III. 考察と対策

1) 上記の試験においては結局, 膨張の最大値は 19~20mm とみなすことが出来るから sleeve 煉瓦の膨張代を 19~20mm とればよい。当工場の如く 藁 washer を使用する場合は藁の焼失後の残留灰化物を考慮に入れ sleeve 煉瓦の上端と締付 nut の間隙を決定すればよいわけである。

2) 併しながら sleeve 煉瓦の膨張代を藁 washer により逃げたとしても, スピンドルの下部にフランジがついていなければピン吊式ならびにネジ込式 stopper の何れにおいても sleeve 煉瓦の荷重のすべてが stopper-head にかかり bottom-sleeve や stopper head の割れ発生の原因となる。したがって head にかかる sleeve の荷重を無くするために固定式フランジ付き stopper-spindle を採用し sleeve 煉瓦の荷重をこれによつて受けている例もあるが, しかし sleeve 煉瓦に関しては若干の寸法誤差を避けることが出来ないのが通常であり, このために組立時に bottom sleeve 下端と head 上端との間隙が一定せず, 固定式フランジ付き stopper-spindle を使用しても間隙が多くあるときはそこに溶鋼が差込みまた逆に間隙が全くないときは stopper head の上端に sleeve 煉瓦の全重量がかかるため, spindle の溶断あるいは sleeve または head の割れとなり stopper 事故が起ることが多い。

3) 上記の理由により今回 Fig. 4 の如く spindle の下部にねじを切り上下に移動可能なフランジ (ナット)

を取付けこれにて sleeve の荷重を支えるとともに bottom sleeve と head の間隙を煉瓦の寸法誤差に応じて調整出来るようにしたいいわゆる「移動式フランジ付き stopper-spindle」(実用新案申請中) を考案した。

この方式の利点としては a) フランジの上下調節により bottom sleeve と head の間隙の調整が容易となり, 煉瓦の寸法誤差を吸収出来る。b) 全 sleeve の重量をフランジで支えるため head に荷重がかからない。c) ピン吊式およびねじ込式の何れの方式にも採用できる。

当工場においては現在この移動式フランジ付き stopper をねじ込式 stopper に応用しこれを全面的に使用すべく切替中で 41 ch/day (転炉 1 基) 出鋼中 10~15 ch についてこの新方式 stopper を使用しているが Table 1 に示す如く現在までの所 stopper による事故は未だ 1 件も発生していない。

Table 1. Comparison between screw-type & pin-type.

	Screw-type		Pin-type
	Flange (movable)	No-flange	Flange (fix)
Clearance between sleeve & head in setting	3mm	0 mm	0 mm
Total No.	20	5	40
Crack	0(0%)	3(60.0%)	34(85.0%)

669.18.096.578:62 / 1.296.572  
621.1746.32 No. 62005

(85) 取鍋による溶鋼の温度降下について

日本特殊鋼

工博 沢 繁樹・O森 俊雄・飛世 茂  
小野清雄・鈴木孝明・西片孝八

On the Temperature Drop of Molten Steel in a Ladle.

Dr. Shigeki SAWA, Toshio MORI,  
Shigeru TOBISE, Kiyoo ONO,  
Takaaki SUZUKI and Kohachi NISHIKATA.

I. 緒 言

適切な注型温度制御のためには, 出鋼, 注型間の溶鋼温度降下に影響する因子を明らかにすることが望ましい。この間の溶鋼の主要熱損失を列挙するとつぎの通りである。

1) 出鋼時の溶鋼流の輻射熱損失

- 2) 出鋼中の取鍋内溶鋼の輻射熱損失  
 3) 出鋼後の葉投入までの取鍋上方への輻射熱損失  
 4) 出鋼後の葉投入後の取鍋上方への輻射熱損失  
 5) 取鍋煉瓦の吸収熱量

- 6) 内流による熱損失  
 本報告は 20 t 取鍋につき 1)~5) 項の測定結果を纏めたものである。

## II. 輻射熱損失の測定

Table 1. Radiation heat loss from the tapping stream.

Test No.	Specification	Radiation temp. °K	Radiation heat cal/cm <sup>2</sup> s.	Time for tapping s.	Table radiation heat cal.
5	SUS 37	1833	15.3	81	1.09 × 10 <sup>7</sup>
6	SUJ 2	1783	14.6	105	1.34 × 10 <sup>7</sup>

Table 2. Radiation heat loss from the surface of steel in the ladle during tapping.

Test No.	Radiation heat cal/cm <sup>2</sup> s.	Table open surface cm <sup>2</sup> s.	Total radiation heat cal
5	15.3	1.85 × 10 <sup>6</sup>	5.61 × 10 <sup>6</sup>
6	14.6	2.47 × 10 <sup>6</sup>	7.05 × 10 <sup>6</sup>

- 1) 輻射高温計の目盛を黒体炉で校正しておく、測定値より次式により輻射熱量が求められる。

$$E = \alpha \cdot T^4 \cdot S \cdot t$$

E: 輻射熱量, T: 絶対温度

S: 表面積, t: 時間

出鋼流につき S を写真測定により求め、輻射熱量を計算すると Table 1 の通りである。

2) 出鋼の経過とともに取鍋内を上昇する溶鋼面より輻射される熱量は、溶鋼面より取鍋開口を望む立体角内

Table 3. Radiation heat loss from the surface of steel in the ladle just after tapping to straw covering.

Test No.	Radiation heat cal/cm <sup>2</sup> s.	Time interval s.	Open surface cm <sup>2</sup>	Correction factor of solid angle	Total radiation heat cal.
5	15.3	135	2.47 × 10 <sup>4</sup>	0.380	1.92 × 10 <sup>7</sup>
6	14.6	135	2.46 × 10 <sup>4</sup>	0.380	1.84 × 10 <sup>7</sup>

Table 4. Radiation heat loss during pouring just after straw covering to the end of casting.

Test No.	Time after straw covering s.	Radiation temp °K	Radiation heat cal/cm <sup>2</sup> s.	Hot surface cm <sup>2</sup>	Total radiation heat cal.	Correction factor solid angle	Total radiation heat cal.
5	1251	1102~1351	2.80~4.50	9.41	31.66	0.365~0.100	7.195
6	1909	1096~1523	2.00~7.26	71.00	78.07	0.365~0.092	69.600

Table 5. Heat loss due to conduction to the side wall bricks.

Test No.	Preheat of ladle	Waiting time mn	Killing time mn s.	Casting time mn s.	Heat loss to side wall. cal.
1	Good	8	2.29	26.05	6.71 × 10 <sup>7</sup>
2	Excellent	6	3.02	12.14	4.36 × 10 <sup>7</sup>
3	Bad	30	2.00	24.00	7.86 × 10 <sup>7</sup>
4	Normal	14	4.00	24.28	7.18 × 10 <sup>7</sup>
5	Normal	23	4.21	17.42	7.86 × 10 <sup>7</sup>
6	Excellent	14	4.29	28.40	7.03 × 10 <sup>7</sup>
7	Good	13	2.20	15.17	5.98 × 10 <sup>7</sup>
8	Normal	12	5.30	19.48	7.14 × 10 <sup>7</sup>
9	Normal	16	6.09	21.51	7.65 × 10 <sup>7</sup>

Table 6. Temperature drop of molten steel in the ladle.

Test No.	Temperature drop due to radiation °C				Temperature drop due to conduction °C		Total temperature drop. °C			
	Tapping		Killing and casting		Side wall	Bottom	Calculated		Actual	
	Stream	Ladle pool	Before straw cover	After straw cover			Final	Initial	Midst	Finel
5	4.0	2.1	7.1	0.5	43.7	8	65.4	80	70	85
6	5.2	2.7	7.3	15.7	43.8	8	82.7	60	80	100

の分が失われ、取鍋煉瓦に輻射される分はことごとく煉瓦に吸収されると仮定して、図上積分により求めた。Table 2 はその結果を示す。計算には煉瓦の溶損による取鍋寸法の補正を加えた。

3) 同様にして、出鋼後藁投入までの輻射を求めると Table 3 の通りである。

4) 出鋼後藁を十分に投入し、鋼滓面が藁灰で覆われると、取鍋上方の輻射温度は  $900^{\circ}\text{K}$  以下で、輻射熱量も無視し得る値である。しかし時間の経過とともに、周辺部からの鋼滓面が露出し始める。取鍋上方から観測し写真測定により鋼滓露出面積を求め、各部の輻射温度を測定して、集計すると Table 4 の通りである。SUJ2 は藁の効果を確認するため、特に藁投入量を  $1/2$  としたもので、輻射熱量が大きく、溶鋼の温度低下も著しい。

### III. 取鍋煉瓦の吸収熱量の測定

20 t 取鍋側壁煉瓦上下 2 カ所にそれぞれ炭珪煉瓦の肉厚の中心、炭珪煉瓦とシャモット煉瓦の境界、およびシャモット煉瓦と目地の境界に P R 熱電対を挿入固定して、取鍋の乾燥、予熱、出鋼より注型に至る温度変化を連続記録した。Fig. 1 は新鍋乾燥の一例で最外周の温度記録により乾燥終了時期を知ることが出来る。予熱期間中煉瓦表面の温度は急速に上昇するが、加熱打切りと共に急速に冷却することが知られる。出鋼以後の取鍋煉瓦の温度変化は Fig. 2 の経過を辿るから、煉瓦断面の温度分布曲線 Fig. 3 を得る。煉瓦の表面近くの温度分布は、取鍋回数が増して、煉瓦の薄くなった時期に測定すれば、その形状を窺うことが出来る。

Fig. 3 より図上積分により取鍋側壁の吸収熱量を計算出来る。Table 5 はその結果を示し、取鍋の予熱がよく、出鋼待時間が短く、注型所要時間の短いほど、取鍋煉瓦への熱損失は少くなることが知られる。鍋底煉瓦については測定しなかつたが、温度伝達率、煉瓦量、接触時間等より、側壁の約  $1/5$  と推察される。

### IV. 出鋼より注型終了までの溶鋼の温度降下

以上の計算から、取鍋内の溶鋼が常に均一温度を保つと仮定して、最後に流出すべき溶鋼の温度降下を求めると Table 6 の通りである。実際にはこのほかに空気の流れ、取鍋煉瓦の反射等の熱損失が加わる。これらの熱損失は主として溶鋼上面に関するもので、輻射熱損失と共に、溶鋼を覆う鋼滓の性状と量、藁灰其他の保温方法等に大きく影響される。藁灰を減量した実験 No. 6 が熱損失が大きく、実際にも注型末の温度降下が激しいことは如何に溶鋼上面の保温が大切かを示すもので

ある。

### V. 結 言

取鍋煉瓦内に熱電対を挿入する伝熱損失の測定および輻射高温計と写真による輻射損失の測定を行い、溶鋼の取鍋における温度降下におよぼす因子を定量的に求めようとした。測定には誤差の入りやすい要素があり、計算には若干の仮定を加えたので、未だ充分の結果が得られないが、取鍋の予熱条件と溶鋼表面の保温が主要因子として取上げられるべきであり、それが実際作業上にどの程度影響するかの概要をつかみ得たと思われる。

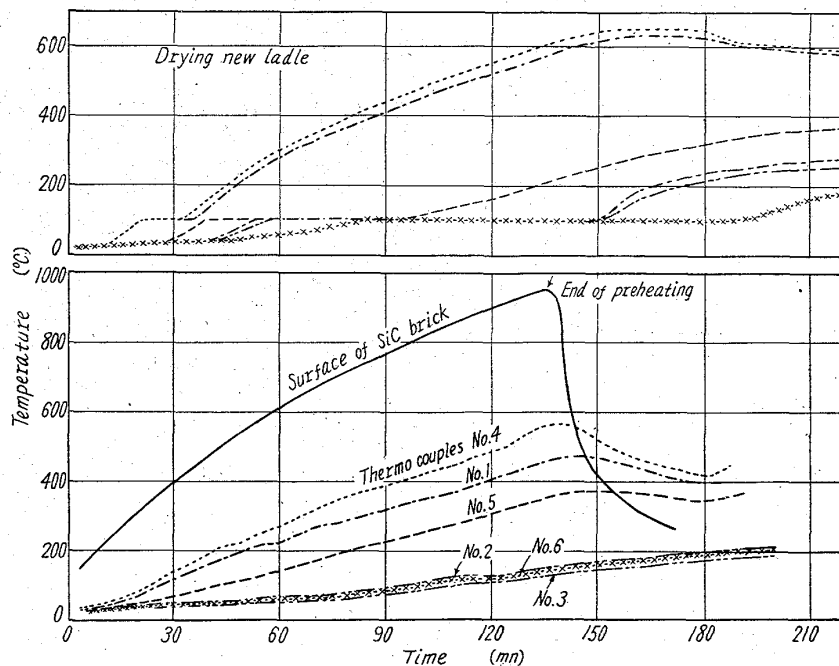


Fig. 1. Temperature change in the ladle bricks during drying (upper) and preheating (lower).

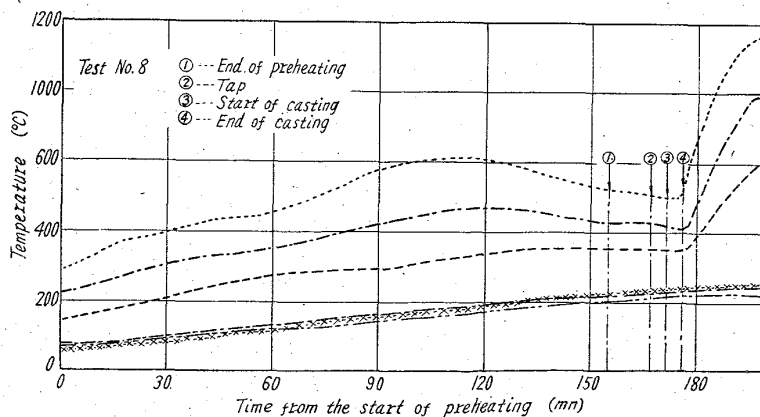


Fig. 2. Temperature change in the ladle bricks.

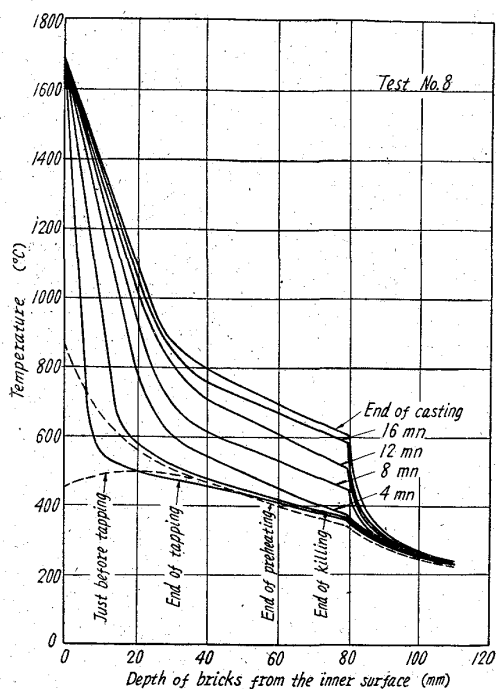


Fig. 3. Temperature distribution curve in the lower part of side wall of the 20t ladle.

69.141.241.4  
621.746.2.016:61.937

(86) 酸素造塊法の研究

P. 486 ~ 487  
川崎製鉄千葉製鉄所

岩村 英郎・佐々木健二  
門田 好弘・〇五十嵐清之

Study on Teeming in Oxygen Atmosphere.

Hideo IWAMURA, Kenji SASAKI,  
Yoshihiro KADOTA and Kiyoyuki IGARASHI.

I. 緒 言

通常の低炭リムド鋼は凝固の際に活発なりミングを行なうが、炭素含有量が高まるにしたがつてりミングが弱まり、0.25%以上になるとほとんど認められず、これに伴って製品鋼板の材質も悪化することが知られている。中炭リムド鋼を製造する場合りミング促進の目的でミルスケールを使用している所が多いが i) 溶鋼温度の低下 ii) これに伴う未溶解物による非金属介在物の増加などのために使用量に制限があり C 0.20% 以上ではりミング助長を行なっても充分でなく材質的に何らかの欠陥が残る現状である。これらに対して発熱性のりミング促進剤などの研究がなされているようであるが決定的な効果については聞きおよんでいない。これらの制約を受けることなく効果的にりミングを促進する方法として“酸素造塊法”の研究を行なつて来たが良好な結果が得られたので基本的な事項について報告する。

II. 酸素造塊法

酸素造塊は Fig. 1 に示すように注入中の溶鋼流に側面から酸素ガスを吹付けるもので、吹付と同時に鑄型内溶鋼表面を酸素ガス雰囲気にする事により捲込みによる鋼中酸素富化を狙っており吹付ノズルを下向きにしてある。このようにして酸素造塊を行なつた場合 i) FeO の茶褐色の細かい塵煙が発生する。 ii) リミングが活発化する。 iii) スカムの発生量が減り細くなる。 iv) 鋼塊頭部膨脹が減少する、等りミングの活発化を示すいくつかの現象が認められる。

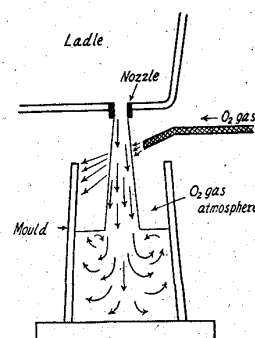


Fig. 1. Teeming in oxygen atmosphere.

III. リミングにおよぼす影響

“酸素造塊法”の効果を端的に表し同時にリミングの強さを示すものとして溶鋼中の酸素含有量の挙動を調べた結果をFig. 2 に示したが酸素造塊条件との間に明瞭な関係が認められた。鑄型内溶鋼中の過剰酸素量  $\Delta O$  (C-O 平衡値との差) は造塊酸素使用量の多いほど高くなり、リミングが活発化することを示している。また酸素造塊の効果を直接求めるために酸素吹付前後での溶鋼中酸素量の差を求めて酸素造塊条件との関係を探ってみると過剰酸素量の挙動と全く一致し、いづれも造塊酸素使用

$$\Delta O_1 = O \text{ (鑄型内注入直後試料……ポンプ)}$$

$$- O \text{ (取鍋下試料……スプーン)}$$

量  $10 \text{ Nm}^3/10 \text{ t}$  当り  $O$  は  $0.0016 \sim 0.0017\%$  増加する。

(なお造塊酸素を使用しない場合の取鍋下試料の  $O$  が約  $0.0090\%$  低いがこれは試料の採取方法による差であり、総ての場合この効果を同一として考えてよい) 以上のように“酸素造塊法”は鋼中酸素の富化にきわめて有効で過剰酸素を高めりミングを活発化させる。

鋼塊頭部膨脹に対しても“酸素造塊”は有効で多量に使用することにより膨脹が減少する。

IV. 材質におよぼす影響

以上認められたりミングの活発化に伴って材質上い

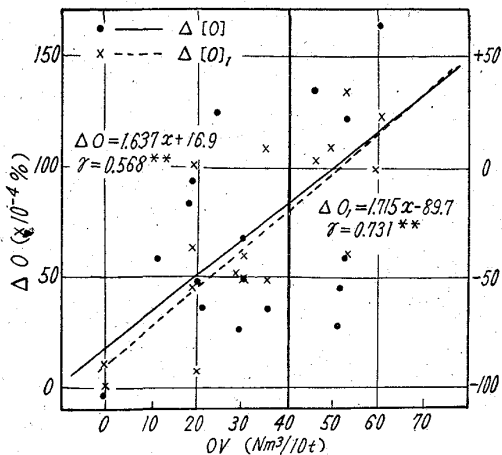


Fig. 2. Effect of oxygen jet on oxygen content in molten steel.