

# 討5

## RH真空脱ガス法における脱酸処理法の非金属介在物ならびに鋼材材質に及ぼす影響について

新日鐵 広畑製鐵所      ○有馬良士      佐伯毅      木部昌臣  
 新日鐵 製品技術研究所      中野武人

1. 緒言: RH真空ガス法は鋼中ガス成分ならびに非金属介在物の除去に大きな効果をあげていることはこれまでにも明らかであるが, とくに鋼の材質に及ぼす影響力の大きい非金属介在物の効果的な低減方法を見出すために, 脱ガス処理過程における脱酸剤の添加時期, 種類, 量等の変化とそれらが非金属介在物の挙動に及ぼす影響について調査した。

その結果, 脱酸処理法が鋼材にも影響していることを確認することができたので, その結果を報告する。

### 2. RH脱ガス処理過程における脱酸法と溶鋼中非金属介在物の挙動

#### (1) 試験方法

対象鋼種をSM50クラスの厚板用鋼とし, RH処理過程における脱酸剤の添加時期を(表-1)に示すように種々変えた。

(表-1)

	出鋼時取鍋添加物		RH脱ガス時の添加物	
		銘柄, 添加量		銘柄, 添加量
A	Mn 全量	L.C.FeMn 1.8.8kg/T	脱ガス中期にSi全量添加 脱ガス末期にAl全量添加	Metallic Si: 3.8kg/T Al: 0.38kg/T
B	Si, Mn 全量	SiMn: 2.2.0kg/T	脱ガス末期にAl全量添加	Al: 0.41kg/T
C	Si, Mn全量, Al(Sol. Al≒0.008) (但しAl: 鍋内入置: Si, Mn: 出鋼中)	Al: 0.74kg/T SiMn: 2.0.5kg/T	脱ガス末期にAl残量添加	Al: 0.34kg/T
D	Al, Si, Mn 全量 (但しAl: 鍋内入置: Si, Mn: 出鋼中)	Al: 1.05kg/T SiMn: 2.0.2kg/T	—	(但し実際上は, Sol. Al補正のため 0.20kg/T添加)
E	Al, Si, Mn 全量 (但し添加順 Si, Mn → Al)	SiMn: 2.3.6kg/T Al: 1.0.1kg/T	—	(同上)

その間の溶鋼試料を取鍋から汲み取り, それを化学分析法, 電解抽出法, 顕微鏡観察法によつて介在物の量, 組織, 粒度分布を調査した。

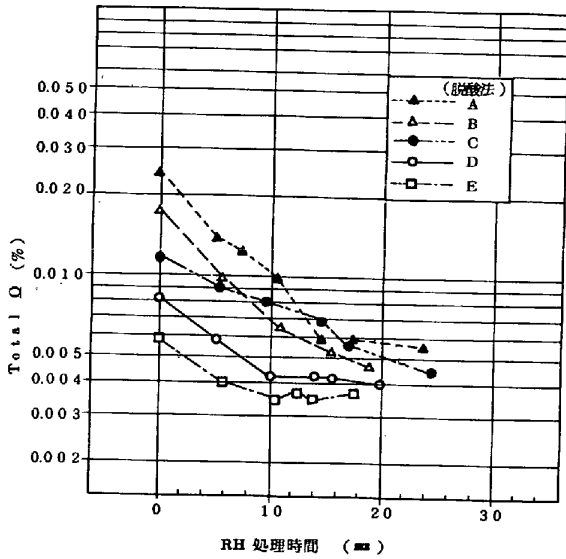
なお, 成分系による差が生じないように「S」については出鋼段階で0.015~0.020%に調整した。

#### (2) 試験結果

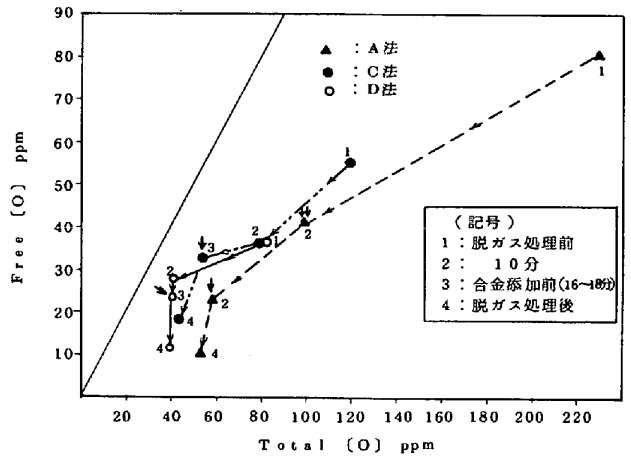
全酸素量の挙動を(図-1)に示す。出鋼時に全脱酸を行ったD法およびE法の全酸素量が最も低く, 脱ガス処理10分程度で約40ppmに達し以後横這いとなっている。

また, 出鋼時の脱酸度が弱く, 従つて脱ガス処理前の酸素量の高いものほど, 脱ガス処理後の全酸素量が高い傾向を示している。ただ, C法は他の処理法に比べて酸素量の減少速度が遅い結果となっている。

(図-2)には, A, C, D法について自由酸素量と全酸素量の脱ガス処理過程における変化状況を示した。合金添加前までの脱ガス過程でのこれらの変化状況はほぼ一定であり, 自由酸素量/全酸素量≒3/10の比率で減少しており, また脱酸剤の添加時に自由酸素量が急激に減少するが, 全酸素量はこれよりも大巾な時間遅れを伴つて減少することを示している。全酸素量と自由酸素量の差を酸化物系非金属介在物量とみなすならば, (図-2)よりA法はC, D法よりも介在物量の多いことを示すものと考えられる。



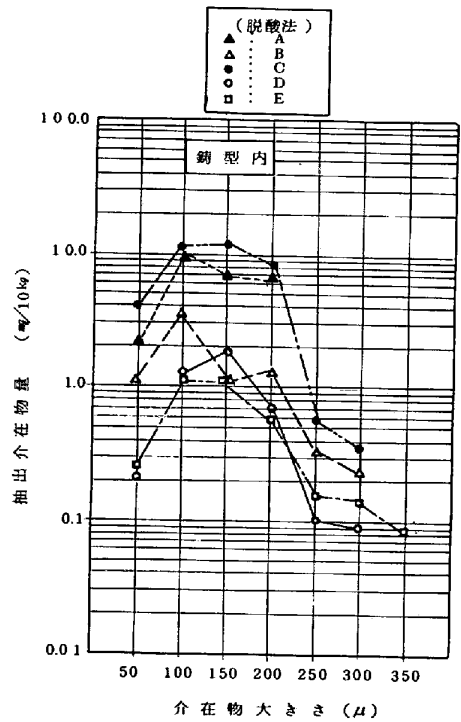
(図-1) 脱酸法と全酸素量の挙動



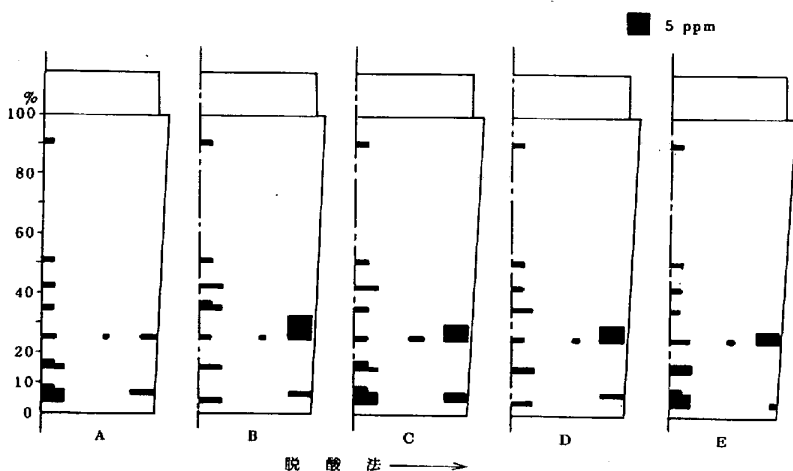
(図-2) 脱ガス処理時の自由酸素量と全酸素量の変化

一方、各脱酸処理法により脱ガス処理した溶鋼を下注造塊し、鑄型内容鋼中よりサンプリングして大型介在物の粒度分布を測定した結果を(図-3)に示す。

これによれば、抽出介在物量の最も多いものがC法であり、A法もほぼ同程度抽出量が多く、次いでB法となっており、予備脱酸処理の最も強いD、E法が抽出介在物量が最も少なくなっており、C法は多少矛盾するが概ね前述の結果と一致している。なお注目すべきは、A法は抽出介在物量そのものは多いが、他の処理法とは異なり200 $\mu$ 以上の大型介在物が認められないことである。次に、前記各法により製造した鋼塊を切断し、スライム法によって介在物量の測定を行った。試料採取位置ごとの大型非金属介在物抽出量を模式的に(図-4)に示した。



(図-3) 鑄型内容鋼中の大型介在物粒度分布



(図-4) 各種脱酸法と鋼塊内大型非金属介在物分布

(図-4)によれば、A法による鋼塊の表面層が極めて清浄な結果を示しており、B法の表面層が最も不良である。

A、C、E法の軸心部最低部に介在物が多いことは、脱ガス処理法の差の他に造塊作業等の影響も大きいもの

と考えられ、その原因は明らかでないが、最底部5%程度はスラブの切捨て部分になるので実質上の問題は無い。

なお、図中には特に示さなかったが、上記A~E法の鋼塊、表面層はRH脱ガス処理を行わない同一鋼種の場合と比較すれば、介在物量の多いB法でも明らかに抽出介在物量は少なくなっている。

### 3. RH脱酸処理方法と鋼板材質の関係

#### (A) SM50における衝撃値の向上について

##### (1) 試験方法

前述の脱ガス処理法を行ったSM50を板厚20mmに圧延し、焼準、焼入・焼戻しの場合についての機械的諸特性ならびに鋼板内部欠陥を調査した。

焼準、焼入・焼戻し条件は次の通りとした。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{焼準} \dots\dots\dots 890^{\circ}\text{C}; 1.2t+10' \\ \text{焼入・焼戻し} \dots\dots\dots \begin{cases} \text{Q: } 890^{\circ}\text{C}; 1.2t+10' \\ \text{T: } 670^{\circ}\text{C}; 60' / \text{inch.} \end{cases} \end{array} \right.$$

また、超音波探傷は学振3型  $V_{15-2} = 100\%$ で行った。

##### (2) 試験結果

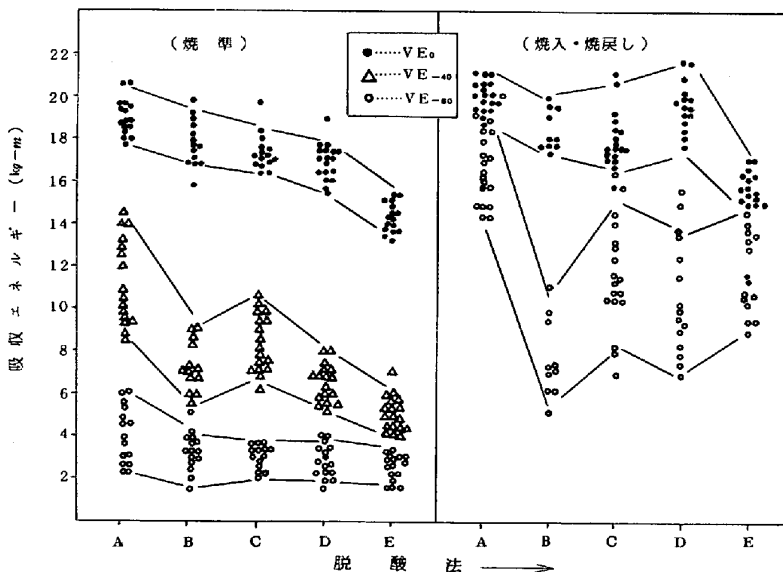
機械的特性の内、降伏点、引張強さ、伸びに関しては、焼準材、焼入・焼戻し材とも脱ガス処理法による差異は認められなかった。

吸収エネルギーに関して、焼準材、焼入・焼戻し材につき、脱ガス処理法との関係を(図-5)に示した。

図にみるようにA法材は他の処理法に比べて焼準材、焼入・焼戻し材とも低温における吸収エネルギーが著るしく高い結果を示している。

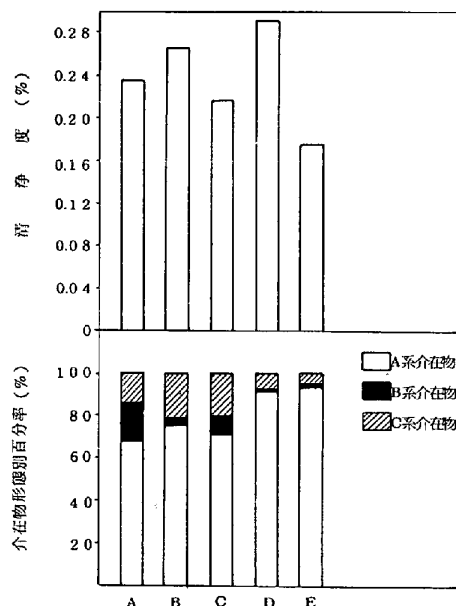
B法~E法については、処理法による差がありそうであるが、焼準材と焼入・焼戻し材について必ずしも結果が一致しておらず明瞭な差を断定することができない。

他方、鋼板内部の超音波探傷結果については、既述の感度で、各法極く微細な欠陥が認められたが、 $V_{15-2.8} = 80\%$ では欠陥が全く認められず、いずれの優劣も差が認められなかった。ただ鋼板に於る清浄測定結果は(図-6)のとおりであり、D法、次いでB法の順に成績が悪かった。



(図-5) 脱酸法と低温靱性の関係

以上の結果から、低温における衝撃値を重視する場合にはA法が最良の脱ガス処理法であるとの結論を得た。



(図-6) 鋼板における清浄度ならびに介在物形態

(B) 中板における曲げ特性の改善について

(1) 試験方法

鋼塊内介在物の調査結果より、介在物の観点から鋼塊表面性状が極めて良好であることが判明したが、このような鋼塊から製造された鋼板は表面加工性の厳しい材料として好適と考えられる。そこでSM41Bを供試材料として、中板における曲げ加工性を調査した。A法材を非脱ガス材、D法による脱ガス材と比較するものとした。鋼板厚みは6mm一定とし、また、熱延条件ならびに曲げ試験は次の通りとした。

熱延条件：	熱延仕上げ温度	捲取温度	寸法形状
	830℃≦	630℃目標	6×1,500×Coil

曲げ試験：JIS 1号曲げ（試片寸法：6×35×250mm）

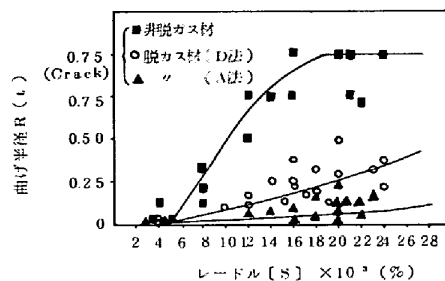
(2) 試験結果

(図-7)に試験結果を示す。

曲げ性は鋼中[S]量によっても大きく影響されるため、レドール[S]との関係も同時に示した。(図-7)より、脱ガス処理を行わない場合には[S] ≧ 0.015~0.016%では0.75tでCrackを発生するのに対し、RH脱ガス処理材は曲げ半径が著るしく小さくなるのが明らかであるが、RH処理したもの内D法に比べA法は更に曲げ性が向上しており、既述の衝撃特性と同様の結果がえられた。

すなわち、A法の脱ガス処理材は、高[S]であっても非脱ガス処理材の極低硫鋼と同等の曲げ特性が得られる。

非脱ガス材のCrack発生ヶ所の詳細調査によれば、表面直下0.1~0.2mmの部分に線状に群落した介在物が認められるのに対し、脱ガス処理材の同等部は清浄であり、鋼塊内介在物調査結果とよく合致している。



(図-7) 中板曲げ性に及ぼす脱ガス処理ならびに脱酸法の影響

'72-A82

4. 考 察：RH脱ガス処理時の介在物低減方法の一つとして、脱酸処理方法をとり上げ、5種類の脱酸方法についての実験調査を行った。この内、出鋼時の添加物をMnのみにとどめ、Si、Alを脱ガス時に少量ずつ添加したA法が鋼材特性のうち低温における吸収エネルギー、曲げ性を向上する結果が得られたが、A法は介在物量そのものは決して少なくない。しかし、(図-3)にみるようにA法は溶鋼内における $200\mu$ 以上の超大型介在物量が殆ど抽出されず、また凝固後の鋼塊表面層における抽出介在物量が少ないことをよく符合しており、他の処理法と異なり、この点がとくに鋼塊表面層の清浄性の影響が大きく寄与すると考えられる鋼材特性である衝撃値や曲げ性の向上につながっているものと考えられる。

A法が最も大型介在物が少ない理由に関しては、脱酸剤粒度が出鋼時添加のものとRH脱ガス時添加の場合で異なっていること、脱酸剤添加時期の酸素ポテンシャルの差、脱酸生成物の浮上時の溶鋼運動状況の差等種々考えられるが、その直接原因はいずれとも断定し難い。

また、(図-2)によれば、脱ガス時の脱酸剤添加後の自由酸素量と全酸素量の減少状況にはかなりの時間遅れが生じているが、今回の実験では添加終了からの攪拌時間は3~4分間のほぼ一定時間であり、この時間を更に延長した場合の変化状況については今回明らかにはできなかった。

5. む す び：RH脱ガス処理時の脱酸方法について検討した結果、出鋼時にAl、Si等の強脱酸剤を加えず、脱ガス処理過程でこれらを少量ずつ継続的に添加したものは、超大型介在物が少なく、したがって鋼塊表面層がとくに清浄であり、鋼材の低温における靱性が大巾に向上し、また曲げ加工性能も極めて優れている。

以 上