

極低 C, N フェライト系ステンレス鋼の製造安定化

Production of Ultra Low Carbon and Nitrogen Content

Ferritic Stainless Steel

愛知製鋼(株)知多工場 永山 宏智*・井上 雅則・二村 直志
第一生産技術部 笹本 博彦

1. 緒言

当社、ステンレス鋼は、1987年稼働の10T複合製鋼プロセス¹⁾及び1990年8月に新たに稼働した50T複合製鋼プロセスによって、生産されている。50T複合製鋼プロセスではSUS304を中心に量産を行い、10T複合製鋼プロセスでは、多品種、小ロットの製品を中心に生産を行っている。

今回は、10T複合製鋼プロセスにおける極低C、Nフェライト系ステンレス鋼の〔C+N〕量低減技術と、AOD出鋼後の温度コントロールを目的とした取鍋内容鋼のアーキ加熱(AR)技術について報告する。

2. 10T複合製鋼プロセスの概要

10T複合製鋼プロセスの概念図をFig.1に示す。基本プロセスはEF-AOD-AR-CCであるが、今回報告する鋼種のプロセスはEF-AOD-AR-ICである。

また、各設備の主な仕様をTable 1に示す。

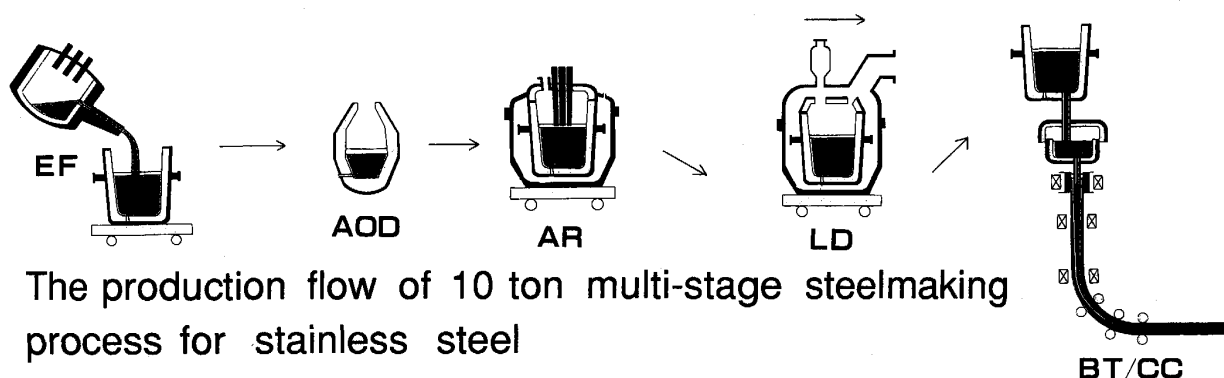


Fig.1 The production flow of 10 ton multi-stage steelmaking process for stainless steel

Table 1 The main specification

EF	Nominal capacity	10 ^T	LD	Secondary current	max 18.3kA
	Charging weight	19 ^T		Type of vacuum pump	4-steam ejectors +W.P.
	Inside shell diameter	3535mm		Capacity	14.0~18.0 ^T
	Transformer capacity	5000kVA		Amount of exhaust gas	1200kg/hr(at 10 torr) 180kg/hr(at 0.5 torr)
	Secondary voltage	max 245v		Achievable degree of vacuum	0.1 torr
AOD	Secondary current	max 19.2kA	BT/CC	Machine type	Radius type with two point unbending
	Furnace type	2 vessel fixed		Number of strand	2
	Capacity	15.5~21.0 ^T		Mold size	135s.160s.185s.185 ×320
	Gas flow rate	1.5 Nm ³ /min.T		Tundish capacity	4.5 ^T .8 ^T
AR	Number of tuyler	3		Mold level control	Stopper control by γ -ray measurement
	Capacity	14.0~21.0 ^T		Secondary cooling	4 zone 11 loop
	Transformer Capacity	4600kVA		Cutter	Shear (Diagonal cut)
	Secondary voltage	max 250v			

平成 4年 4月 7日 受付 (Received on Apr. 7, 1992)

* Hironori Nagayama (Chita Plant, Aichi Steel Works, Ltd., 1 Wanowari Araomachi Tokai 476)

3. 極低C、Nフェライト系ステンレス鋼の製造技術改善

3-1. [C+N] 量低減

Table 2に、[C+N] 量低減の取り組み状況を示す²⁾。
対象鋼種は、[C+N] ≤ 250 ppm、12%Cr鋼に、Pb、S、Alを添加したものである。

Table 2 Activity to reduce C+N (☆:Improvement)

		1986	1987	1988	1989	1990	
C+N reduction	C reduction	Decarburization	Lowering of Pco				
			Alloy	☆		☆	
		Prevention of C pick up	Sub-material	☆		☆	☆
			Electrode	☆			
	N reduction	Denitrogenization	Lowering of P _{N2}		☆		
			Increase of purging gas	☆		☆	
		Prevention of nitrogenization	Tapping				☆
			Casting				
			AR power off	☆			
		Adjustment of damper		☆			
		Prevention of permeation			☆		
		Raise-up of AOD start carbon	☆				
	Shortening of tapping height		☆				
	Tapping with slag				☆		
	Prolongation of tapping time		☆				
	Ar gas seal	☆					

(1) [C] 量低減

極低Cを得るためには、脱炭末期において限界までCを下げることに、還元期以降における[C]ピックアップを極力おさえることが重要である。

前者の方策として、CO分圧をできるだけ下げ脱炭を進行させることが考えられる。そこで、脱炭末期におけるO₂/Ar比(従来1/5)を1/7に下げ脱炭時間を延長した。

後者の方策として、還元期以降に投入する合金、副原料は低炭素品を用い、かつ取鍋の管理を行った。

Table 3に、従来と対策実施後のC挙動比較を示す。

(2) [N] 量低減

極低Nを得るためには、できるだけ多量のガス(窒素以外)で溶鋼を攪拌し脱窒を進行させることと同時に、AOD炉内への侵入空気を低減させることがポイントである。その方策を以下に示す。

- ① スタートC%を高くし、COガスの発生量を増やす。
- ② AOD炉内のコーン上端と集塵フードの間隔を100mm以下にする。
- ③ 集塵機吸引量を調整し、侵入空気を減少させる。

Table 3 Comparison of C behavior between conventional and the ultra low C processes

Term		Conventional stainless [C] ≤ 400ppm	The ultra low C stainless [C] ≤ 100ppm
[C] at the end of decarburization period		ppm 50~150	ppm 10
[C] pick-up	During reduction	40~70	0~20
	During tapping	30~50	10~20
	Total	90~100	10~40
Ladle [C]		140~240	20~50

Table 4 Comparison of N behavior between conventional and the ultra low N processes

Term		Conventional stainless [N] ≤ 300ppm	The ultra low N stainless [N] ≤ 150ppm
[N] content	The end of decarburization period	ppm 100~120	ppm 35~60
	The end of reduction period	80~100	35~70
[N] absorption during tapping		60~70	25~50
Ladle [N]		140~170	60~120

一方、このようにAODで〔N〕を低減した溶鋼の吸窒を低くおさえることも重要である。その方策を以下に示す。

- ①出鋼時の空気巻き込みを低減させるためには、攪拌エネルギーを小さくすれば良いと考えられる。(1)式で表した出鋼攪拌エネルギー³⁾を小さくする方策として i)AOD出鋼時間を長くし、ii)台車受鋼からクレーン受鋼に変更することにより、出鋼流の落下距離を小さくした。

$$\dot{\epsilon} = 9480 \frac{H}{T} \quad (1)$$

$\dot{\epsilon}$: 出鋼攪拌エネルギー(W/t)

T : 出鋼時間(sec)

H : 出鋼口から溶鋼面までの高さ(m)

- ②注入流の空気巻き込みを低減するため、注入流のArシールを実施した。

Table 4に、従来と対策実施後のN挙動比較を示す。

(3)〔C+N〕量低減

上記対策の結果 Fig.2に示すように、1990年の〔C+N〕量の平均は139ppmとなり、1987年に比べ、44ppm低減することができた。

3-2.AR処理による注入温度の安定化

AOD出鋼前温度を下げることによって生産性を向上させること、及び注入温度の安定化による品質向上を目的として、AR処理に取り組んだ。

従来の注入温度実績を Fig.3に、AR処理の温度設計を Fig.4に示す。

(1) 通電方法

Cピックアップは、黒鉛電極と溶鋼の接触によりおこると考え調査した結果、スラグ厚、攪拌ガス流量、力率の影響が大きいことが判明した⁴⁾。結果の一部を Fig.5、Fig.6 に示す。得られた知見をもとに極低C、N鋼へのAR処理適用テストを Table 5に示す操業条件で実施した。

(2) テスト結果

①〔C+N〕量

処理結果を、Fig.7 に示す。

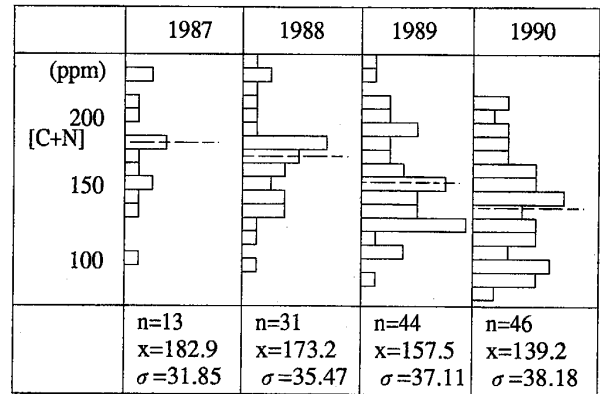


Fig.2 Frequency of [C+N] on these years

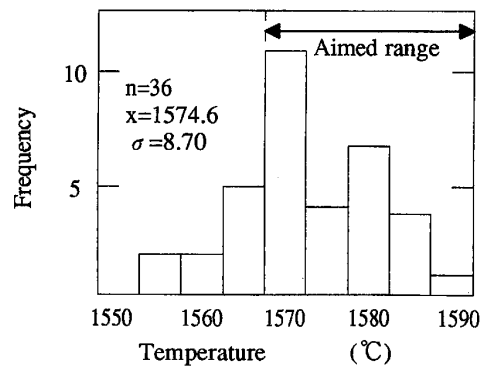


Fig.3 The casting temperature of ultra low C+N(≤250ppm) stainless steel without AR operation

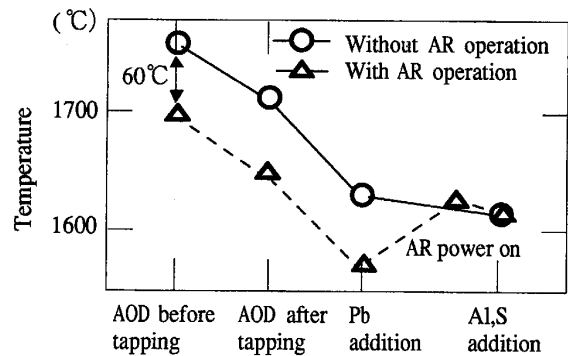


Fig.4 Temperature control to produce ultra low C+N(≤250ppm) stainless steel

Table 5 AR operation condition

Control factor	Steel grade		Aim	
	Conventional [C] ≤400ppm	Ultra low [C+N] ≤250ppm test	Prevention of C pickup	Prevention of [N] absorption
Slag thickness	10~15cm	20~25	☆	☆
Flow rate of stirring gas	100 NI/min	30~50	☆	—
Power efficiency	0.8~0.9	0.9~	☆	—

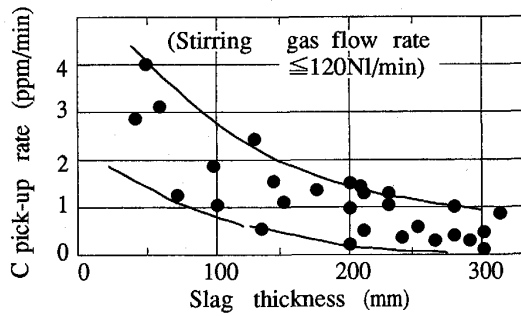


Fig.5 Influence of slag thickness on C pick-up rate during AR treatment

A R 処理後（注入前）の C 値は 46 ppm であり、C ピックアップは、8 ppm であった。

A R 処理による C ピックアップ速度を Table 6 にまとめる。従来、0.76 ppm/分であったものを、通電方法を改善することによって、0.33 ppm/分におさえることができた。

②注入温度

A R 処理したチャージの注入温度を、Fig.8 に示す。A R 処理を実施することによって、従来より、注入温度のバラツキが小さくなり、高温注入が可能になった。

③AOD 操業時間

AOD 操業時間推移を、Fig.9 に示す。A R 処理化によって、AOD 出鋼前温度を 60℃ 下げることが可能となり、AOD 操業時間を短縮することができた。

4. まとめ

極低 C、N フェライト系ステンレス鋼において、AOD による [C+N] ≤ 250 ppm の製造技術が確立できた。また、製造工程に、A R 処理を導入することにより、注入温度の安定及び AOD の負荷が軽減でき、品質、生産性の改善が計れた。

今後は、A R 処理を活かして、極低 C、N フェライト系ステンレス鋼の C C 化を計っていきたい。

文献

- 1) 後藤ら：CAMP-ISIJ Vol.1 (1988)-1212
- 2) 笹本ら：CAMP-ISIJ Vol.2 (1989)- 288
- 3) 坂尾：第54、55回西山記念技術講座(1978)
- 4) 二村ら：CAMP-ISIJ Vol.1 (1988)-1213

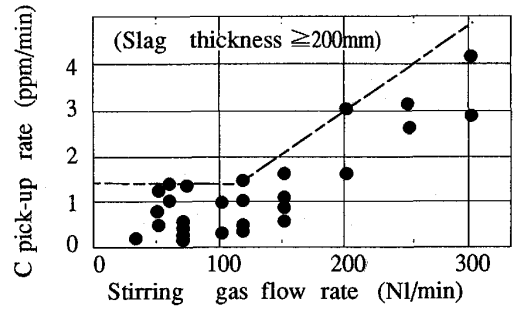


Fig.6 Influence of stirring gas flow rate on C pick up rate during AR treatment

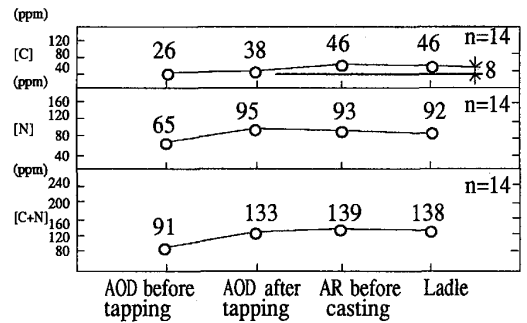


Fig.7 C and N change during AR operation

Table 6 Comparison of C pick up rate between conventional and the ultra low C+N processes

	C pick up rate (ppm/min)
Conventional [C] ≤ 400ppm	n=20 x=0.76 σ=0.460
Ultra low [C+N] ≤ 250ppm test	n=14 x=0.33 σ=0.266

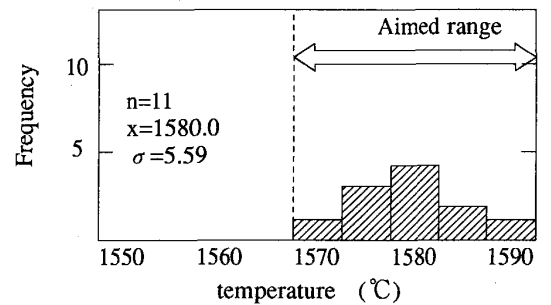


Fig.8 Casting temperature with AR operating

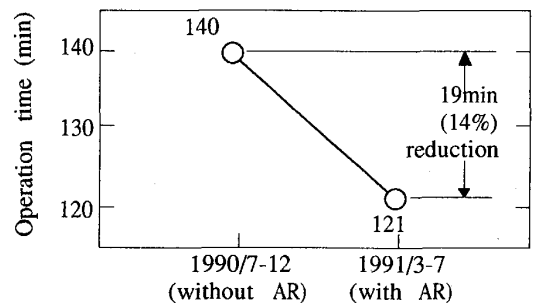


Fig.9 AOD operation time for ultra low C+N (≤250ppm) processes