

## 討6 DH 吸上脱ガス法の効果について

住友金属 和歌山製鉄所 梅田洋一 ○ 丸川雄浄  
岸田 達

**I 緒言** 鋼の清浄性は近時ますます強く求められ、成分範囲は狭くなり、しかも安定した大量生産を行なわなければならぬ。それにはタイプは種々あるが、いずれかの真空処理法を持たなければ従来の手段のみではとうてい不可能な状態である。現在はすでに、RH法にしても、DH法にしても、試行段階からすでにマスプロダクションの渦中に入り、これ抜きには通常の生産も考えられない時代になってきている。この報告では、真空処理の効果について、DH法において調査し、今後の問題を提起した。溶製炉は70<sup>t</sup> 転炉が主体で、一部80<sup>t</sup> 電気炉のデータも入っている。

### II 調査結果

#### 1. DH処理における脱炭および脱酸

**1-1 極低炭素鋼の製造** 本報の対象DH装置については、すでに<sup>1)</sup>報告しているのでその詳細は省略するが、真空到達度は0.2 mmHgである。減圧下におけるCの脱酸力は非常に強く、1 mmHg以下の減圧下における平衡酸素活量は、AlあるいはZrと同等である。<sup>2)</sup> この減圧下における脱酸力の増加を利用して従来の大気圧下でのいかなる溶製炉でも到達し得なかった極低炭素濃度0.01%あるいはそれ以下の鋼の製造が容易になり、鉄冶金の興味を深めると同時に鉄の有用性を大きく高めた。図1-1に極低炭素鋼製造時のDH処理中のCとOの挙動の一例を示した。これよりCとOの到達は通常の操業下では0.1気圧と平衡するところまで低下していることと、この低下はCとOの化学量論的な1対1の対応での反応よりはいくぶんCの低下の方が大きい傾向がみられる。Cの低下に対してOの低下が少ないのはスラグ等からのOの浸入と考えられるが、到達真空度0.2 mmHgと実際のC-Oの到達値との差が大きいことは問題である。図1-2は、処理中のC-Oの低下を示したが、循環係数が5で脱炭反応はほぼ平衡に達していることがわかる。また予備脱酸の差もあまり大きくはなく、C 0.005%までの低下は可能である。しかしこれ以下への低下は通常の方法だけでは不可能である。

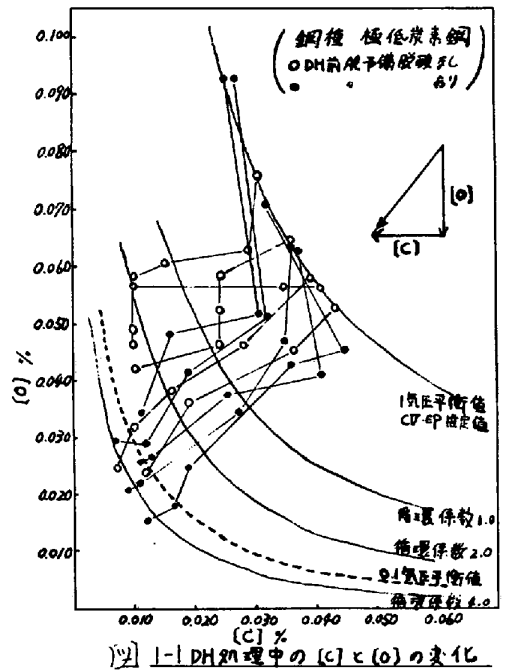


図1-1 DH処理中の[C]と[O]の変化

#### 2-2 DH処理中の脱炭反応

中炭および高炭素鋼のDH処理中のOの挙動を図1-3に示した。高炭素鋼の合金添加前のOは40 ppm程度になっており、これは、大体0.1気圧の平衡状態の値であり、極低炭素のときと同じ平衡状態であることがわかる。これよりDH処理中のC-O反応は、到達真空度との差から考えて100 mm以上の溶錫静圧のかかった槽底のレンガ上でCOガスが核生成する反応によって起っているものと考えられる。現在の操業での最大吸上時の槽底からの溶鋼ヘッドは大体300 mm程度であるから、反応の平均としてはその中間の150 mmと考えると、0.1気圧に概当する溶鋼深さが約150 mmであるからこれとよ、一致している。

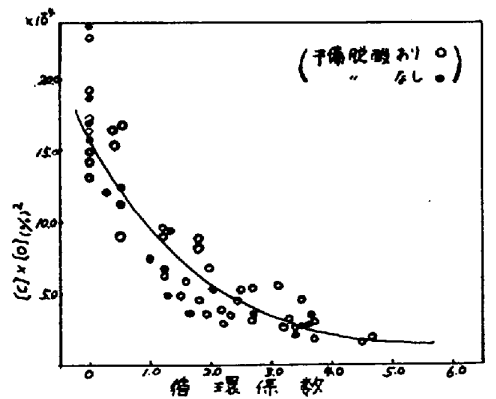


図1-2 循環係数と[C]×[O]の変化

2.3 DH処理による成品成績の向上

Siが0.25%, Mnが1.00%の1550℃での脱酸限は50PPMであるから中高炭素鋼ではCの脱酸限の方が低く、MnO, SiO<sub>2</sub>が本質的に少ない清浄鋼が得られることがわかる。実際に鑄型内溶鋼中あるいは成品中の介在物において非DH材との差がMnO, SiO<sub>2</sub>系介在物においてみとめられる。

(しかし、Al脱酸の多い場合にはCの脱酸限よりAlの脱酸限の方が低く本質的な意味(真空脱酸による)でのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系介在物の低下は望めない。この場合は、大ス保ら<sup>4)</sup>による攪拌による介在物の浮上分離しか期待できない

真空脱酸の効果の一例として高炭素鋼での鋼片疵の発生状況について 図1-4に示す。これはAl添加量とピンホールを主体にした鋼片疵の関係であるが、Cが0.70%程度と高いこともあり、Alが0でも鋼片疵が少ない。しかも高炭になればなるほど平衡脱酸限が低くなり、SiO<sub>2</sub>, MnOの生成が少なくなるが、これだけでなく、Alの使用が0の場合は成品でのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の低下も期待でき真空脱酸の真価が発揮できる。

一般的にキルド鋼のDH, 非DH材の介在物に帰因する成績の比較の一例を次に示す。 図1-5はCr-Mo管材の地疵成績の差であるが、個数においても、地疵長さにおいてもDH材は格段と向上している。

2. DH処理における脱水素

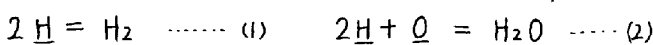
低硫鋼はHの吸収が大きいことはすでに明らかであるが、近年Sが0.010%以下というような低硫鋼の製造量が次第に増加しており、脱水素の問題がますます重要となってきている。

DH処理前後のH値を対比させ 図2-1に示した。

処理前のHが低いと脱水素率は50%ぐらいで、高い場合は60%程度になる。処理前のHが4PPM以下では、大体1.5PPM程度になっている。また、黒いプロットが完全脱酸と称するもので脱酸剤のほとんどすべてを転炉出鋼時に添加したものであるがこれは処理前でHが若干高くなっており、これは、脱酸がよくいった鋼ほどガス吸収が大きいこと<sup>6)</sup>のためと考えられる。

循環係数と脱水素率との関係を 図2-2に示す。

これより循環係数が4.0以下では脱水素率の低いものも見られ脱水素がDH処理の主目的となっている場合は、循環係数は4.0以上必要ということになる。また、 図2-1, 図2-2よりDH処理中の脱水素率に関しては処理前の脱酸程度に差がみられない。これより脱水素反応として次の二式があげられるが



(1)式反応がDH処理中の脱水素反応の主反応と考えられる。

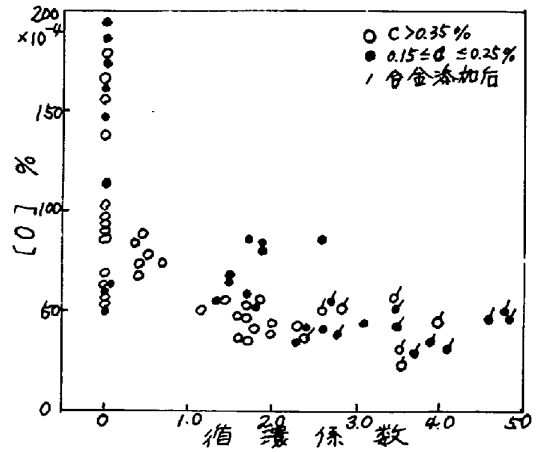


図1-3. 循環係数と[O]の関係

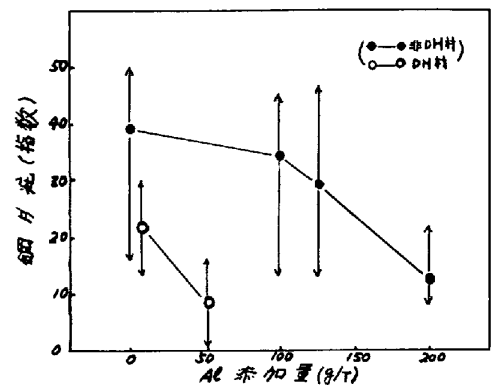


図1-4. Al添加量と鋼片疵の関係

成分規格 (JIS)							
鋼種	C	Si	Mn	PS	Cr	Mo	JIS規格名
A	<0.15	0.50	0.30	<0.015	0.80	0.45	9342, STPA22
B	<0.15	0.50	0.30	<0.015	1.20	0.45	9342, STPA22
		1.00	0.60	0.030	1.50	0.65	9342, STPA23

丸鋼地疵成績 (D: 171~258mmφ)

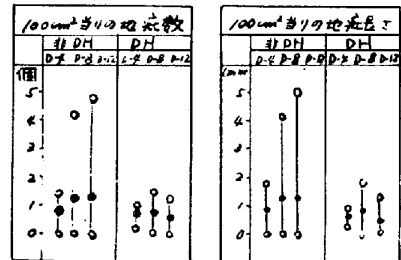


図1-5. DH材非DH材地疵比較

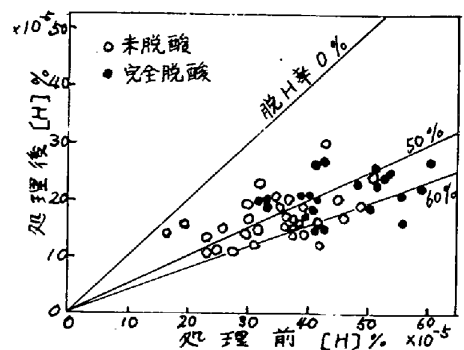


図2-1. DH処理前後の[H]の関係

図 2-3 に処理中の水素の挙動を示した。電気炉鋼を除くと、DH 回数が 30 回 (循環係数約 3) になり、H が 1.5 PPM になってもまだ、脱水素速度は低下しておらず、脱水素がまだ続いていることがわかる。いま平衡状態に到達するのが H% で

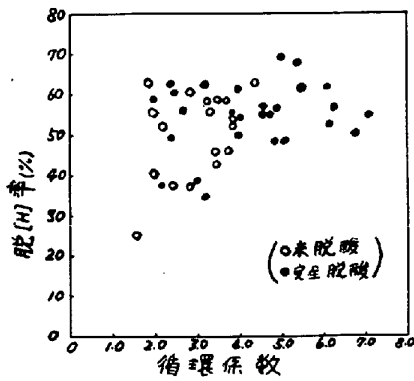


図 2-2 循環係数と脱(H)率の関係

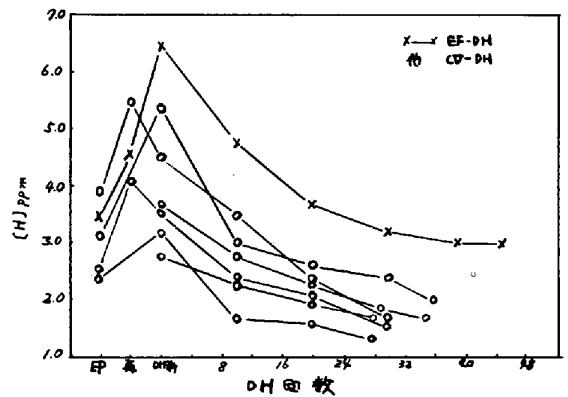


図 2-3 DH処理中の(H)の推移

1.0 PPM とすると、前記(1)式およびその平衡定数として J. Chipman<sup>1)</sup>を用いると、それと平衡する P<sub>H2</sub> は 1 mmHg となる。また電気炉鋼が同じ鋼種にもかかわらずすでに平衡に達しているような挙動を示しているのは、電気炉スラグの酸化度が転炉スラグと比べ酸化度が低く、そのためのスラグを通じた大気湿分が鋼中へ H として浸入してくるため<sup>2)</sup>と考えられる。

成品厚板での H に帰因する DH 材と非 DH 材の品質の差を表 2-1 に示した。これより厚物鋼板での水素性 UST 不良に対して DH 処理の効果がきわめて大きいことがわかる。

表 2-1 DH材非DH材のUSTの比較

板厚(mm)	N数	(3)製造方法	UST判定( )内は%				% A+B
			A	B	C	D	
63 70 75	25	非DH法	9(36)	12(48)		4(16)	84
90, 100	47	" "	5(11)	37(79)	2(4)	3(6)	90
	2	DH	2(100)				100
130, 140, 150	2	" 上注	2(100)				100
	4	" "	4(100)				100
220, 240, 250	21	" 下注	21(100)				100
	7	" "	7(100)				100
270	6	" "	6(100)				100

A:欠陥なし)合格 C:欠陥あり)不合格  
B:欠陥あり)合格 D:欠陥あり)不合格

3. DH処理における脱窒素

最近 N の成分規格のある鋼の溶製量が増加してきたが、真空処理による脱窒素量が少ないということもあり、脱窒素を主目的とした DH 処理はほとんどない。しかし、N の真空処理中の挙動を調査することにより、DH 処理の冶金的意味をつかむことができる。

N の溶解 離脱は次式に従う<sup>1)</sup>

$$\frac{1}{2} N_2 = N \quad \log KN \left( \frac{\%N}{P_{N_2}} \right) = -188/T - 1.246$$

図 3-1 に DH 処理前 [N] と処理後 [N] を対応させて示した。これより N が 40 PPM 以下では脱窒素がみられず、60 PPM 以上で脱窒素がみられる。すなわち、この処理における平衡値は、40~60 PPM の間に存在するということが考えられる。

図 3-2 は脱窒素量を処理時間ごとに処理前 N との関数に示したものである。これから、この処理法における最終到達 N 値が 50 PPM 近くであることがわかる。これを上記平衡式に代入すると、平衡する窒素分圧 (P<sub>N2</sub>) は 5~10 mmHg となる。

図 3-1 より脱窒素に関しても処理前の脱酸程度による差はみられない。脱水素とあわせて考えると水素、窒素のガス化の核生成場所は DH 槽内の溶鋼表面が主体ではないかと推定できる。

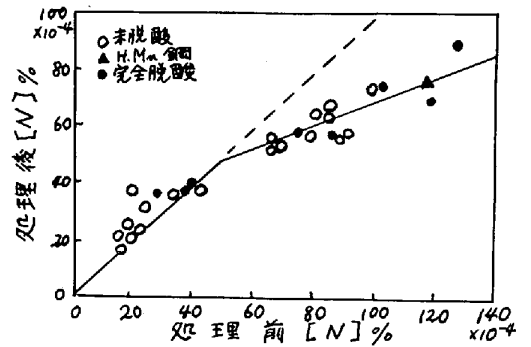


図 3-1 DH処理前[N]とDH処理後[N]の関係

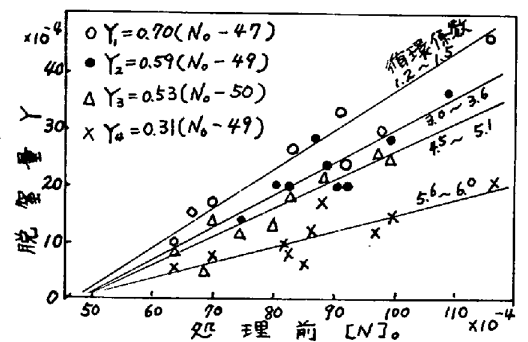


図 3-2 処理前 N と脱窒量の関係

4. 成分調整および温度調整

DH処理の効果として脱ガスの他に成分調整および温度調整がある。温度調整を主目的としたDH処理はないが、成分調整に関しては最近急激に高張力鋼用等にきびしい成分規格が要求されてきており、DH処理なしには安定した大量生産を考慮することができない状況になっている。

4.1 温度調整

図4-1にDH処理中の温度降下を示したが、初期の温度降下が大で15回以上の温度降下はほぼ一定で5°C/10回の低下になっており、これにより温度調整を的中精度よく行うことができる。初期の温度降下は主としてDHノズルによる冷却が主体と考えられる。これにより転炉出鋼直後の鍋中温度的中が±10°Cで70%程度で処理後の鍋中温度の中は90%以上となり、25%近くの向上がみられる。これにより造塊での介在物浮上、鋼塊ワレの低下等にDH処理鋼は非常に優利となる。

4.2 成分調整

表4-1に成分的中状況の一例として高張力鋼の成分バラッキを示すが、Cは範囲0.04%以内にはほぼ100%入り、Si, Cr, Mo等も狭い範囲に容易に的中できる。Mnは真空での蒸気圧が高いため、バラッキが他の元素とくらべるとやや大きい。しかし、炭素当量が0.05%の範囲にはほぼ100%的中することができ、きびしい要求にたえることができる。

III 結言

真空処理法はすでに実用化段階に入っているが、その効果の機構等まだ不明確な点が多くさらに種々の調査を行い、より効率のよい使用法、あるいは改善法を開発しなければならない。  
 脱酸に関する低炭素鋼の処理中におけるスラグによる再酸化、および脱水素に大きな影響をおよぼすスラグ成分等、DH処理におけるレードルスラグ成分の調整について今後検討しなければならない。  
 さらにここではあまり触れなかったが、DH処理後の鋳込中の空気による再酸化および大気中湿分の溶鋼への浸入による水素のピックアップ等、処理後の雰囲気調整が高品質化に対する今後の課題となろう。

参考文献

- 1) 栗田, 市川, 多賀, 酒井: 鉄と鋼 54 (1970) No 4, S 55.
- 2) 渋谷他: 特殊鋼部分報告「鋼の真空溶解および真空脱ガス法の進歩」(1969 8. 30) P34
- 3) D.C. Hilty and W. Crafts; Trans, AIME, 188 (1950) 425
- 4) 大久保, 川和, 笹島, 徳永; 日本鋼管技報 No 37, P20
- 5) 梅田, 梨和, 丸川, 森: 鉄と鋼, 57 (1971) 9, S 407
- 6) 井上, 長: 鉄と鋼 54 (1968) 1 P 19
- 7) J. Chipman and J.F. Elliott: Elect. Furnace Steelmaking, II (1963) P. 95
- 8) 日本鋼管技研: 製鋼部会資料, 鋼 47-18 (1970, 12, 2)

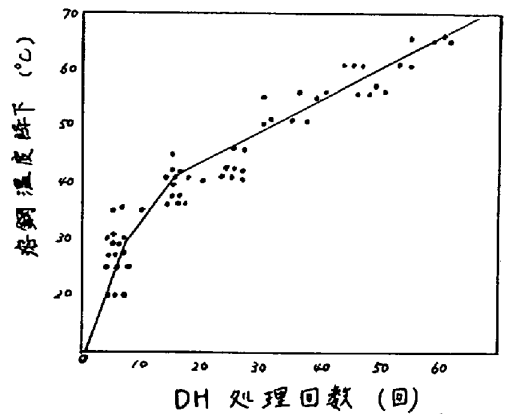


図4-1 DH処理回数と溶鋼温度降下

表4-1 DH処理材の成分的中状況 (N=30ch)

	成 分 (%)						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	SalR	CaS
目標	0.10	0.30	0.80	0.38	0.43	0.035	0.47
平均	0.107	0.305	0.798	0.383	0.430	0.0363	0.468
バラッキ (σ)	0.011	0.017	0.026	0.018	0.012	0.0063	0.015