

討11 上底吹き転炉におけるフェライト系ステンレス鋼の製造

川崎製鉄㈱ 千葉製鉄所 田岡啓造 ○山田純夫 数土文夫
 駒村宏一 江本寛治
 技術研究所 藤井徹也

1. 緒 言

千葉製鉄所第1製鋼工場では、優先脱炭能力の高い上底吹き転炉を主設備とし、溶銑予備処理設備あるいはスクラップ溶解炉(電気炉)を利用して、ステンレス鋼の安定した生産を続けている。本報では予備処理溶銑を用いた上底吹き転炉におけるフェライト系ステンレス鋼の溶製技術の特徴をスクラップ溶解法と比較して紹介するとともに、生産性をより向上することを目的とした高速吹錬技術の開発について報告する。

2. 設備仕様と特徴

当所第1製鋼工場におけるステンレス鋼溶製設備の主仕様をTable1に示す。電気炉は連々鑄に対処するため、変圧器容量65MVAのUHP仕様とした。トビードカーでの溶銑予備処理は、生石灰系の脱燐剤を用い、最大吹込速度は500Kg/minである。上底吹き転炉は、底吹き羽口からArまたはN₂をO₂ガスに混合することにより、AODと同等な希釈脱炭が可能であり、加えて以下の利点がある。

- (1) 上吹きランスを具備することにより、ステンレス鋼吹錬時の脱炭時間が短縮できる。
- (2) プロパン、その他の冷却ガスが使用できるので、羽口保護に有利である。
- (3) 生石灰粉インジェクションが可能のため、脱硫に有利である。

3. 操業結果

3-1 フェライト系ステンレス鋼の溶製プロセス

Fig.1に脱燐溶銑を使用したステンレス鋼の溶製プロセスを示す。脱燐溶銑と高炭素FeCrを用い、上底吹き転炉でシングル・スラグ法によりフェライト系ステンレス鋼を製造している。

当所第6高炉は出銑[Si]が低く、さらに鑄床脱珪も行っていることから脱燐処理に有利である。

Table 1 Specifications on the main equipment of stainless making facilities at Chiba Works.

Items	Specifications
(1) EF Capacity of Transformer Electrode Dust Collector Noise Reduction Wall and Proof	85t UHP furnace 65000 KVA 24 inches (3° slanted) Bag Filter, Clean House Clean House Water Cooling Jacket, Pipe
(2) Converter Combination of Gases Oxygen Flow Rate Flux Injection Waste Gas Treatment	85t × 2 (Combined blowing) { Inner O ₂ O ₂ + Ar (N ₂) Ar (N ₂) Outer Pr Pr + Ar (N ₂) Ar (N ₂) Top Lance max. 175Nm ³ /min Bottom Tuyere max. 100Nm ³ /min CaO or CaCO ₃ max. 300 kg/min OG Type
(3) Hot Metal Treatment Flux Injection Rate Oxygen Gas Mixing	Torpedo Injection CaO Based Fluxes max. 500kg/min (ΔP control type) max. 5Nm ³ /min (O ₂ /N ₂ =5)

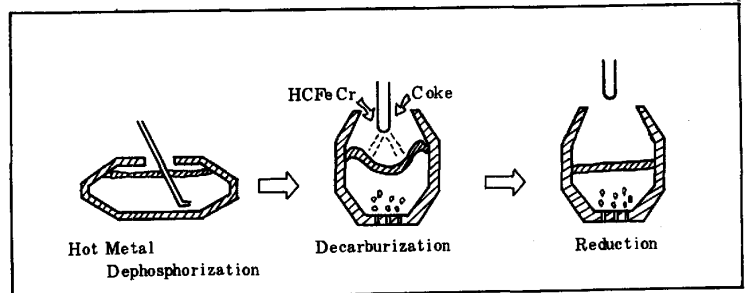


Fig.1 Refining process of stainless steel.

Table 2 Changes in chemical compositions and temperature during hot metal treatment.

Chemical composition	C	Si	Mn	P	S	Temp.
Iron tapping	450%	0.25%	0.30%	0.140%	0.035%	1480°C
Before treatment	450%	0.10%	0.25%	0.140%	0.035%	1380°C
After treatment	4.25%	Tr	0.22%	0.020%	0.020%	1280°C

Table2に脱燐処理の1例を示すが、一般のステンレス鋼溶製時には、上底吹き転炉での還元脱硫を前提としているために脱硫よりも脱燐を主体とした溶銑処理を行っている。脱燐処理は転炉精錬との同期化をはかる必要があるため、450Kg/minと比較的大きな吹込速度を採用している。しかし、固気比が130Kg/Nm³

と高いことに加えて斜め吹きを行つていることから、地金飛散等の操業上に支障となるトラブルは皆無である。

3-2 熱補償技術

Fig. 2 に本法における転炉吹錬時の熱バランスを示す。溶銑配合率が70~75%となるため、高炭素FeCr中の炭素、珪素の酸化反応

(Input)		(Output)	
Oxidation (60.0%)	Shortage (5.7%)	Vessel, Lance, etc. (14.2%)	Molten Steel (63.2%)
		Waste Gas (9.2%)	
		Slag (13.4%)	
Hot Metal (34.3%)			

Fig. 2 Heat balance of Hot Metal Process.

熱を加味しても熱不足の転炉吹錬となる。このため低コストでかつ安定した熱補償技術の開発が必要であるが、本法では熱源として製鉄所で余剰となつている小塊コークスを使用している。

コークスを熱源として利用する技術は、一般的な熱補償技術であるFe-Si法と比較して以下の利点がある。

- (1) 製鉄所の余剰品である小塊コークスを利用できる。
- (2) 多量に使用してもスラグ生成量が少ない。
- (3) 発生するCOガスはエネルギー源として活用できる。

コークス炉上投入による熱補償技術において最も重要なことは鋼浴への加炭効率である。当所の上底吹き転炉は底吹きガス流量が大きく鋼浴攪拌力が十分なために安定して高い加炭効率を得ることができ、終点制御も容易である。したがつて、Fig. 3に示すようにコークス炉上投入による安定した熱補償が可能であり、その昇熱能力はコークス1kg/tあたり4.9℃である。

3-3 上吹きランスの効果

Fig. 4に本法における精錬時の温度、成分の推移を示す。電気炉法と比べ吹錬開始の条件が低温で高炭素濃度となるが、コークスによる安定した熱補償が可能で、また高炭素FeCrの投入時期を適正化することによつて脱炭期のクロム酸化損失は電気炉法とほぼ等しい。また、本法では電気炉法に比べ脱炭量が多い。このため、連々鑄と同期化させるには上吹きランスを併用し脱炭時間を短縮する必要があるが、火点での酸素ポテンシャル上昇によるクロム酸化損失の増大が懸念された。Fig. 5に種々の上吹き酸素ガス流量に対する[%C]と[%Cr]の関係を示す。高炭域では上吹きランスを併用してもクロム酸化損失の増大は認められない。

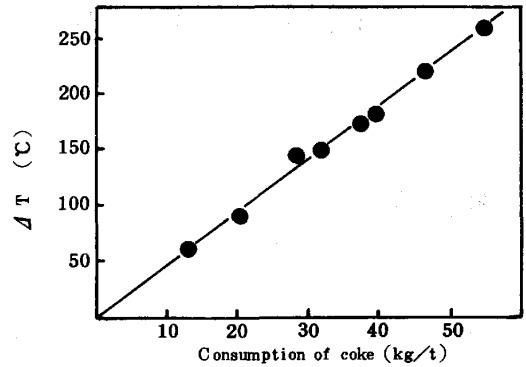


Fig. 3 Relationship between consumption of coke and increase of temperature of molten steel in Hot Metal Process.

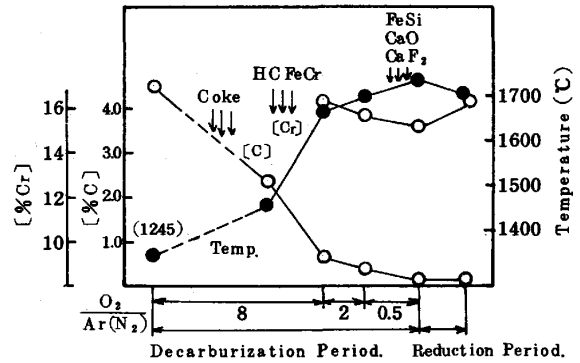


Fig. 4 Changes in chemical compositions and temperature of molten steel in Hot Metal Process.

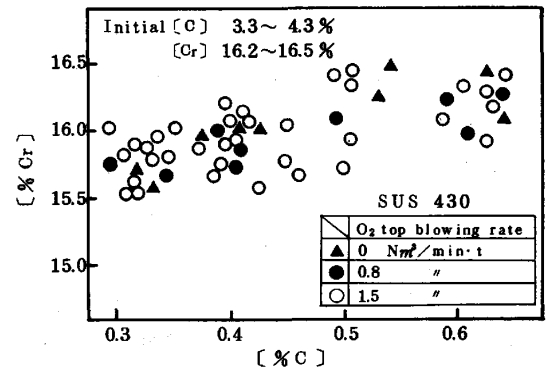


Fig. 5 Influence of oxygen top blowing rate on Chromium oxidation during decarburizing period.

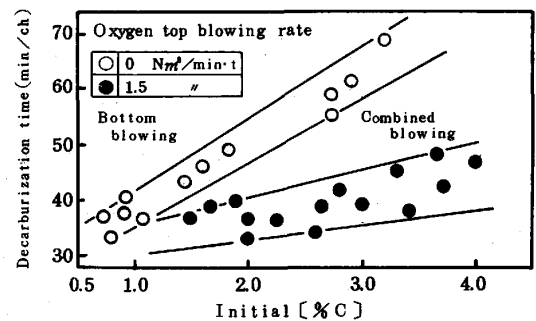


Fig. 6 Influence of oxygen top blowing on decarburization time required.

Fig. 6に脱炭時間におよぼす上吹きランスの効果を示す。吹錬開始時の炭素濃度が高くて上吹きランスを併用することによつて脱炭時間を大幅に短縮することができる。すなわち上底吹き転炉では、脱炭期に上吹きランスが併用できるので、電気炉法と同程度のクロム酸化損失で精錬時間を短縮し、連々鑄と同期化させることが可能である。

また、小塊コークスによる熱補償ではコークスからの加硫の問題があるが、この点においても上吹きランスは有効である。Fig. 7に底吹き法および上吹き併用法の吹止時のSバランスの1例を示す。両者を比較すると、上吹き併用時の方が不明Sが大きいことがわかる。排ガス分析の結果、これらの不明Sは酸化脱硫によることがわかった。酸化脱硫が生じる理由は、S濃度の高いスラグ表面に上吹きランスからの酸素ジェットが吹き付けられるため、スラグ-気相間の反応によりSが酸化するものと推定される。

この結果Fig. 8に示すように、インプット〔%S〕が高くと、約0.020%の低い吹止〔%S〕が得られるので、この後の還元処理によりステンレス鋼の低硫化を容易に達成することができる。

4. 精錬時間の短縮に関する試験転炉における実験結果

4-1 低炭素濃度域における脱炭時間の短縮

上吹きランスの併用は高炭域では脱炭時間の短縮に効果を発揮するが、低炭域ではクロム酸化損失の増大が懸念されるので、上吹きランスによる酸素供給を停止している。また、底吹きガス流量を増大させ低炭域における脱炭時間の短縮を

Table 3 Gaseous flow rate and mixed ratio in various refining methods.

Critical Period		I	II	III
〔%C〕		≥0.6	0.25~0.6	≤0.25
O ₂ /N ₂		6/1	2/1	1/2
(A) Top and bottom blowing of mixed gas	O ₂ (Nm ³ /min) Top lance	6	5	25
	N ₂ (%) "	2	25	5
	O ₂ (%) Bottom blowing	6	5	25
	N ₂ (%) "	0	25	5
(B) Bottom blowing of mixed gas	O ₂ (%) Bottom blowing	12	5	25
	N ₂ (%) "	2	25	5
(C) O ₂ top and N ₂ bottom blowing	O ₂ (%) Top lance	6	10	5
	N ₂ (%) "	2	0	0
	N ₂ (%) Bottom blowing	6	5	10

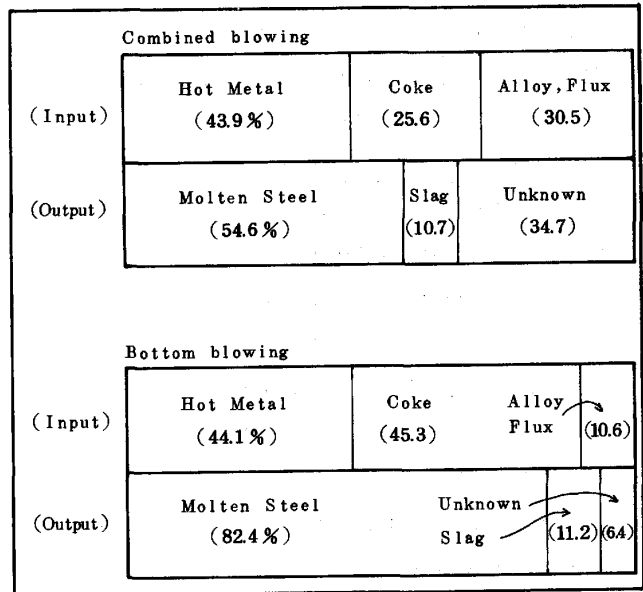


Fig. 7 Comparison of sulfur balance before reduction between combined blowing and bottom blowing.

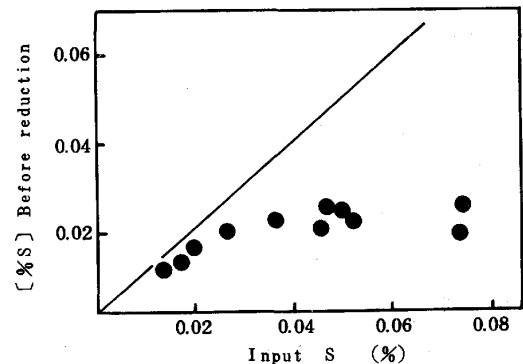


Fig. 8 Relationship between input sulfur and sulfur content of molten steel before reduction.

はかるという試みもクロム酸化損失という点では決して有利ではない。¹⁾ その結果、設備、プロセスの如何にかかわらずステンレス鋼の精錬においては低炭域での脱炭時間が長いという課題を残していた。

そこで、5 T試験転炉を用いて上吹きランスから純酸素と不活性ガスからなる混合ガスを吹精し、低炭域まで優先脱炭を維持しつつ脱炭時間の短縮をはかる実験を行った。²⁾ Table 3に上吹き混合ガス併用法(A)、底吹き法(B)、上吹き酸素+底吹きN₂法(C)、各々の実験結果を示す。またFig. 9に各溶製方法における〔%C〕と〔%Cr〕の関係を示す。

Fig. 9から(A)法と(B)法のクロム酸化損失はほぼ等しく(C)法のそれは(A)法、(B)法に比べて大きいことがわかる。

すなわち上吹きランスからの混合ガスを併用することにより、低炭域におけるクロム酸化損失を底吹き法と同等としながら脱炭時間をさらに短縮することができる。

4-2 還元期における生石灰粉インジェクション

還元精錬時間の短縮と羽口の保護を目的として、5 T 試験転炉を用い還元期に生石灰粉をインジェクションする実験を行った。³⁾ 還元期に塊状生石灰を投入した場合および生石灰粉をインジェクションした場合の還元時間と(%)Cr₂O₃、[S]の挙動をFig.10に示す。Fig.10から明らかなように生石灰粉のインジェクションはクロム酸化物の還元速度と脱硫速度の増大に効果がある。

また、還元期の生石灰粉のインジェクションはFig.11に示すように還元時の羽口冷却強化にも効果があり炉底寿命の向上にも寄与する。

5. 経済性

予備処理溶銑を用いたフェライト系ステンレス鋼溶製法の開発目的は、電気炉を省略することによる製造コストの低減にあり、そのためには安価で合理的な熱補償技術の確立および連続との同期化に対処すべき高速吹錬技術の確立が必要であった。Fig.12に電気炉法および本法の製造コストの比較を示すが、本法は5.3%のコスト・ダウンが可能で当初の目的をほぼ達成することができた。

6. 結 言

川崎製鉄千葉製鉄所では、予備処理溶銑と熱源としてコークスを用いた上底吹き転炉法によつて、フェライト系ステンレス鋼の経済的な溶製方法を確立することができた。

また、高生産性に対処するため、低炭域での脱炭時間および還元処理時間を短縮することを目的に基礎実験を行い、良好な結果を確認した。今後これらの結果を実操業に適用する方針である。

<参考文献>

- 1) 中西ら;鉄と鋼64(1974),S588
- 2) 加藤ら;鉄と鋼69(1983),S255
- 3) 加藤ら;鉄と鋼69(1983),S296

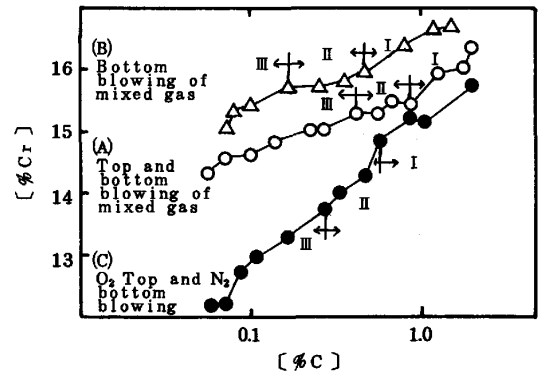


Fig.9 Relationship between [Cr] and [C] for various methods of refining.

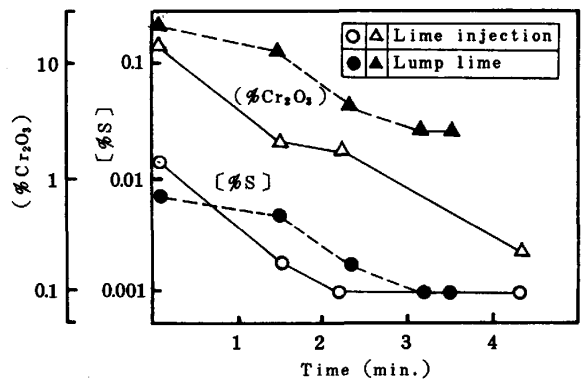


Fig.10 Changes of (Cr₂O₃) and [S] during reduction period.

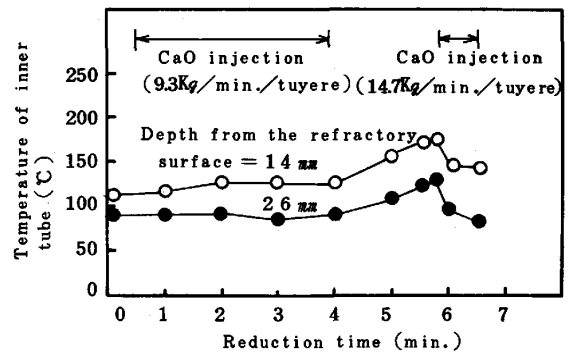


Fig.11 Changes of temperature of inner tube during reduction period.

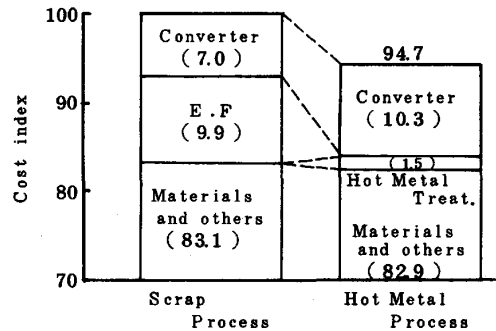


Fig.12 Comparison of product cost between Scrap Process and Hot Metal Process.