

討12 LD-AOD法による特殊鋼溶製

住友金属工業(株) 和歌山製鉄所 杉田 宏 岸田 達 永幡 勉
 斉藤康行 多田健一○田中勇次

1. 緒言

当社和歌山製鉄所第1製鋼工場においては、極低炭素鋼、極低硫、極低磷鋼などの特殊鋼溶製を目的として、ステンレス精錬用AOD炉⁽¹⁾を活用したLD-AOD法⁽²⁾を開発し、オンライン生産に寄与している。今回は、これらの溶製プロセス中における脱炭、脱硫、脱磷反応と鋼中水素、窒素の挙動についての解析を行うとともに、本法によって得られた成品特性について報告する。

2. LD-AOD法と適用鋼種

Fig. 1にLD-AOD法の概要を示す。本法は、LDから出鋼した粗溶鋼をAODにスラグカット注鋼し、吹錬をすることにより、脱炭、脱硫、脱磷を進行させ、更にフェロシリコン投入により、昇熱を実施する方法である。

Table 1にAODの諸元を示す。

また、LD-AOD法の適用鋼種をTable 2に示す。

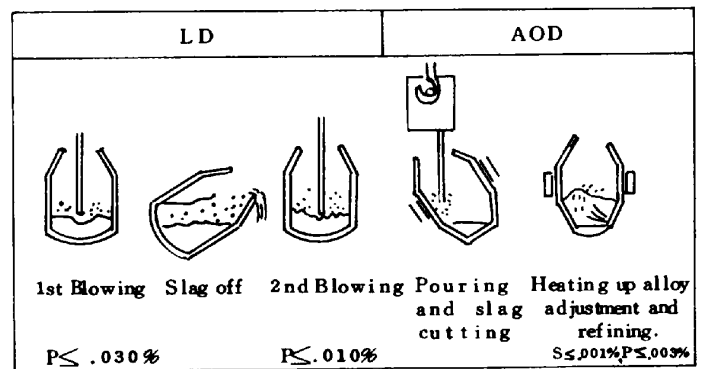


Fig 1 Flow chart of LD-AOD process.

3. LD-AOD法の精錬特性

3-1 脱硫機能

AODにおける脱硫能は、スラグ中T・Fe < 1.2%ではT・Feに関係なく、塩基度で整理できる(Fig. 2)。また、図中において、スラグのSulfide Capacityを用いて求めた理論値⁽³⁾との比較の結果、AOD炉内での脱硫反応は、ほぼ平衡に達していると考えられる。この良好な脱硫能により、本法における到達[S]レベルは、10ppm以下まで安定して可能である。さらに、スラグ塩基度と脱硫速度との関係も得られており、操業コントロールの指針としている(Fig. 3)。

3-2 脱炭機能

AODでは、O₂とArガスの混合吹錬により最高20ppmまで脱炭が可能であり、その時の鋼中酸素量もLDに比べ低い(Fig. 4)。また、Fig. 5に示すように[C]値が100ppm前後ではPco = 0.3atm、極低炭域([C] = 20ppm)ではPco = 0.1atm

Table 1 Main specification of AOD equipment

		90-ton AOD
Furnace	Type	Oblique transacted con
	Size	4657mmφ × 7924 mm H
	Free board	2515mm
	Refractory	Magnesia-dolomite brick
Gas Supply	Blowing method	Side blow
	Tuyere	5 pieces
	Using gas	O ₂ , pure and crude Ar, N ₂
	Flow rate	Max. 18Nm ³ /T min

Table 2 Application of LD-AOD process

Steel	Content
Lamellar tearing resistant steel	Nb-V type
9% Ni steel	9%Ni
Boiler tube	2%Cr-1%Mo
High Al steel	4%Al
Non-magnetic steel	19% Mn
High tensile steel	Cu-Cr-Ni-Mo-V type

平衡まで達している。

3-3 窒素挙動

本法においては、AOD注鋼時の[C]値が比較的低いため、AOD吹錬時の吸窒防止が重要である。このため、AOD炉口断面積を縮小すべく、炉口蓋を採用することにより、注鋼、吹錬中の吸窒が防止できた(Fig. 6)。また、(発生ガス量)/(炉口断面積)の増加により吸窒量を減少することができる(Fig. 7)⁽⁴⁾。さらに、脱炭期の方が、鋼中酸素の影響により、還元期に比べ吸窒量は減少する。

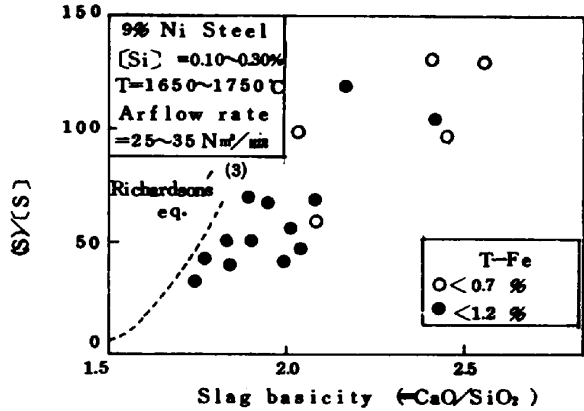


Fig. 2 Relation between slag basicity and $(S)/(S)$.

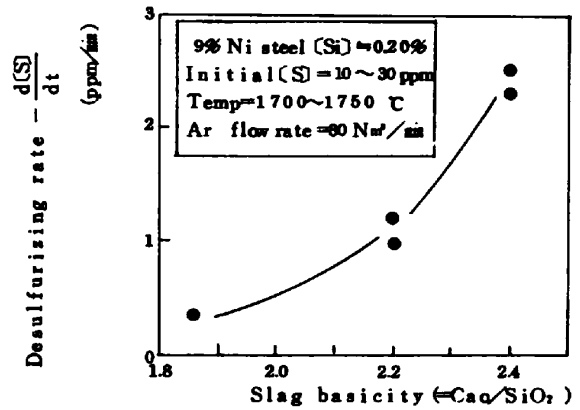


Fig. 3 Relation between slag basicity and desulfurizing rate.

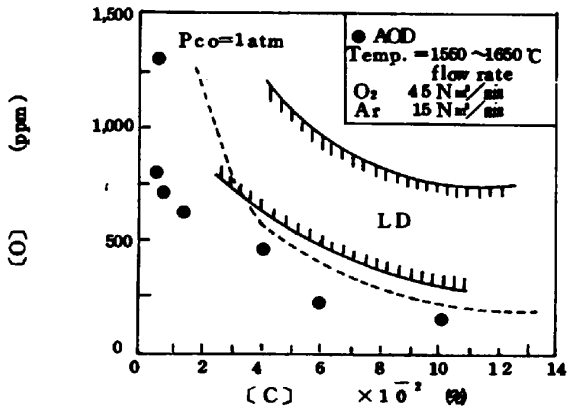


Fig. 4 Relation between $[C]$ and $[O]$ during decarburizing period. (9% Ni steel)

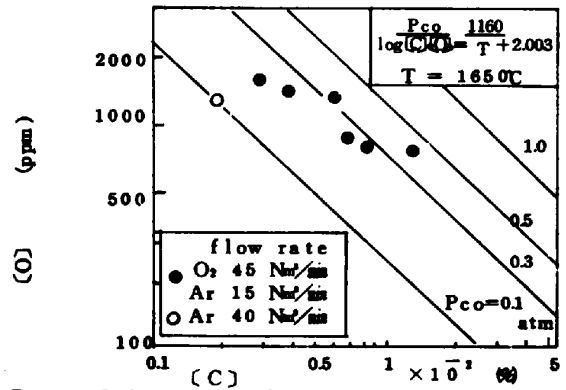


Fig. 5 Behavior of $[C]$ and $[O]$ at ultra low carbon area. (Plain carbon steel)

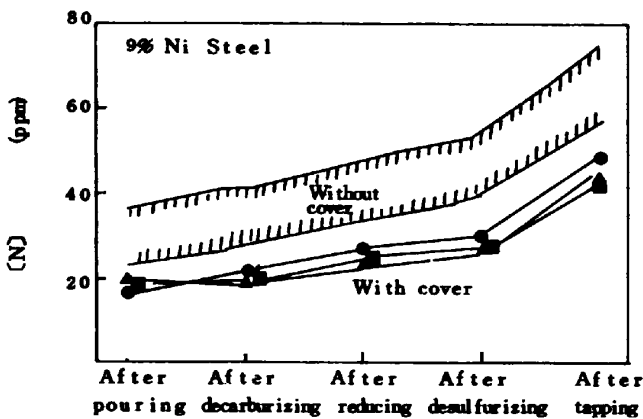


Fig. 6 Change of $[N]$ during AOD refining.

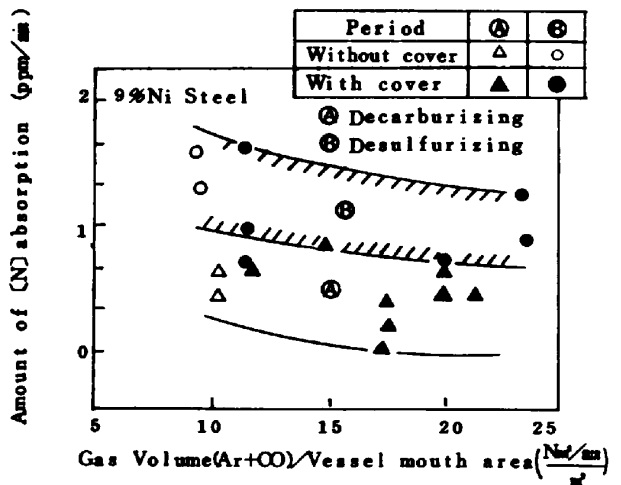


Fig. 7 Effect of decreasing vessel mouth area for $[N]$ absorption.

3-4 水素挙動

AOD炉内においては、CO, ArガスによるPH₂の低下で脱水素が進行するが、その効率は脱炭、還元期とも約50%である (Fig. 8)。

3-5 脱磷機能

LDから低磷出鋼 ([P] ≤ 100 ppm) した溶鋼は、AOD注鋼時のスラグオフ、スラグ更新により、[P] ≤ 30 ppmまで到達可能となった (Fig. 9)。また、AOD炉内の脱磷反応について Healy の平衡式⁽⁵⁾を用いた比較検討の結果を (Fig. 10) に示す。

4. 成品の品質

LD-AOD法は、前述の如く酸化、還元期を備えた強攪拌容器であるため (1) 極低硫、極低磷鋼の溶製 (2) 高合金の溶製 (3) 超清浄鋼の溶製に適したプロセスである。以下にその適用例を示す。

4-1 耐ラメラティア鋼板

板厚方向性能を向上させ、ラメラティアを防止するためには、非金属介在物の減少が最も有効である。LD-AOD法では極低硫鋼の溶製が可能であり、介在物の浮上分離効果も著しいため、Fig. 11 に示すように清浄度のすぐれた鋼が得られる。このため、板厚方向 (Z方向) の延性は極めて良好であり、強度が上昇してもZ方向の絞り値の低下は、ほとんど認められない (Fig. 12)。

また、80キロ高張力鋼板のZ方向窓型拘束割れ試験結果を Fig. 13 に示す。溶接残留応力により、板厚方向に強い拘束応力を受けても、母材、溶接熱影響部とも割れの発生はなく、極めて良好である。

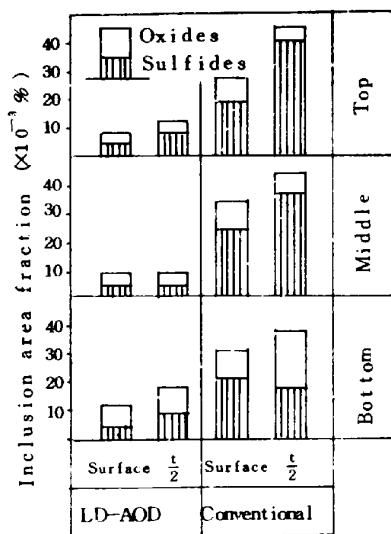


Fig. 11 Inclusion area fraction of Lamellar tearing resistant Steel. (Ingot)

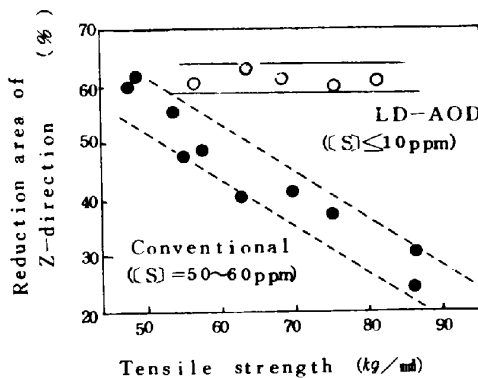


Fig. 12 Relation between reduction area of Z-direction and tensile strength.

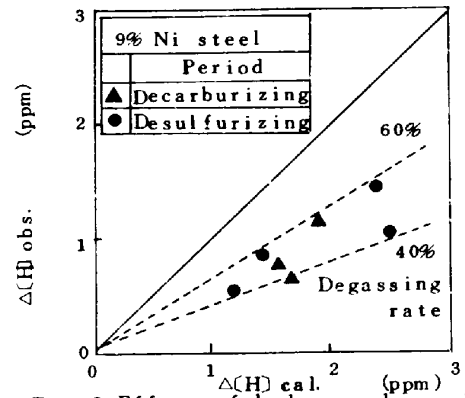


Fig. 8 Effect of hydrogen degassing by Ar and CO gas blowing.

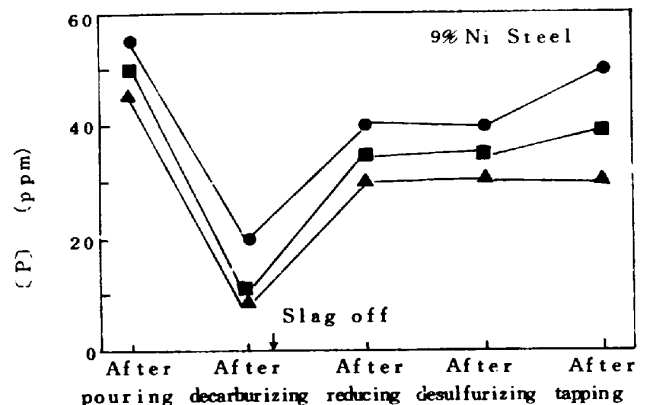


Fig. 9 Change of (P) during AOD refining.

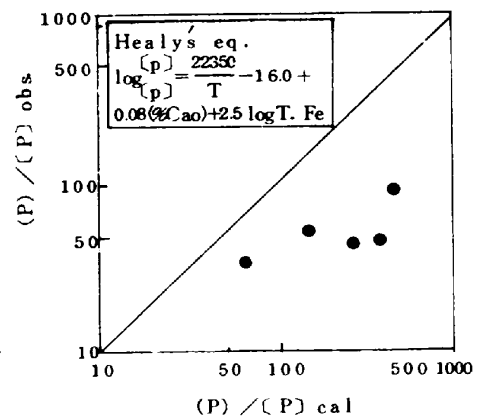


Fig. 10 Comparison of phosphorous partition ratios between calculated values and observed values.

4-2 9%Ni鋼板

9% Ni 鋼板はLNGタンクなどの極低温で使用されるため、低温切欠靱性の確保が重要である。LD-AOD法では[S] ≤ 10 ppmの極低硫鋼を容易に得る事ができるため、切欠靱性に悪影響をおよぼすMnSを減少させ、

衝撃吸収エネルギーを著しく上昇させることができる (Fig. 14)。

4-3 2 1/4 Cr - 1M. 鋼板

2 1/4 Cr - 1M. 鋼板は、圧力容器として用いられ、使用中の焼戻脆化が重要な問題である。Fig.15 に示すように、LD-AOD法による低燐化により、脆化処理試験を行っても遷移温度の上昇が少なく、優れた靱性が得られる。

5. 結 言

LD-AOD法の開発により、極低炭、極低硫極低燐鋼などの特殊鋼溶製が可能となり、その到達レベルは[C] ≤ 100 ppm、[S] ≤ 10 ppm、[P] ≤ 30 ppmに達している。また本法による成品特性は、非常に優れており、成品のZ方向性能、C方向シャルピー値などの改善により、異方性の少ない材料が得られている。

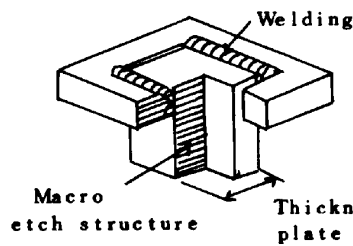


Fig. 13 Test method of window test and macroetch structure.
(80kg/cm² tensile steel
(Thickness of plate = 150mm))

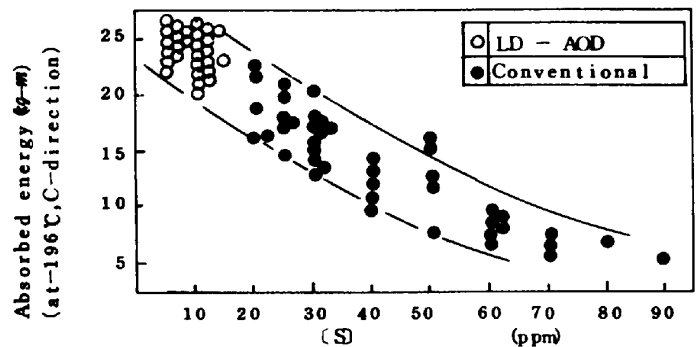


Fig. 14 Effect of [S] on absorbed energy.
(9% Ni steel)

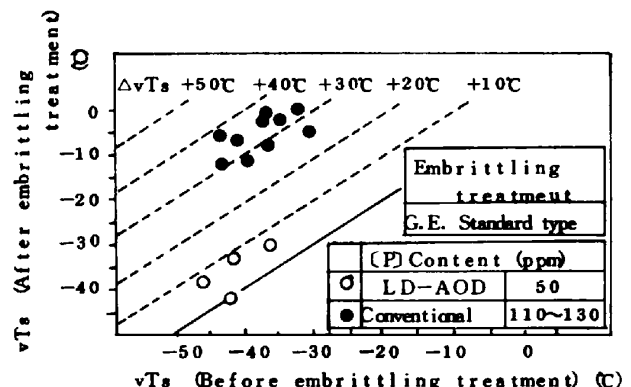


Fig. 15. Effect of [P] on embrittling temperature
(2 1/4 Cr-1Mo Steel)

(参考文献)

- (1) 吉田、岸田、荒木、田中：鉄と鋼63 (1977) , S 533
- (2) 梨和、足立、岸田、岩見、田中：鉄と鋼65 (1979) , S 666
- (3) F.D.Richardson, C.J.B.Fincham: JISI, 178 (1954) , P.4
- (4) 池田：学振19委員会 10341 反応516
- (5) G.W.Healy : JISI, July (1970) , P.664