

## リムド鋼の凝固途上のガス放出について

(昭和 25 年 4 月本會講演大會に於て發表)

下川 義雄\*・田上 豊助\*

## EVOLUTION OF GASES FROM RIMMING-STEEL INGOTS

Yoshio Shimokawa and Toyosuke Tanoue

## Synopsis:

Evolution of gases from rimming-steel ingots during solidification was studied, with the results as follows.

(1) Most of gas evolution curves have maximum value, for volume of evolved gases increases at the beginning of solidification and then decreases. The volume of gases and position of maximum value are to be affected by the C, Mn and O<sub>2</sub> content of metals.

(2) The main composition of gases are CO (91~85%), CO<sub>2</sub> (4~1%) H<sub>2</sub> (4~11%) and N<sub>2</sub> (0.5~4%) and during solidification CO and CO<sub>2</sub> decrease, but H<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> increase gradually.

(3) CO and CO<sub>2</sub> in gases and C or O<sub>2</sub> in molten metal are approximately in equilibrium.

(4) Gas pressure of molten metal is about 1.5 atm., and this value is coincident with the presumed value from the ingot structure.

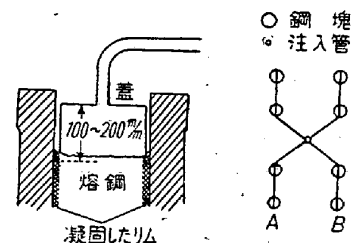
Besides, the relation between the gas evolution and ingot structure as well as a probable mechanism of blowhole formation were studied.

## I. 緒 言

リムド鋼は凝固に際し多量のガスを放出しながら凝固するという点でキルド鋼と著しい対照をなし、このガス放出がリムド鋼の特徴ある鋼塊構造を起すものと考えられる。従つてリムド鋼塊を理解するには凝固途上のガス放出の状況を把握することが最も重要な基礎であると考えられる。凝固途上のガス放出に関しては主として Balanced Composition 以下の C 含有量のリムド鋼に就ては Chipman<sup>1)</sup> の研究がある。著者等は C 0.12~0.18% のリムド鋼に就き略同様な方法でガス放出の状況を観察した。

## II. 実験方法

本実験に際しては鹽基性平爐で造つた C 0.12~0.18%, Mn 0.25~0.41%, Si tr のリムド鋼を 1200kg の當所で通常使用されている A 型と呼ばれる下注鑄型に注入し、注入終了と同時に第 1 圖に示すような鐵板製の蓋で覆い放出されるガスをパイプで導いてガス量を測定し、真空ポンプを用いて分析試料ガスを採取した。蓋は豫め酸洗してスケールを除去し之れによつてガス組成の變化を防止し、分析には水銀及び CO<sub>2</sub> で飽和した水を用いたオルザット分析装置を使用して極力正確を期した。ガ



第 1 圖 瓦斯採取方法並びに試料採取位置  
(A) 試料採取方法 (B) 試料採取位置  
A=瓦斯採取 B=鋼浴試料採取

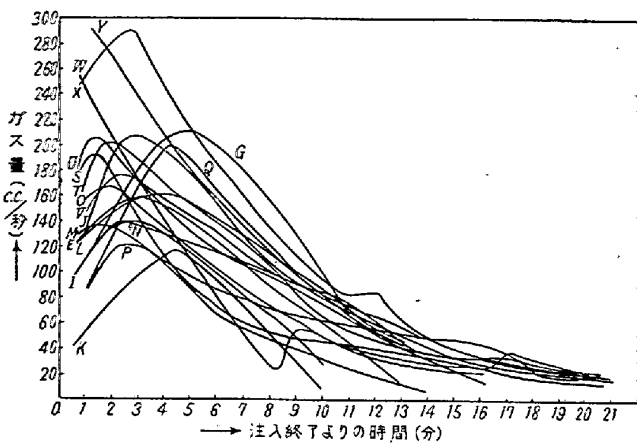
ス量の測定は注入終了直後より鋼塊頭部が自然凝固或いは膨脹により閉鎖する迄 15~25 分間行い、その間 4~7 回ガス分析試料を採取した。これと併行して第 1 圖に示した如く對稱の位置にある鋼塊より凝固途上の鋼浴試料を採取した。又ガスを採取した一部の鋼塊は縦斷して鋼塊組織の調査に供した。

## III. 実験結果

## (1) ガス放出速度並びにガス量

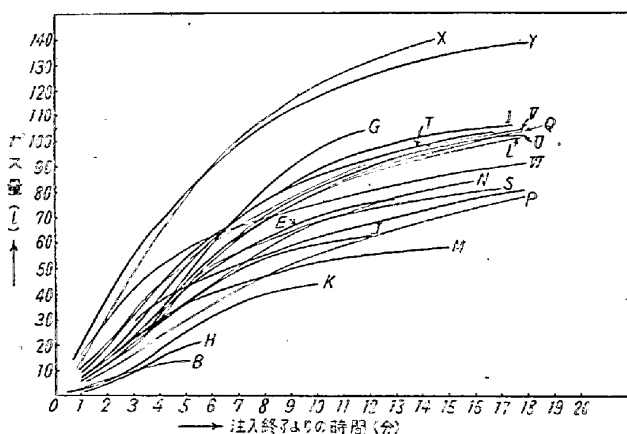
測定したガス放出の状況は第 2 圖に示した通りである。圖に見られる如く溶解毎にガス放出曲線は種々の形を畫くが一二の場合を除き何れも一度最大値に達し以後

\* 新扶桑金屬工業鋼管製造所



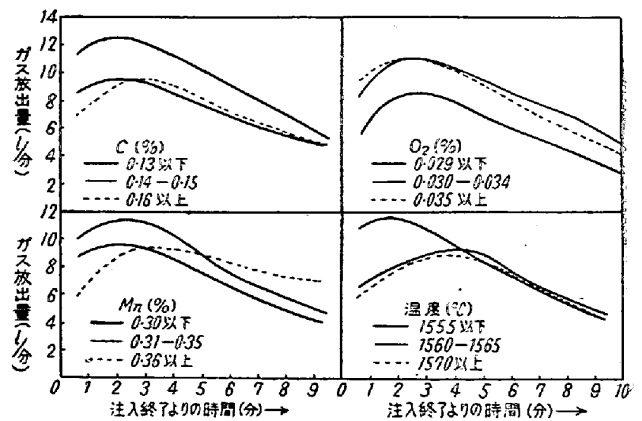
第2圖 ガス放出曲線

減少する。尙圖中には細い起伏は省略したが特に注入終了後 10 分前後より不規則な最大最小を繰り返すのが普通である。最大値の位置及び量は個々の溶解によつて可成り異り最大放出量 300cc/sec 位のものから 100cc/sec 以下のものまでである。又その位置も注入途上にあつて實驗結果からは認められないものから注入終了後 5 分位で達するものまでである。この最大値の位置及び量は測定の際の蓋の被せ工合によつて若干の誤差はあると思われるが、最大値の存在すること及び溶解毎にその位置の變化することは間違ない事實であると考えられる。Chipman の低炭素リムド鋼の測定結果では最大値の存在は認められていないが恐らく低炭素鋼の場合は注入途上に存在するのではないかと思われる。第2圖よりガス放出量を求めると第3圖の如くなる。鋼塊頂部が閉鎖する迄 60~150l のガスを放出している。

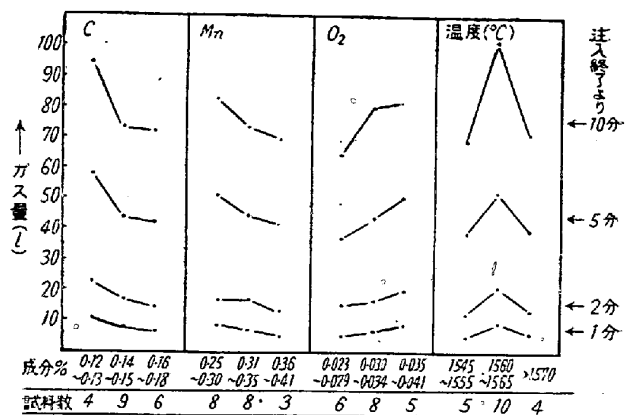


第3圖 ガス放出量

これ等のガス放出の状況は溶鋼の組成温度等によつて影響されると考えられるので夫々の因子につき平均の傾向を調査した。第4圖は C, Mn, O, 及び温度がガス放出曲線に及ぼす影響を求めたもので C の低いものはガ



第4圖 ガス放出曲線に及ぼす C, Mn, O 及び温度の影響



第5圖 ガス放出量に及ぼす C, Mn, O 及び温度の影響

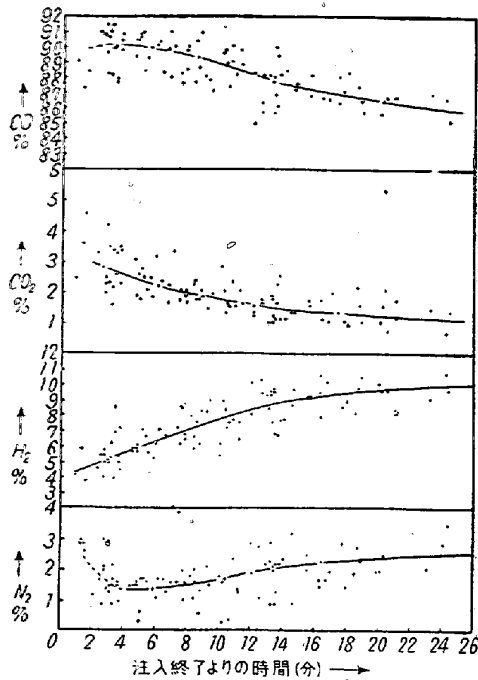
ス放出量が全般的に多く O 量の低いものは少い。又 Mn の高いものは最大値の位置が遅い方にずれる傾向が認められる。第5圖に示したガス量に關する調査結果も同様な傾向を示している。全體的傾向として C, Mn が低く O が高いものは注入後初期即ちリム生成期にガス放出が盛であるという傾向が認められる。

(2) 放出ガスの組成

放出ガス組成の時間的變化は第1表に示した通りである。組成の全體的傾向を注入後時間に對して圖示したものが第6圖である。これより明らかな如くガスの組成は CO 91~85%, CO<sub>2</sub> 4~1%, H<sub>2</sub> 4~11%, N<sub>2</sub> 4~0.5% O<sub>2</sub> 1~0.4% であつて この中 O<sub>2</sub> は主としてガス採取器の毛細管又は空氣の微量混入によるものと思われ N<sub>2</sub> もこれに相當して減少するものと思われる。一般に注入後初期には空氣の混入等の爲にヤム不正確と思われる點があるが、それ以後は比較的安定し CO は 90% から 85% 位に CO<sub>2</sub> は 3% から 1.7% 位に漸次減少し、H<sub>2</sub> は 5% から 10% 位に N<sub>2</sub> は 1.3% から 2.5% 位に漸次増加する。放出ガスの H<sub>2</sub> 及び N<sub>2</sub> 含有量は漸次

第 1 表

記 探 取 號 時 間	ガ ス 組 成 (%)					
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	
A	1'35''	88.5	4.6	3.4	2.6	0.2
	3'15''	90.1	3.4	4.0	2.3	0.2
	4'30''	89.4	3.2	5.7	1.5	0.2
	6'00''	90.3	2.2	6.2	1.1	0.2
	10'00''	89.0	1.4	9.1	0.3	0.2
B	0'55''	89.1	2.5	4.1	4.1	0.2
	2'15''	91.0	3.3	4.3	1.2	0.2
	3'40''	90.9	3.4	4.5	1.0	0.2
	6'40''	91.0	2.3	5.3	1.3	0.1
	8'40''	91.0	2.1	6.1	0.6	0.2
10'05''	89.9	2.1	6.2	1.6	0.2	
C	1'20''	87.3	3.6	5.9	3.0	0.2
	2'50''	90.7	2.5	5.9	0.7	0.2
	4'50''	90.8	2.6	6.1	0.3	0.2
	13'10''	88.1	1.1	9.7	0.9	0.2
D	2'55''	88.3	4.2	5.0	2.1	9.4
	5'30''	90.0	2.5	5.6	1.6	0.3
	7'50''	89.9	2.1	6.8	1.0	0.2
	12'50''	86.5	1.5	9.4	2.2	0.4
E	3'17''	87.7	2.6	8.6	0.9	0.2
	7'25''	87.7	2.1	6.1	3.9	0.2
	13'10''	85.7	1.8	9.4	2.9	0.2
G	2'30''	86.0	3.2	6.2	4.4	0.2
	6'45''	87.5	2.8	7.6	1.9	0.2
I	4'50''	84.4	2.7	10.7	2.0	0.2
	7'15''	88.3	1.8	7.3	1.6	0.2
	9'40''	84.9	1.5	8.0	4.5	0.2
J	3'00''	91.1	2.3	5.0	1.4	0.2
	5'00''	91.0	2.8	4.7	1.3	0.2
	8'20''	90.4	2.4	5.9	1.1	0.2
	10'35''	90.2	2.4	6.6	0.3	0.2
	13'15''	90.0	1.3	7.6	0.9	0.2
	17'55''	38.3	1.0	9.0	1.5	0.2
K	2'45''	91.5	2.0	5.4	0.9	0.2
	7'50''	90.0	1.7	6.5	1.6	0.2
	10'25''	89.1	1.7	7.3	1.7	0.2
N	2'45''	89.7	2.3	5.8	2.0	0.2
	5'17''	89.3	2.1	6.7	1.7	0.2
	7'50''	88.6	1.9	7.6	1.7	0.2
	10'10''	87.3	1.7	8.8	2.0	0.2
	13'20''	86.2	1.7	9.8	2.1	0.2
O	2'30''	90.8	1.8	5.5	1.7	0.2
	4'35''	90.5	1.9	5.9	1.5	0.2
	6'35''	89.8	1.7	6.7	1.7	0.1
	10'25''	87.4	1.6	8.5	2.3	0.2
	13'05''	87.8	1.9	7.6	2.3	0.2
	15'30''	8.72	1.8	8.3	2.5	0.2
	18'40''	8.65	1.6	3.9	2.8	0.2
	18'40''	8.65	1.6	3.9	2.8	0.2
P	3'25''	8.79	3.3	6.9	1.7	0.2
	9'20''	8.72	2.0	9.1	1.5	0.2
	12'00''	8.51	1.6	10.2	2.9	0.2
Q	14'15''	8.77	1.4	9.8	0.9	0.2
	17'15''	8.64	1.2	10.7	1.5	0.2
	3'45''	8.98	3.5	5.0	1.5	0.1
	5'55''	9.01	3.2	5.2	1.4	0.1
R	11'05''	8.98	2.1	6.5	1.4	0.2
	13'45''	8.82	1.7	7.7	2.2	0.2
	3'00''	8.93	3.5	5.1	2.8	0.4
	8'20''	8.89	1.8	6.7	2.0	0.2
S	11'10''	8.74	2.1	7.7	1.3	0.4
	14'30''	8.72	1.4	7.8	2.3	0.2
	17'20''	8.81	1.4	8.0	2.3	0.2
	3'40''	9.04	2.3	5.4	1.6	0.3
	6'45''	8.93	2.0	6.8	1.7	0.2
T	8'52''	8.81	1.9	8.4	1.3	0.3
	12'32''	8.65	1.8	10.4	1.1	0.2
	16'07''	8.67	1.8	9.6	1.7	0.2
	20'05''	8.65	1.6	9.7	2.0	0.2
	24'21''	8.57	1.4	9.7	3.5	0.2
	3'07''	9.00	2.2	6.2	1.3	0.2
U	6'05''	8.84	2.4	7.1	1.7	0.3
	9'10''	8.79	1.5	8.3	2.1	0.3
	12'28''	8.57	1.7	9.5	2.8	0.2
	15'35''	8.69	1.6	9.3	2.0	0.2
	18'55''	8.58	1.1	10.6	2.3	0.2
	3'07''	9.14	1.6	5.3	1.5	0.2
	4'50''	9.07	1.8	5.7	1.6	0.2
V	12'00''	8.83	1.4	8.2	1.9	0.2
	17'45''	8.71	1.1	8.6	2.9	0.3
	20'25''	8.68	0.8	9.7	2.5	0.2
	24'05''	8.67	0.7	9.3	3.2	0.1
	27'00''	8.54	0.7	10.8	2.9	0.2
	5'05''	8.85	2.5	7.1	1.7	0.2
W	8'10''	8.77	2.3	8.0	1.8	0.2
	13'20''	8.69	1.2	9.7	2.0	0.2
	16'42''	8.67	1.1	10.3	1.7	0.2
	4'45''	9.05	1.9	5.9	1.5	0.2
X	8'32''	8.87	1.8	7.7	1.6	0.3
	10'50''	8.82	1.6	7.9	2.0	0.2
	14'00''	8.85	1.2	7.8	2.4	0.1
	20'02''	8.67	1.1	10.1	2.0	0.1
	6'40''	88.0	5.7	4.9	1.2	0.2
	9'55''	88.0	5.3	5.4	1.1	0.2
Y	13'45''	89.0	2.6	6.8	1.3	0.3
	18'25''	87.5	2.2	8.2	1.9	0.2
	23'10''	87.0	1.5	9.2	2.1	0.2
	28'20''	86.3	1.1	10.0	1.3	0.3
	6'58''	90.0	3.8	4.4	1.6	0.2
Z	10'02''	89.7	2.9	5.4	1.8	0.2
	13'25''	89.4	2.3	5.9	2.2	0.2
	16'55''	89.1	2.1	6.6	2.0	0.2
	20'56''	87.8	1.8	8.4	1.8	0.2
	26'26''	84.3	2.2	9.0	4.7	0.5



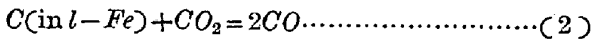
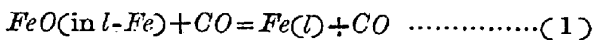
第6図 ガスの組成の変化

増加するが放出ガス曲線の最大値以後に於ては放出ガス全量は漸次減少するので、H<sub>2</sub>及びN<sub>2</sub>も量的には時間と共に減少する。

これ等の結果を Chipman の結果と比較すれば CO<sub>2</sub>の低いこと及び H<sub>2</sub>の稍多いことであるが Chipman の場合は 0.10% 以下の低炭素鋼であり著者等の場合は稍高炭素であることに起因するものと思われる。

(3) 放出ガス中の CO, CO<sub>2</sub> と溶鋼中の C, O<sub>2</sub> との関係

溶鋼がガスを発生しながら凝固する際若し平衡関係が満足されるならば次の平衡式が成立しなければならない。



この平衡恒数は Chipman<sup>2)</sup> ((3) 及び (6)) 的場氏<sup>3)</sup> ((4) 及び (7)) 柴田, 田尻氏<sup>(5)</sup> 及び (8)) によつて次の如く與えられている。

$$\log K_{(1)} \left( = \frac{P_{CO}}{[FeO]P_{CO}} \right) = -\frac{11576}{T} - 6.855 \dots\dots(3)$$

$$= -\frac{7450}{T} - 4.66 \dots\dots(4)$$

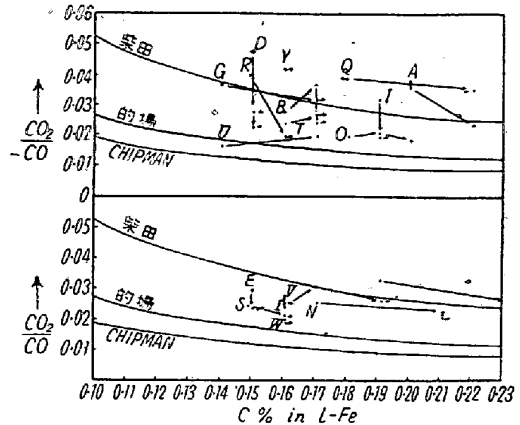
$$= -\frac{5370}{T} + 3.416 \dots\dots(5)$$

$$\log K_{(2)} \left( = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}^2} \right) = -\frac{8761}{T} + 7.53 \dots\dots(6)$$

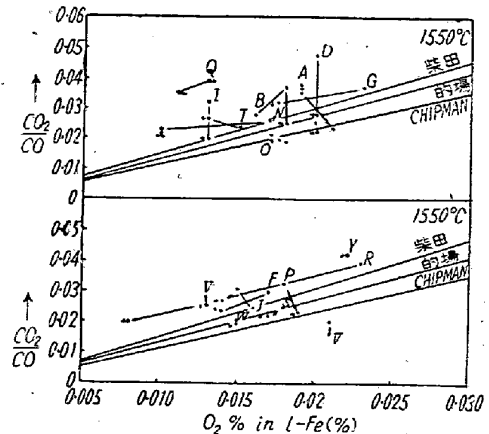
$$= -\frac{8800}{T} + 7.40 \dots\dots(7)$$

$$= -\frac{12252}{T} + 8.883 \dots\dots(8)$$

今著者等の実験結果に於てリム生成期 (8~10 分迄) に CO<sub>2</sub>/CO と [C] 及び [FeO] との間に如何なる関係が成立しているかを調べた結果が第7図及び第8図である。但し C 量及び FeO 量はガス試料採取時と溶鋼試



第7図 ガスの CO<sub>2</sub>/CO と溶鋼中の C との関係 (矢印は實際の C 値は點より更に矢の方向によつて示す)



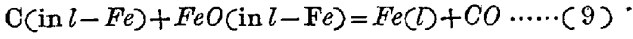
第8図 ガスの CO<sub>2</sub>/CO と溶鋼中の O<sub>2</sub> との関係

料採取時との間に時間的なずれがあるので、CO<sub>2</sub>/CO と或は FeO との関係を示した點に→をつけ C 量或は FeO 量が稍その方向によつた値であることを示した。結果は何れも三氏の平衡値に近く成分の變化と共に略平衡に沿つて變化している。併し CO<sub>2</sub>/CO の値は稍平衡よりも高い。但し本平衡値は平衡式より明らかな如くガスの分壓に關係する。又一般に鋼塊底部に於ては上部に於けるよりも反應が困難となり C, FeO が高く従つて下部より發生するガスの CO<sub>2</sub>/CO は上部より發生するものよりも大きい、リム生成期には比較的底部より發生したガスも當然含まれている故、1 氣壓の平衡値より稍高い値の得られることは當然の事と考えられる。Chipman の実験結果にも同様の結果が見られ、これ等の結果から見

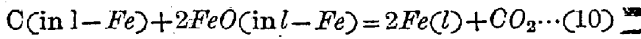
ればリムド鋼が凝固する際には溶鋼中の [C], [FeO] とガスとの間には略平衡関係が成立しているものと見ることが出来る。

(4) リムド鋼中に発生する壓力

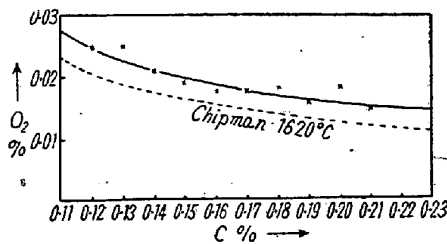
今 CO 及び CO<sub>2</sub> を生成する反應を Chipman の求めた平衡式によつて示せば



$$\log K_{(9)} \left( = \frac{P_{\text{CO}}}{(\%C) \times (\%FeO)} \right) = \frac{2400}{T} + 0.675$$



$$\log K_{(10)} \left( = \frac{P_{\text{CO}_2}}{(\%C) \times (\%FeO)^2} \right) = \frac{13900}{T} - 6.13$$



第9圖 熔鋼中の C と O<sub>2</sub> の關係

溶鋼中の (%C) に対する (%FeO) の關係(第9圖参照) から (9), (10) 式によつて P<sub>CO</sub> 及び P<sub>CO<sub>2</sub></sub> を求めると次の如くなる。但し何れも平衡であると假定する。

P<sub>CO</sub> = 1.385 氣壓 (0.10 ~ 0.20% C)

P<sub>CO<sub>2</sub></sub> = 0.066 氣壓 (0.10% C)

= 0.048 " (0.15% C)

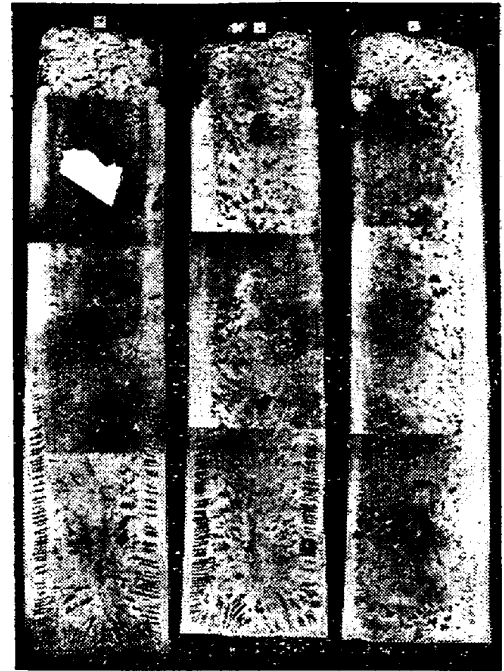
= 0.039 " (0.20% C)

これより第8圖の結果を用いて全壓を逆算すれば 1.5 ~ 1.6 氣壓となる。これを Ferro-static pressure に換算すれば 730 ~ 880mm となり、實際の鋼塊の Skin の厚さから計算した値 1.4 ~ 1.5 氣壓或は管狀氣泡から求めた結果と大體一致する。そして溶鋼の粘性を考慮しなければこの範圍内では全く自由なガス放出が行われていると考えることが出来る。

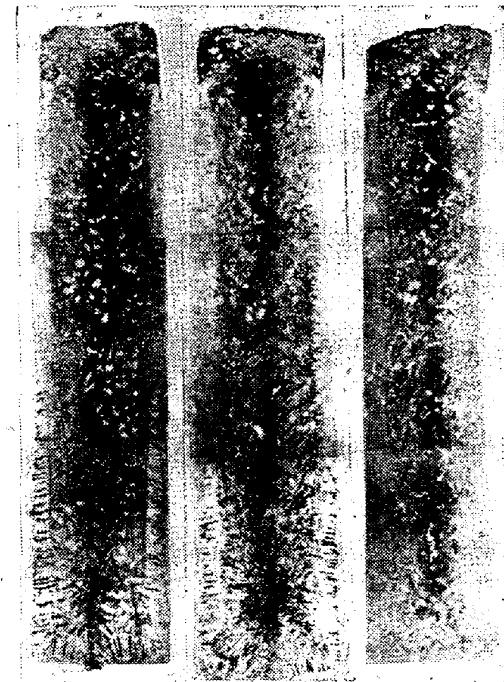
第 2 表

記號	C%	Mn%	P%	S%	O <sub>2</sub> %	注入溫度	注入速度
P	0.17	0.41	0.012	0.016	0.036	1565	4'12"
Q	0.19	0.32	0.010	0.014	0.041	1570	5'16"
W	0.13	0.25	0.009	0.018	0.038	1560	6'17"

記號	鋼塊の高さ	Skin の厚み	L.B の高さ	L.B の長さ
P	1440	最小20普通23~25	700, 760	30~40最大70
Q	1450	最小20 " 21~25	530, 540	30~40最大70
W	1450	" 23 " 25~27	230, 464	10~25最大40



第10圖 ガス採取鋼塊のマクロエッチ



第11圖 ガス採取鋼塊のサルファプリント

(5) 瓦斯採取鋼塊の縦斷組織

以上のガス放出狀況を實驗した鋼塊の中ガス放出曲線に差のある第2表に示した3種の鋼塊を撰定してその縦斷組織を調査し、内部組織とガス放出狀況との關聯及びリムド鋼凝固の際の頭部開放の影響を検べた。縦斷鋼塊のマクロエッチ狀況を第10圖に、サルファプリント狀態を第11圖に示した。之等の寫眞より明らかな如く鋼塊は何れもリム生成期即ち注入後 4~5 分間は通常のリムド鋼の組織と何等差がなく rimming action が順調

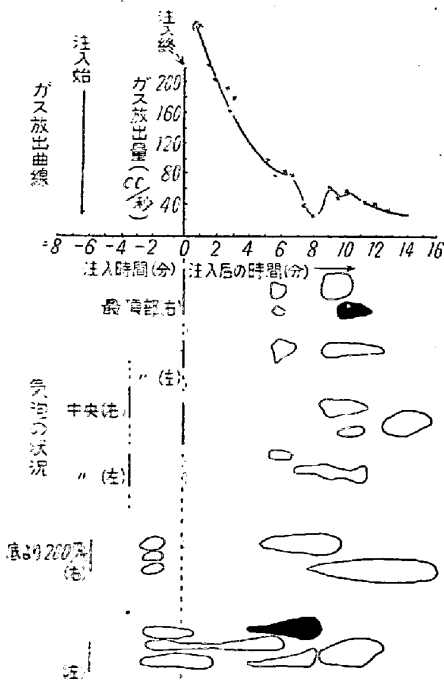
に行われていることを示し従つて skin, 管状気泡等には別に差は見られない。其の後 5~6 分位から急激に S の増加がサルファプリント上で試められこの時期には管状気泡は大發達が中止しその中一部のみがそのまま伸びて中間気泡乃至内殻気泡に連結している。この時期に鋼塊の上部にも僅かながら細い気泡が出来始める。普通のリムド鋼ではこの時期に急激に気泡が出来始め 2~3 分後には中間気泡として一列に排列するのであるが本例の場合には中間気泡と考えられる位置に若干の気泡が一列をなして配列しているが極めて不規則であり内殻気泡と區別が着き難い。これは明らかに頭部開放の影響と考えられ、中間気泡の排列には頭部閉鎖によつて圧力が高くなりガス放出が抑制されることによるものと考えられる。内殻気泡は本例では著しく多く V 状又は逆 V 状に發達し頭部に不純物の多い熔鋼が噴出している。頭部の膨脹はサルファプリントの結果より見れば大體 3 期に別れ第 1 期はリム生成期に生じたもので普通のリムド鋼の膨脹に近く、第 2 期はリム生成終了後内殻乃至中間気泡生成期に行われたもの及びそれ以後の時期に行われたもので後二者は普通のリムド鋼では蓋による頭部閉鎖によつて抑壓されるべき性質のものである。

の關係が推定出来る。之等の結果から中間気泡乃至内殻気泡生成期にも相當量のガスが放出されるがこの時期には可成り不規則となり、この不規則は気泡の生成及び消失が繰り返されることによつて生ずるものと推定することが出来る。又第 10, 11 圖と第 2 圖のガス放出曲線 P. Q. W を比較すればガス放出曲線の形狀が気泡の發達に著しく影響することが判る。即ち P 鋼の如くガス放出量が多くても初期ガス放出が比較的少くその最大値の位置の遅いものは管状気泡の發達している高さが高く、初期からガス放出量の少い Q 鋼は發生高さは低いが多數發生し従つて初期膨脹は大きい。又最大値の測定出来なかつた W 鋼は管状気泡の發達が最も少く初期膨脹も極めて少い。又之等の 3 例のみを比較すれば C, Mn 量がガス放出に影響し従つて鋼塊組織にも影響する様と思われる。又前圖には 3 個所の位置しか示していないが中間気泡乃至内殻気泡生成期は上中下共略同一時期であることが推定出来る。

#### IV. 気泡生成に関する考察

以上の實驗結果に基き気泡の生成に關して簡単な考察を試みたい。熔鋼相内で自由なガス放出が行われるためにはその熔鋼の有するガスの全壓は外壓と Ferro static pressure との和より大きくなければならない。従つてガスの全壓から外壓を引き去つた壓力に相當する範囲内でのみ自由なガス放出が行われ此處に發生したガスは凡て上方に逃げ去り気泡の發生は見られない。Skin は斯様にして気泡無く凝固したものと考えられる。前章で述べた如くリムド鋼より發生するガスの 90% 以上は CO+CO<sub>2</sub> である故生成される気泡の壓力は主として熔鋼の FeO と C の活量によつて支配される。従つて熔鋼の過酸化の度合は少くとも凝固初期即ち skin の厚さ、管状気泡發生の高さ等には可成りの影響があるものと考えられる。

併し自由なガス放出が行われ生成された気泡が逸出し得る部分でも凝固相が一樣でなく撰擇凝固が dendrite を先に發生させその間に熔鋼が残留する場合にはこの部分に気泡を發生し得る可能性がある。殊に水素が高く過飽和水素の析出壓力がその位置の壓力以上に大きければ先づ水素気泡の析出が起り、これが更に (CO), (CO<sub>2</sub>) ガス發生を促進しその結果細い針状気泡を發生させることが考えられる。従つて針状気泡の發生は管状気泡と異り skin 内或いは鋼塊上部のリム部にも發生し而もチル相の末端附近即ち管状気泡よりも遙かに淺い部分に發生し得る。



第12圖 ガス放出曲線と気泡發生位置との關係 (W 鋼)

第 12 圖は一例として W 鋼のガス放出状況と最頂部中央部、底より 200mm の位置の気泡をリムド鋼の凝固速度の式から生成時期を求めた結果であつて skin, 管状気泡, 中間気泡等の生成時期及びガス放出の状況と

これに對し自由なガス放出が行われなくなつた部分には管狀氣泡が発生する。これには撰擇凝固による熔鋼の FeO と C の富化が大きな役割を演ずると考えられるが水素も又その役割を無視し得ない場合が多いと思われ。氣泡の發生は恐らく dendrite 間隙が發端となりこゝに氣泡を生じこの氣泡が dendrite 間隙に包藏され著しく大きくなれば浮揚し去り斯くして管狀に伸び膨脹收縮を繰り返す稍上方に向つて生長するのであると考えられる。

通常のリムド鋼で行われている如く蓋による頭部の閉鎖其の他の原因により外壓が急激に上昇すればガス發生は抑壓され氣泡の發生は停止する。併し斷えざる FeO, C の増加によつてガス發生能は高まり熔鋼の凝固による收縮はその後或る一定位置で氣泡の發生を赦す。この場合にも勿論上部の方が氣泡は發生し易い。これが中間氣泡と考えられる。従つて中間氣泡は頭部の閉鎖時期に影響を受け完全な閉鎖が行われる程最もよく發生する。

Capped steel はこの好例の一つと考えられる。それ以後發生する内殻氣泡にもこの凝固收縮は大きな關係を持つものと思われるがこの時期には熔鋼内に微少な結晶

が無數に發生し到る處に氣泡發生の可能性を與え不定位置に氣泡を發生しこの氣泡内に残留熔鋼の壓入が行われ内殻氣泡及び氣泡偏析を生ずるものと思われる。

以上簡単に氣泡發生を考察したが實際の氣泡は更に種々の影響を受け特に熔鋼中の水素, CO の溶解度, 結晶發達の機構, 成分富化の度合等を研究の上再検討の必要があると考えられる。

## V. 結 言

本報告はリムド鋼の凝固途上に發生されるガスについて研究した結果である。尙之等の結果から氣泡の生成機構に對して考察した。(昭和 25 年 12 月寄稿)

### 文 献

- 1) K. C. McCutcheon & J. Chipman: A.I.M.E. Metals Tech. (1938) Aug.
- 2) J. Chipman & A. M. Samarin: A.I.M.E. 125 (1937) 331.
- 3) 的場: 鋼と鐵 20 (1935) 337, 21 (1936) 375.
- 4) 柴田, 田尻, 未發表
- 5) A. Sievert: Z. Phys. Chem. 77 (1911) 591.

## 製鋼に於ける鋼滓のイオンの舉動について

(昭和 25 年 4 月本會講演大會にて講演)

松 下 幸 雄\*

### ON THE IONIC BEHAVIOURS OF SLAG IN STEELMAKING

*Yukio Matsushita*

#### Synopsis:

A number of papers such as by H. Schenck, F. Körber, and W. Oelsen have much explained the function of the slag in steelmaking and provisionally perfected the working instruction of the present steelmaking. There are, however, many problems left to be solved in its essential details. Some results obtained by the author's experiment concerned are as follows:

(1) A slag tends to be strongly ionic as the temperature rises, and the specific electric conductivity  $\kappa$  is in molten state in the order of  $1/10 \sim 1 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  being dissociated into several cations and complex anions. Particularly such silicate or phosphate ions in a molten slag do not always exist in one special form only, but the neighbouring anions of nearly equal construction are considered in a combined mixture statistically or in the form of some of these specified orientations.

Many experimental facts obtained here establish molten slag to be ionic, but they do not give the degrees of dissociation. Therefore it is perhaps unfair to insist as some researchers persist that

\* 東京大學助教授, 生産技術研究所第四部