

層流の最初の部分の液滴が定盤に衝突する点より14.5 cm のところに巾 2cm の濾紙(東洋濾紙定量用 No. 7, 厚さ 0.14mm) を立て赤インクで着色した水のスプラッシュを付着させ、その大きさおよび数を測定した。滴下流の場合には濾紙の前面にプラスチック製のシャッターを立て、これに巾 2cm, 高さ 50cm のスリットをつけておき、シャッターを移動させたときスリットを通りつて濾紙に付着するスプラッシュを測定した。濾紙に付着したスプラッシュを調べた結果、径 0.4mm 以下のものは数が少なく量的に見て無視して差支えないことが知られたので、径 0.4mm 以上のスプラッシュについてその大きさおよび数を測定した。水銀を使用した実験では水平方向においたビニール布(巾 2cm, 長さ 250cm) に油を塗布しこれに付着した水銀滴の重量を測定する方法によつた。

容器内の液体ヘッドを 2~20cm に変えることにより流出速度  $v$  を変化させ、またノズル出口より定盤までの落下距離  $h$  を 30~170cm に変え、ノズル径  $d$  を 3, 6, 12cm に変えて実験した結果スプラッシュ量  $V$  は  $V \propto v^{3/2}$ ,  $V \propto h$ ,  $v \propto d$  の関係にあることが知られた。

粘性  $\mu$  の影響を検討するためにグリセリン溶液を、表面張力  $\sigma$  の影響を知るためにアルコール溶液を用いてスプラッシュ量を測定した。この結果を使用し、液体の比重  $\rho$ , 重力の加速度  $g$  を考慮に入れて次元解析的に整理し次式を得た。

$$V = k d h v^{3/2} \mu^{-1/2} \sigma^{-1} \rho^{3/2} g^{1/2} \dots \dots (1)$$

$k$  は常数である。

定盤上に液体が溜つてくると上記測定法によつて求められる飛距離の大きいスプラッシュは減少する。

#### IV. 結果の考察

(1)式より水銀と水および溶鉄と水の同じ幾何学的条件下における液滴によるスプラッシュの体積比を求めると  $V_{Hg}/V_{H_2O} = 5.8$ ,  $V_{Fe}/V_{H_2O} = 0.7$  が得られる。水銀を使用して検討したところ  $V_{Hg}/V_{H_2O} = 5.1 \sim 5.7$  の値が得られ、ほぼ(1)式の妥当なことが知られた。したがつて(1)式より溶鉄の場合のスプラッシュ量を推定できるが、溶鉄の場合酸化、凝固などの要因も加わつて複雑になるであろう。

(1)式について長さの次元の項を一括して  $L$  で表わし書き直すと次式が得られる。

$$V \propto \left( \rho \frac{vL}{\mu} \right)^{1/2} \left( \rho \frac{v^2 L}{\sigma} \right) \left( \frac{v^2}{Lg} \right)^{-1/2} \dots (2)$$

右辺第一項は REYNOLDS 数, 第2項は WEBER 数, 第3項は FROUDE 数である。したがつてスプラッシュに関

するモデル実験では REYNOLDS 数, FROUDE 数よりも寧ろ WEBER 数を揃えることが必要であることが判る。

#### V. 結 言

上注ぎ造塊時における鑄造流が定盤に衝突して生ずるスプラッシュに関する基礎的実験の結果つぎのことが知られた。

液体が層流あるいは層流に近い乱流の場合は流出の最初の液滴部分によるスプラッシュ以外にはスプラッシュは発生しない。滴下流の場合にはスプラッシュの発生がいちじるしいが定盤上に液体が溜つてくると飛距離の大きなスプラッシュは減少する。

水, 水銀, グリセリン, アルコール溶液などについて液滴によるスプラッシュ量を測定して(1)式の関係を得た。(1)式より溶鋼が滴下流になつた場合のスプラッシュを推定できる。

### (64) 取鍋脱ガス法の特徴

(取鍋脱ガス法の研究—I)

愛知製鋼刈谷工場

川西 正洋・O森 甲一

Special Features of Vacuum Degassing in a Ladle.

(Study of vacuum degassing in a ladle—I)

Masayoshi KAWANISHI and Koichi MORI

#### I. 緒 言

溶鋼の真空処理における取鍋脱ガス法は、ソ連をはじめとしてアメリカ、ドイツで鍛造品、圧延品、型用鋼、軸受鋼などに適用された例が報告されている<sup>1)~3)</sup>。わが国における特殊鋼の製造では、小型でしかも多数の鑄型を使用しており比較的小容量の溶鋼を処理する機会が多い。このような条件下では、取鍋脱ガス法あるいは真空揚動法(DHBU法)<sup>4)</sup>、循環脱ガス法<sup>5)</sup>による真空処理が注目されよう。

当社では鍛造品、型用鋼、含 Ni 鋼、軸受鋼などの白点欠陥の防止、鋼材の品質改善を目的として真空鑄造法を採用し、流滴脱ガス法、取鍋脱ガス法の研究を進めた。

本法は白点防止に対して十分なる脱ガス効果を有し、通常の製鋼作業をなんら阻害することなく適用できる。他の処理法に比して操業費が安く設備の保守、操業がより簡単である。一方、本法は取鍋内の溶鋼静圧のため均一脱ガスが懸念されていたが当社の研究では脱ガスはもろろんのこと処理中に添加される元素も十分均一になることが確認できた。未だいろいろの問題を残してはいる

Table 1. Removal of gases in molten steel by vacuum degassing in a ladle.

Steel	Charge No.		[H]ppm	[O] ppm	[N]ppm
0.35%C	H 856	Before degassing	2.8	69	101
		After "	1.0	55	78
		Decrement (%)	64.3	20.3	22.8
"	G 1946	Before degassing	—	61	77
		After "	0.8	48	60
		Decrement (%)	—	21.3	22.1
0.55%C	H 931	Before degassing	2.9	53	90
		After "	1.9	42	72
		Decrement (%)	34.5	20.8	20.0
1.0%C	H 700	Before degassing	1.8	46	77
		After "	1.3	44	65
		Decrement (%)	27.8	4.3	15.6
"	H 701	Before degassing	2.2	54	91
		After "	1.6	44	82
		Decrement (%)	27.2	18.5	9.9
1%C-1.5%Cr	H 725	Before degassing	—	29	85
		After "	2.1	28	70
		Decrement (%)	—	3.5	17.6
"	H 731	Before degassing	3.6	31	88
		After "	2.8	29	78
		Decrement (%)	22.2	6.5	11.4
"	H 811	Before degassing	3.5	60	91
		After "	2.2	59	78
		Decrement (%)	37.2	1.7	14.3
* 0.55%C-Ni-Cr-Mo-V	E 2342 (5.4 t)	Before degassing	4.6	52	92
		After "	3.2	47	79
		Decrement (%)	30.4	9.6	14.1
* "	E 2343 (5.4 t)	Before degassing	6.0	53	84
		After "	2.7	44	71
		Decrement (%)	55.0	17.0	15.5

\* 5.4 t

が、特殊鋼における取鍋脱ガス法を一応成功に導いたのでその概要について報告する。

### II. 設備の概要

真空タンクは 5 t, 20 t を設置し、真空ポンプは 3 段 2 系列でメカニカルブースターを採用しており最大排気量は 120 Nm<sup>3</sup>/mn である。除塵にはサイクロン、樹脂フィルターを併用している。最初 5.4 t の溶鋼で基礎研究を行ない、それらの結果に基づいて 11.5 t の溶鋼を処理した。11.5 t に対し 17 t 取鍋を設計して処理中のボイルを十分ならしめた。

### III. 脱ガス効果

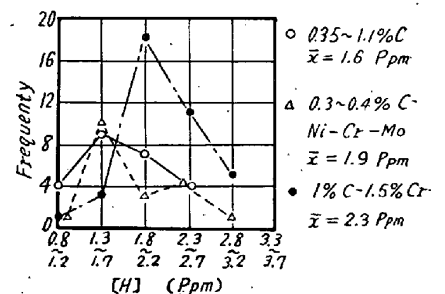
本法では約 5~12 分間の処理で、水素 26~65%、酸素 5~22%、窒素 10~23% の減少が認められる。これは 5.4 t, 11.5 t の場合いずれも大差はない。脱ガス効果は、真空度と同時に鋼種にも影響される。

脱ガス状況の代表例を Table 1 に示す。

#### (1) 水素の除去

鋼中の水素含有量は銅鑄型に試料を鑄込み、900°C で真空加熱法により定量した。11.5 t 溶鋼における処理後の [H] を Fig. 1 に示す。

またチャージ数が少ないため図示しなかつたが、0.55% C-Ni-Cr-Mo-V 型用鋼、1.3% C-8% Cr 鋼の処理後の平均 [H] はそれぞれ 2.7 ppm (n=5), 1.9 ppm (n=9)



註： 図中 Ppm は ppm の誤り  
Fig. 1. Hydrogen content after degassing. (11.5 t)

である。

一般に真空処理における脱水素は C-O 反応による CO 気泡の発生に伴って行なわれる。したがって [O] の活量を下げる元素が含まれると C-O 反応が抑制され脱水素効果が減少すると考えられる。脱ガス量は炭素鋼の場合が大きい。しかし 1.3% C-8% Cr 鋼のごとく Cr 単独で含有される場合ならば 8% 程度では脱水素に影響ないといえる。

一方、0.4% C 鋼で処理前に Al を投入し完全に鎮静した溶鋼を処理したところ 45% 脱水素された。すなわ

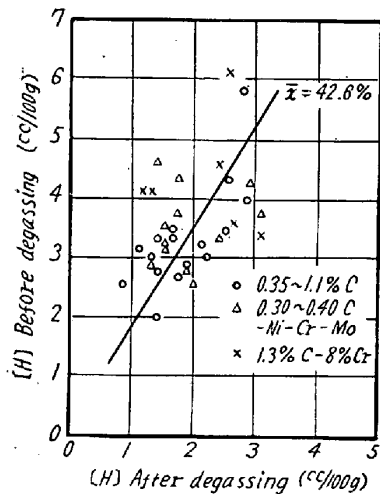


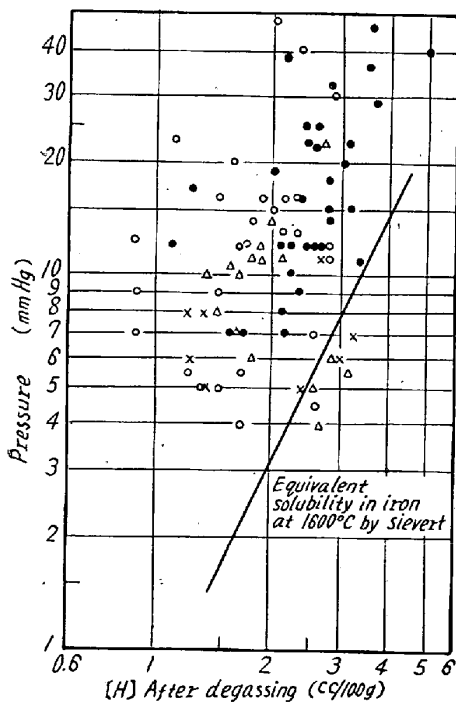
Fig. 2. Decrement of hydrogen content. (11.5 t)

ち [O] の活量が相当下げられていても真空度が良くなれば SIEVERT の法則にしたがい十分脱水素が可能である。

Fig. 2 に、処理前後における水素含有量の変化を示した。

また Fig. 3 に到達真空度と水素含有量との関係を示した。

図のなかの各点は SIEVERT の平衡溶解



○ 0.35~1.1% C    ▲ 0.3~0.4% C-Ni-Cr-Mo  
● 1%~1.5% Cr    × 1.3% C-8% Cr

Fig. 3. Relation between [H] and pressure at the end of treatment.

度曲線より上にあり、十分脱ガスされていることがわかる。

(2) 酸素, 窒素の除去

酸素は浸漬鑄型で試料を取り 1800°C で真空溶融法により定量した。Table 1 に示したごとく炭素鋼で約 20% 脱酸されている。ところが合金鋼では 10% 以下である。これは [O] の活量が低くなっているからであろう。処理後の [O] は 0.0030~0.0050% の間にある。窒素は炭素鋼で約 20%, 合金鋼で約 15% の減少率が得られる。処理後の [N] は 0.0065~0.0080% の間にある。水素減少率の大きいほど酸素, 窒素の減少率は増大している。

IV. 成分の均一性および合金歩留

(1) 水素

11.5 t の溶鋼において処理後の水素含有量の偏析を調査するため、鑄込中ノズル下より数個の試料を取り分析したところほとんど差はなかつた。したがって均一に脱ガスされていることがわかる。

(2) 処理末期に添加した Al

処理後取鍋中に Al を添加した場合 55~80% の歩留が得られるが、取鍋内の偏析はある程度まぬがれない。そこで処理末期に未だボイルの衰えていないときに Al を投入した。その結果は Table 2 に示すごとく歩留、均一性ともに良好であつた。

Table 2. Addition of aluminum in vacuum degassing.

Steel	Soluble Al (%)				Yield (%)
	Pouring 1/12	" 3/10	" 5/10	" 8/10	
0.35% C	0.015	0.014	0.014	0.014	54.1
0.35% C	0.018	0.016	0.018	0.017	70.3

V. 総 括

本法は約 5~12 分間の処理で十分なる均一脱ガスが得られる。脱ガス効果は炭素鋼がすぐれ、合金鋼ではとくに酸素の減少率が劣る。処理後に添加される Al の歩留は飛躍的に上昇し 55~80% の歩留が得られる。

文 献

- 1) C. W. FINKL: Metal Progress, 76 (1953) 3, p. 111~114
- 2) K. G. SPEITH, et al: Stahl u. Eisen, 80 (1960), p. 737~744
- 3) G. N. OIKS, et al.: Stal, No. 4 (1960) p. 246 250
- 4) F. HARDERS, et al.: Stahl u. Eisen, 76 (1956), p. 1721~1728
- 5) H. THIELMANN, et al.: Stahl u. Eisen, 79 (1959), p. 276~282