ルを充てんしておきえた。

事故原因と対策；修理時の急熱急冷によつて発生する Crack に溶銑が差し込んだか。あるいは、炉を空にして操業することがあつたために局部的に炉床が掘れてそこから溶銑が差し込んだらしい。対策としては、最低貯銑量を 400 t とし修理時の急熱急冷を避け、修理直前の排さいに十分注意する必要がある。

2) 中間補修

転炉工場の定期大修理を利用して休止したもので、れんがによる修理を行なうほどでないで溶損部にマグネシヤスタンプを行なつた。すなわち前回修理した炉底のマグネシヤスタンプをさらに補強し、受銑口下部から傾斜をつけた。

3) 定期修理

出銑口、受銑口、排さい口周辺と前壁、裏壁および両鏡の修理を予定して、休止した。一方休止約 1 か月前から、マグネシヤスタンプの浮上流出がはなはだしくなりその形状から出銑口抱下下部の補修材が浮上したものと考えられたが休止して見ると、非常修理および中間補修時に行なつた炉底のマグネシヤスタンプの一部が流出してなくなっており残部の方々に地金が侵入していた。しかも受銑口下部のマグネシヤが大きな塊となつており、これらの解体に長時間を要した。

修理範囲；以上のような状況により全面修理を行なうことにした。すなわち天井および両鏡の一部を除き全面れんがを張り替えた。れんが使用トン数は 299 t である。なお、天井れんがについては、運転以来修理を行なっていないが依然として溶損が少なく、修理時の支持に留意すれば今後、さらに相当長時間持続することが可能であると考えられる。

修理工程は Fig. 2 に示す。

昇熱について；従来と同じ基準で行なつた。すなわち、炉底れんがが目地への地金の侵入を防止するため、炉底に高炉さい粉、を薄く散布したのち、炉内に特設した乾燥用バーナーに点火し、100°C/9~10 hr (天井温度) の速度で昇温を行なつた。その間 800~900°C で本バーナーに点火した。天井温度が 1100~1150°C になつたとき、受銑を開始した。

VII. 今後の操業方針

第3代修理と運転以来現在までの操業経験をいかして今後は次のような方針で操業を続けて行くことにした。

a) 貯銑量

平常作業では可能なかぎり、最低貯銑量を 400 t 程度保留するようにし、受銑時の衝撃による炉底の損耗を避ける。

b) 排さい作業

排さい作業は行なわないから受銑時の slag の混入を極力避ける。

c) ソーダ灰の使用はできるだけ避ける。

d) 燃焼基準

(i) 主バーナーは排さい可能な最低の流動性をスラグに保たせる程度にガス量を調節する。

(ii) 補助バーナーの使用は貯銑量が多いときのみとし、出銑口の敷の溶損を防ぐ。

e) 炉内圧力をわずかに正にして、冷空の侵入を防

ぐ。

VIII. 結 言

運転以来ほぼ順調な作業を続けてきたが、それまでの経験をいかして、より一層の成績をあげるよう、現在運転中の第4代炉は、溶銑処理量 100 万 t を目標に、操業を続けている。

669,184,244,66:669,15-194

(63) 純酸素転炉による合金鋼製造の基礎条件について

(純酸素転炉における合金鋼の製造について—I)

日本鋼管、技術研究所

○川上 公成

日本鋼管、水江製鉄所

板岡 隆

On the Basis of Producing Alloy Steels by Oxygen Converter.

(On the production of alloy steels by oxygen converter — I)

Kiminari KAWAKAMI and Takashi ITOOKA.

I. 結 言

LD 転炉における合金鋼製造に関する基礎的検討をおこなつた。実験は 10 t 試験転炉において実施した。

II. 基 礎 条 件

一般に LD 転炉において合金鋼を製造する際には合金元素の溶解方法から大別してつぎの3つの方法が考えられる。

1) 合金鉄溶解用電気炉を設置する場合

これは“高炉銑”を LD 転炉で精煉し、“電気炉で溶解した合金元素”と合わせる方法すなわち“cocktail 法”である。

2) Hot blast cupola を設置する場合

この方法においては熱風キューポラでスクラップ (合金元素を含有するスクラップあるいは普通スクラップ) を用いて溶解キューポラ銑を作り、LD 転炉に装入する。キューポラ銑は炭素および珪素は高いが、不純物であるりん、硫黄、(ことになりん)は装入材を管理すれば低く抑えることができる。このためこの方法では最初からクロムなどを含有する“top charge 法”あるいは“direct 法”でもまた“cocktail 法”でも溶着装可能である。

3) 珪素あるいは燃料添加による場合

この方法は前2者とは異り、それ程大きな附帯設備は必要としない。これは LD 転炉単独によるものである。これらの各方法の特徴をまとめて Table 1. に示す。

上記の諸方法について検討した結果、われわれは現在の国内の溶銑および屑鉄事情と附帯設備のメリットなどを考えあわせて、とくに溶解炉を使用せず、一般平炉用高炉銑を主原料とする LD 転炉単独法をまず最初を選ぶことにした。

この場合にはつぎの2項目が大きな前提となる。

a) 合金剤溶解方法の開発

b) クロム等の合金元素を添加する前に高炉銑中の不純物りんは完全に除去しておかなければならない。

合金剤溶解方法については、Table 1 にも示されたとおりであるが、まず最初に鋼浴の顕熱をそのまま利用し

Table 1. Melting of alloy-steel by LD-converter.

	Process	Raw materials			Method of alloying	Possible content of alloying element of melted alloy-steel
		For melting Furnace	For LD converter	Alloying element		
The process using other melting furnace with LD converter	Hot blast cupola Direct process	Scrap. Ferro-alloy Alloy-scrap	Cupola pig iron	—	Melt in hot blast cupola and pour into LD-converter.	Up to 18-8 stainless steel
	Electric furnace Cocktail process	Scrap. Ferro-Alloy Alloy-Scrap	Blast Furnace pig iron	—	Alloying element and carbon steel are mixed after melted.	Up to 18-8 stainless steel
The process using only LD-converter	Natural melting (Single slag)	—	Blast Furnace pig iron	Ferro-alloy	Cold alloying element is added into furnace or ladle after blowing and slagging off.	Maximum 2% of alloying element
	Heating by Si (Double slag)	—	Blast furnace pig iron	Ferro-alloy Alloy-scrap	Cold alloying element is added with Si into furnace after slagging off.	Up to 18-8 stainless steel
	Heating by Fuel Oxy-fuel process	—	Scrap. cold pig iron (parly hot pig iron)	Ferro-alloy Alloy-scrap	Cold alloying element is added into furnace after other material melted.	Up to 18-8 stainless steel

Fig. 1. Relation between (ΣFe%) and [P%] at blow end under different blowing conditions.

* (1) equilibrium curve calculated from H. Knuppel et al.¹⁾ and A. Fischer et. al.²⁾

て溶解する方法について検討した。この方法は

1) 合金元素の溶解限界は、各成分を合せた場合低炭材で約1.5%、高炭材で2.0%程度である。また成分適中率が問題となる。

2) ことに低炭材においては地疵、介在物など脱炭状況調整上問題がある。

このためにここではダブル・スラグ排さい後合金元素を炉中に添加する方法について述べることにする。

III. 脱りん作業

脱りん反応には、一般にスラグの塩基度の調整、鋼浴の酸化性雰囲気強化および温度を低くする、などのアクションが有効であるが、ダブル・スラグ法によればLD転炉の特性を最大限に利用して、これらの原理を有効に活用できる。

LD転炉における脱りん限界に関する実測値をFig. 1に示す。図中各グループの測定条件はTable 2.に示すごとくであるが、各グループともいずれも鋼中[P%]におよぼすスラグ(ΣFe%)の影響が明らかに示される。A~Dグループは炭素含有量として0.05±0.02%から2.0~3.0%までの範囲が含まれるが、図によれば、鋼中[P%]はスラグ(ΣFe%)を大にすることにより炭素含有量に無関係に極めて低い値にまで下げられることが示される。図中一点鎖線は1600°Cに対するH. KNIIPPEL u. OETERS¹⁾の平衡値である。ここで平衡する[0%]としてはスラグ中(ΣFe%)よりA. FISCHER²⁾の式から求めた計算値を用いた。

スラグによる脱りんはスラグと鋼浴との攪拌が十分におこなわれないと達成されない。LD転炉における攪拌作用の究明はまだ充分とはいえないが、COボイリングによるもの、酸素ジェットの吹きつけエネルギーによるもの、あるいは熱対流によるものなどを考えるべきであろう。ここではCOボイリングに関し脱炭反応との関連について調査した。Fig. 2は脱りん速度と脱炭速度の関係を示すものである。前記各グループ内においてはそれぞれ脱炭速度が増すにつれて、脱りん速度も増加して

Table 2. Operating conditions of experimental charges.

Group	Charge		Oxygen flow Rate	Speed of Jet	At the blow end	
	Pig ratio**	Basicity			Carbon content	Bath temperature
A*	90%	3.5~4.5	Nm ³ /min·t 1.6~2.0	Soft blow	2.0~3.0%	1,400±50°C
B	90		2.2~2.8	Medium soft blow	0.5~1.0	1,620±20
C	90~100		2.5~3.0	Hard Blow	0.05±0.02	1,660±20
C	78~82		2.1~2.5	Multiple nozzle blow	0.05~0.01	1,620±20

* 1st blow in the double-slag method.

** [P%] in pig iron: 0.150~0.180%

Fig. 2. Relation between $d[C]/dt$ and $d[P]/dt$ under different blowing conditions.

いる。また平均として考えれば脱りん速度は、大体各グループとも大体均一レベルにあるといえることができる。

酸素の供給量が若干異なるためこのままでは比較がむづかしいが、鋼浴面における酸素の吹きつけジェットスピードをハードブローからソフトブローに落した場合には脱りん速度をあまり変化させないで、脱炭速度が低下されることが示される。ソフトブローにおいては当然酸素の脱炭効率も落ちることになるが、脱炭効率の低下をおぎなうだけの酸素供給量の増加をおこなった場合、脱りん速度もその割合いで増加するかどうかについては実験が終っていないので不明である。

グループAにおいては温度が1400°C前後であることが脱りに極めて有利に効いていることはいうまでもないが、ダブル・スラグの一次吹錬においては排さい作業条件などからとくにこれ以上の温度を必要としない。

なお、酸素の吹きつけ条件を変動させた場合の鋼浴酸化状況の変動については別に検討中である。

このようにLD転炉においては、前記3つの脱りに関する基礎条件のうち、酸化性雰囲気については酸素の吹きつけジェットスピードの有効活用をはかることにより、また塩基度と塩度についてはこれらを適宜に調整すれば炭素含有量0.05~3.0%程度のいかなる範囲においても鋼中[P%]をほぼ素鋼の範囲にまで低下させることができる。

なおこの際、鋼中に珪素、マンガンなど酸化性雰囲気を抑制する成分が僅かでも残留すると(ことに珪素)その他の条件が満たされても脱りんは極めて不十分にしか達成されないため、操作上ことにこの点注意が必要である。

IV. 合金元素添加作業

ダブル・スラグ法によつて一次滓および二次滓を排滓し、りんを完全に系外に除去した後、炉中にクロムなどの合金元素を添加する。クロムの溶解に際しては珪素との平衡関係が最も問題となる。Cr-Si-O平衡に関しては佐野、坂尾³⁾小島、佐野⁴⁾らの報告をはじめ若干⁵⁾の文献を参照して、それぞれクロム添加量に必要な値を共存させた。さらにその上に過剰の珪素を添加して酸素で数分間の溶解吹錬をおこなった。この溶解吹錬は後の合金鋼材質、成分などに極めて重大な影響を与えるので注意して実施することが必要である。溶解吹錬作業のうちことに問題になるのはランス操作すなわち酸素の吹きつけ条件であるが、これは普通鋼吹錬のときと同様の特性を有し、しかも普通鋼吹錬の場合よりはるかに敏感であるようである。合金元素添加吹錬において、吹きつけ条件を種々に変化させた場合のFeおよびCrの酸化状況をFig. 3に示す。図によれば、ジェットスピードが遅すぎると鋼浴は酸化され、スラグ中の($\Sigma Fe\%$), ($\Sigma Cr\%$)が増加し、合金元素添加吹錬においても矢張りソフト・ブローとハード・ブローの関係が存在することが示される。しかし吹錬条件を適当に選べば鉄、クロムともほとんど酸化損失をなくすることができる。

Fig. 4はFe-Cr-Si-O系の酸素平衡値の計算値であるが、いずれもこのままでは問題にならない程、鋼中[O%]が高い。このためスラグについては少なくともこれ以上酸化を進行させないか、さらには鋼中酸素を吸収させるようにすることが必要である。また鋼浴について

Fig. 3. Effect of O₂-jet-speed at the surface of bath on the loss of Fe and Cr by "Alloying blow".

Fig. 4. Si-O equilibrium calculated at different Cr content. at 1700°C and 1650°C.

も活量の低下に伴う被脱酸性の低下をカバーするとともに生じた脱酸生成物の浮上を容易にして、鋼中酸素レベルの絶対値の減少と非金属介在物による鋼の汚染を極力

防止することが必要である。

V. 結 言

一般高炉銑を用いて LD 転炉において高合金鋼を製造する際の基礎条件を、10 t 試験転炉の実績にもとずいて検討をおこなった。

文 献

- 1) H. KNÜPPEL ü F. OETERS: Arch. Eisenhüttenw., 32 (1961) S. 799~S. 808
- 2) A. FISCHER ü V. ENDE: Arch. Eisenhüttenw., 23 (1952/53) 21
- 3) 坂尾, 佐野: 日本金属学会誌, 26 (1962) p. 236 240
- 4) 小島, 佐野: 鉄と鋼, 50 (1964), p.22
- 5) D. C. HILTY, H. RASSBACH & W. CRAFTS: J. Iron and Steel Inst. (U. K.), (1955) p. 116~128

669.184.244.66:669.15-194

(64) 純酸素転炉における合金鋼の溶製について No. 64-226

(純酸素転炉における合金鋼の製造について—Ⅱ)

日本鋼管, 技術研究所 ○川 上 公 成

日本鋼管, 水江製鉄所 板 岡 隆

On the Melting Practice of Alloy Steels by Oxygen Converter.

(On the production of alloy steels by oxygen converter — Ⅱ) pp.1715~1718

Kiminari KAWAKAMI and Takashi ITAOKA

I. 緒 言

転炉による合金鋼製造に関する基礎的問題, すなわち溶製方法, 製錬過程における物理化学的考察などについて, さきに述べたが, 本報告においては, 転炉における合金鋼製造の実例として, 当社, 川崎製鉄所, 転炉工場内の 10 t 試験転炉において行つた研究結果に基づき

Table 1. Kinds of steel produced by LD-converter.

No.	Kinds of steel	Corresponding specification in JIS	Products	Use
1 2	SCM-3 STKS-3	SCM-3 STKS-3	Medium C-alloy-steel	Bars and tubes for machine structural use
3	1Cr-0.5Mo	STBA-22	Cr-Mo-steel for boiler tubes	Tubes for boiler, heat exchanger and chemical use
4	1 $\frac{1}{4}$ Cr-0.5Mo	STBA-23		
5	2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo	STBA-24		
6	5Cr-0.5Mo	STBA-25		
7	9Cr-1Mo	STBA-26		
8 9	13Cr 18Cr-8Ni	SUS-21 SUS-27	Ferritic stainless steel austenitic stainless steel	Sheets tubes for boiler, heat exchanger and chemical use

Table 2. Operation standards of 1st and 2nd blow in double slag method.

13t/ch LD furnace				
		1st blow	2nd blow	
Fluxes (kg/t)	Burnt lime	40	60	
	Slag of former charge	40	—	
	Scale	15	15	
	Fe-Si	—	10	
Lance height (m)		1.5	0.8	
O ₂ press (kg/cm ²)		6	5	
Bath composition (%)	C	2.0~3.0	—	
	Si	tr~0.03	0	
	P	tr~0.040	tr~0.010	
	S	0.010~0.035	0.005~0.025	
Slag composition (%)	CaO	40~52	40~50	
	SiO ₂	10~15	15~25	
	T. Fe	20~35	10~20	
	MnO	4~7	2.5>	
	P ₂ O ₅	2~3	0.8>	
Temperature (°C)		1380~1420	1600~1650	

その製造法について述べる。

II. 製 造 鋼 種

本研究において製造の対象とした鋼種は Table 1 に示すように、構造用中炭素 Cr-Mo 鋼、ボイラー管用 Cr-Mo 鋼、板および管用ステンレス鋼について 9 鋼種であり、いずれも最終圧延製品まで製造したものである。

III. 溶 製 方 法

P = 0.130~0.200%, S = 0.020~0.050% の溶銑を主原料 (屑鉄装入比約 10%) とし 2 回造滓, 2 回除滓法による P, S の徹底除去を行なった後, 合金剤を Si-合金と共に炉中に添加して溶解吹錬を行うことにより, 良質の合金鋼を高効率に製造した。

IV. 溶製経過およびその考察

i) 溶銑中 P, S の除去

純酸素転炉においては主原料として, 燐, 硫黄濃度の比較的高い平炉銑が主として用いられているが, 良質な鋼を作るためには, これらの不純分は極力低くする必要

Fig. 1. Dephosphorization reaction in 1st blow double-slag process.

Fig. 2. Change in phosphorous and sulphur in alloy steel making process in LD converter.

があり, ことに燐はクロム合金の製造に際して, クロム合金剤添加以前に除去しなければならない。さらに本法においては後述するように溶解吹錬を行なうため, 単に溶鋼中燐を滓中に移行させるのみでは, 合金剤添加時に大きな復燐を伴うため, 燐濃度の高いスラグを反応系外へ排出する必要がある。このため, 2 回排滓法を行なうもので, この場合の吹錬要領を Table 2 に示す。すなわち 1 次吹錬においては主として脱燐を目的とし, 装入造滓剤の早期滓化を計ると共にソフトブローを行なつて脱燐を促進させる。滓化時間は 5~6 min である。

2 次吹錬は目標炭素含有量まで脱炭を行なうと同時に, 1 次の残存スラグ中燐濃度を稀釈し, 溶鋼中の P, S をさらに減少させるために行うもので, 1 次吹錬と同様, 滓化時間を短かく foamy なスラグを作ることが必要である。なお脱燐平衡より見ても有効に脱燐を行うためには低温の方が有利であり, 1 次吹錬における脱燐を効果的に行なうことが必要となるが Fig. 1 に示されるように 1 次吹錬における酸素供給量は 25m³/t 以上必要で, ことに鋼中 Si 残存していると効果的脱燐が行われないことがわかる。

つぎに本法による製錬過程における P, S の挙動を Fig. 2 に示す。燐は合金剤添加以前に 0.010% 以下まで下げられるが, 排滓を完全に行なうことは困難なため, 溶解吹錬時に若干の復燐は避けられない。硫黄は 1 次吹錬においては低温のため, ほとんど除去されないが, 2 次吹錬, 溶解吹錬, において除去が行なわれ, 最終的には主原料中 S % の 1/2~1/3 となる。

ii) 合金剤溶解吹錬

クロム合金鋼の溶製にあつては Fe-Cr 二元系合金にシリコンを存在させることにより, 鋼中へのクロムの溶解を容易にし, かつ鋼中成分 (Cr, Si その他) を安定させることができる。いずれにしてもクロム合金鋼においては酸素の活量が低下するため, 炭素, マンガンなどの一般鋼中成分も普通鋼に比べればはるかに安定とな

る。しかし炭素およびマンガンは規格範囲も狭く炉中での操業管理要因にはできない。一方シリコンはクロムの歩留とも直接の関係を有し、含クロム鋼の一次脱酸剤として極めて重要な成分であるため主要管理要因にする必要がある。したがってクロムを合金させるに際しては

- (1) 鋼中クロム含有量
- (2) 鋼中シリコン含有量
- (3) 鋼浴温度

の3点をとくに管理する必要がある。

これらの作業を迅速かつ安定して実施するため、今回合金元素添加吹練法を開発した。クロムなどの合金元素に過剰のシリコンを加え酸素による吹練をおこない、シリコンの燃焼発熱を利用して溶解添加するものである。これに必要なシリコンは合金剤溶解用、鋼浴温度上昇用、炉体放熱補償用および炉中残存量を計算し、合金剤中に含有されるシリコン（例えば Si-Mn, Si-Cr, チャージクロム）と必要あれば Fe-Si などの形で添加している。

合金剤添加後シリコン燃焼に必要な酸素量を吹込み合金剤溶解吹練をおこなう。2～3 minの溶解吹練によって約5～7%の元素を添加することが可能であり、合金元素は完全かつ均一に溶解し、クロムの歩留95%程度、モリブデン、ニッケルなどは100%に近い歩留が得られる。したがって炉中で各成分を規格に適合させ、カントバックの急速分析値を待つて出鋼する。この結果成分の適中率も100%に近い実績を得ている。

合金鋼溶製には各種要因が大きく作用することは先にも述べたが、その一例を Fig. 3 の鋼浴温度とクロム分配比に示す。これは試験転炉で溶製した各種含クロム合金鋼の値であるが、このようにクロムの分配は温度に強く影響されることがわかる。

このように溶解吹練をおこなえば、上吹き転炉においても還元精錬を行なうことが可能で、酸素 jet は鋼浴の攪拌とシリコンの燃焼にのみ有効に働くことがわかる。

合金添加量によって加えるべき熱量も変化するが、その様子を鋼種別に求めたのが Fig. 4 である。上吹き転炉の欠点と言われる熱補償の問題も短時間に多量の熱を発生するシリコンを使用することによってほぼ解決し、18-8ステンレス鋼の溶製も短時間に添加剤の歩留良く実施できた。

しかし溶解吹練が適切におこなわれても多量の合金元素が添加されると、例えばクロムなどは鋼中酸素の活量

Fig. 3. Relation between temperature and distribution ratio of chromium.

Fig. 4. Heat balance of "alloying blow"

係数を大巾に低下させるので、シリコンなどを共存させてもその脱酸は不十分なままではまってしまう。このためこのような場合には炉中において溶解吹練後の鋼浴に酸素との親和が大なる元素（例えば Al, Ti, Ca, Mg またはミッシュメタルなど）を添加し、強制脱酸および拡散脱酸をはかる必要がある。このため強制脱酸剤としてアルミニウムの使用と同時にその他の脱酸剤の使用を検討し、良質の鋼を得ている。

試験転炉で出鋼した合金鋼のレードル成分を Table 3 に示す。得られた鋼は普通成分についてはもちろん、酸

Table 3. Example of ladle analysis of alloy steels produced by LD converter.

Kind of steel	Ladle analysis (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	O	N	H cc/100g
SCM-3	0.34	0.19	0.63	0.018	0.011	0.08	1.11	0.25	0.0043	0.0026	6.24
STKS-3	0.37	0.24	0.75	0.020	0.009	0.08	0.99	0.19	0.0055	0.0033	—
1Cr-0.5Mo	0.09	0.22	0.44	0.014	0.005	0.06	0.93	0.58	0.0065	0.0032	5.30
1 1/4Cr-0.5Mo	0.10	0.73	0.50	0.023	0.012	0.07	1.40	0.52	0.0058	0.0079	7.75
2 1/4Cr-1Mo	0.10	0.22	0.45	0.018	0.008	0.08	2.30	1.05	0.0050	0.0078	7.20
5Cr-0.5Mo	0.11	0.28	0.43	0.025	0.013	0.05	5.05	0.60	0.0065	0.0092	7.62
9Cr-0.5Mo	0.13	0.53	0.41	0.023	0.014	0.06	9.28	1.02	0.0034	0.0132	8.70
13Cr	0.08	0.56	0.58	0.020	0.012	0.07	12.58	—	0.0022	0.0164	8.15
18Cr-8Ni	0.06	0.76	1.19	0.026	0.011	0.07	18.22	Ni 8.85	0.0109	0.0186	9.40

素, 水素, 窒素についても良結果を得た。

V. 結 言

試験転炉における合金鋼溶製試験ではダブルスラグ法を採用することにより, 鋼中[P], [S]を充分除去することが可能で, 高合金鋼の溶製もスムーズに実施した。また合金剤添加吹練を行うことにより成分の安定, 作業の安定, 冷材添加量の増加が可能となり, 純酸素上吹き転炉においても十分高合金鋼を溶製できる見通しを得た。

669,184,340,667,669,715,717,539,4

(65) 純酸素転炉における合金鋼の材質について 10.64207

(純酸素転炉による合金鋼の製造について—Ⅲ)
日本鋼管, 技術研究所

川上 公成・○野崎 洋彦

On the Properties of Alloy Steels by Oxygen Converter. 1978/8~1980

(On the production of alloy steels by oxygen converter — Ⅲ)

Kiminari KAWAKAMI and Hirohiko NOZAKI.

I. 緒 言

前報において, 転炉による Cr-Mo 鋼, ステンレス鋼などの溶製について報告したが, これらの各鋼種は従来電気炉において製造が行なわれており, 製鋼過程を異にした場合, 材質上差が見られるかどうか調査を行なう必要がある。このため製造を行なつたすべての鋼種について確性試験を行なつた。本報告においてはこれらのうち代表的鋼種として, 構造用合金鋼 JIS 規格 SCM 3 種ボイラー管用鋼 STBA 24 種, ステンレス鋼 SUS 27 種の 3 鋼種の確性結果について報告する。

II. 供試材の作製

確性試験に用いた供試材はすべて試験転炉(容量10t)により溶製され, SCM 3 種および STBA 24 種は 6 t 鋼塊, 18-8 ステンレス鋼は 7 t 偏平鋼塊から以下の圧延工程を経て採取された。

SCM-3: 115×115mm および 115×140mm に分塊後, 19mm φ, 38mm φ に圧延, それぞれ試料の採取を行つた。

STBA-24: 130mm φ に分塊後, マンネスマン・プラグミル方式により外径 60.3mm φ, 肉厚 5.2mm に圧延, また高温強度試片用などとして, 1 部ピレットより 25mm φ に鍛造し, それぞれ試料の採取を行つた。

SUS-27: 120mm×1025mm スラブとし, 4.3mm×1025mm に熱延, 続いて 1mm×1025mm に冷延した。試料は熱延中 19mm 厚および 1mm 厚冷延板より採取した。

III. 確 性 方 法

これら 3 鋼種は従来より電気炉において製造が行われているため, 同一条件で電気炉鋼と比較試験を行った。また, 確性項目は以下のような内容である。

- 1) SCM-3: 常温機械強度, 焼入性, 疲労強度を中心に棒材で行い, 偏析状況などをピレットで調査。
- 2) STBA-24: 高温強度, クリープ強度を鍛造材で調査し, 熱間加工性を製管成績より, 地疵, 偏析状況などをピレットで調査。
- 3) SUS-27: 常温, 高温機械強度を 19mm 厚板において調査し, 熱間, 冷間加工性を 1mm 薄板圧延成績, 深絞性試験により調査。

以上 3 鋼種に共通な調査項目として, その他鍋下試料のガス分析, 製品チェック分析, マクロ, S プリント, 顕微鏡組織, 地疵, 介在物清浄度などの調査を行った。

IV. 調査結果および考察

今回, 材質調査を行つた転炉製合金鋼 3 種ならびに比

Fig. 1. Comparison of mechanical properties of SCM steels.

Table 1. Chemical composition of alloysteels investigated.

Method	Kind of steel	Chemical composition (%)								
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	Ni
LD-Converter	SCM-3	0.34	0.19	0.63	0.018	0.011	0.08	1.11	0.25	—
	STBA-24	0.10	0.22	0.45	0.018	0.008	0.08	2.30	1.05	—
	SUS-27	0.06	0.76	1.19	0.026	0.011	0.07	18.22	tr	8.85
Electric furnace	SUS27 19mm	0.08	0.47	1.29	0.030	0.008	—	18.21	—	8.89
	SUS27 1mm	0.05	0.54	1.19	0.025	0.007	0.17	17.77	0.26	8.71

Fig. 2. Jominy curves of SCM steels.

較材として用いた電気炉製 SUS 27 種の化学成分を Table 1 に示す。

1) SCM 3 種 (1Cr-0.2Mo)

JIS 規格に準拠して、19mm ϕ で焼入れ、焼戻し後の引張試験、衝撃試験、硬度試験を行った結果を Fig. 1 に示す。比較材は電気炉メーカー 2 社よりの購入材であるが、各値ともほとんど差がないと見なされる。

Fig. 2 は 38mm ϕ 棒において、ジョミニ式一端焼入法により焼入れ性の試験を行なった結果を示した。同図に併記した SAE 4135 による H バンド内にすべて入って居り、焼入れ性についても優劣はつけ難い。また疲労強度については小野式回転曲げ疲労試験を 19mm ϕ 棒で引張試験と同一熱処理後行つた。試片径は 12mm ϕ で行つた結果、疲れ強さ 48.0 kg/mm²、疲れ強さ/引張強さは 0.49 であつた。現在比較材について試験中であるが、従来の成績より見てこの値は比較的高値と考えられる。なほその他、ビレットにおける諸調査の結果、従来より本鋼種でしばしば問題とされるインゴットパターンもほとんど見られず、地疵は 100mm ϕ で 4 段削を行つた結果においても、極めて少ない。また成分偏析についても鋼塊、頭、中、底相ビレットにおいて、断面中心部、中間部、表層部のチェック分析の結果、偏析は非常に少なく、S プリント結果においても異常は認められない。また 38mm ϕ における介在物清浄度は 0.07 で、電気炉鋼の 0.06、0.07 に比べ、同程度である。

2) STBA 24 種 (2.25Cr-1Mo)

本鋼種はボイラー管用 Cr-Mo 鋼の中でも、最も重要な鋼種として多くの実験が行なわれているので、それらの結果との比較を行なった。Fig. 3 に 400~600℃ における高温引張試験結果、Fig. 4 に

Fig. 3. Mechanical property of 2.25Cr-1Mo steel by LD converter at elevated temperature.

クリープ破断試験の結果を示す。高温強度としては Fig. 3 より ASME ボイラー規格に十分余裕のあることが明かである。またクリープ破断強度においても、短時間では電気炉鋼に比べやや低値を示すが 1000 hr 以上では逆に高値を示し、勾配がゆるい点、特筆すべきである。またボイラー管に限らないがマニネスマンプラグミル方式における熱間加工度はきわめて厳しく、管用鋼の熱間加工性を調査する場合実際製管を行うことが最も簡潔にして最良の方法といわれているが、製管成績の上でも 1 級合格率 95% という好成績を収めた。その他ビレットにおける地疵段削の結果も電気炉鋼に比べ、ほとんど差がなく、偏析、介在物清浄度などについても電気炉鋼に比べ、全く差が見られなかった。

3) SUS-27 (18Cr-8Ni)

1100℃ 溶体化処理後の 18-8 ステンレス鋼 819mm 厚板および 1mm 薄板の各種機械的強度試験の結果を Table 2 に示す。19mm 厚板は実験室において熱処理を行つたもの、1mm 薄板は冷間圧延後、連続溶体化処理炉を経、酸洗処理を行つた後の製品から製作した試片についての結果である。比較材は C 社よりの購入材で熱処理は同一

Fig. 4. Creep rupture strength of 2.25Cr-1Mo steels.

Table 2. Mechanical properties of 18-8 stainless steel (heat-treatment; 1100°C W. Q.)

Plate thickness (mm)		Room temperature properties					High temperature properties				
		Tensile strength (kg/mm ²)	Yield strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	H _B	Tested Temperature (°C)	Tensile strength (kg/mm ²)	Yield strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)
19	LD method	62.3	23.8	69.4	75	79.5	500	44.0	13.3	49.6	71.5
							600	38.2	12.6	47.1	68.8
							700	24.9	12.0	47.9	49.6
							800	14.6	9.8	58.6	49.0
	Electric furnace method	61.8	23.9	67.5	67	80.3	500	46.1	14.0	49.5	71.5
							600	40.7	13.6	46.0	70.0
							700	27.4	12.0	40.5	42.5
							800	15.8	10.6	57.5	48.1

Plate thickness (mm)			Tensile strength (kg/mm ²)	Yield strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Erichsen Value mm	Conical cup value mm	Wrok-hardening-coefficient	Lankford value	
									r	rm
1	LD method	0°	72.3	34.6	57.5	11.8	46.26	0.470	0.91	1.03
		45°	68.8	33.5	62.3			0.469	1.14	
		90°	69.8	33.4	65.1			0.481	0.91	
	Electric furnace method	0°	70.5	36.5	56.8	11.6	46.76	0.439	0.91	0.93
		45°	67.0	37.5	61.7			0.443	1.05	
		90°	67.5	35.2	62.9			0.456	0.91	

Yield strength: 0.2% off set (19mm); 0.4% off set (1mm)

である。19mm厚板における常温、および高温強度は電気炉鋼の方が引張強さがやや高いが伸び、絞りはやや低い成分の差によるものと考えられる。1mm 薄板では深絞り性、張り出し性の試験を行ったが転炉鋼の方がやや良い結果を示している。しかしこれも成分による影響範囲で、とくに著しい差は見られないとして良いであろう。なお熱間、冷間加工性を端的に示すものとして、熱間圧延および冷間圧延状況は良好で、最終工程における1級品合格率は90%で従来の電気炉鋼の実績と比較しても高水準にある。その他薄板において触針式表面粗さ計による表面粗さの測定、19mm厚板における断面マクロ、Sプリント、介在物清浄度などの結果においても製鋼法による差は認められなかった。

V. 結 言

純酸素転炉製造による SCM 3種, STBA 24種, SUS 27種のそれぞれ成分、用途の全く異なる合金鋼について、これらの鋼に要求される種々の材質試験を電気炉鋼との比較に基づき行った結果、いずれの鋼種のいずれの特性においても、転炉鋼は電気炉鋼に優るとも劣らぬ結果を示した。今後純酸素転炉法は高級合金鋼の製造分野においても多大の発展が期待できる。

文 献

- 1) 青山, 飯浜: 鉄と鋼, 50 (1964) p. 417
- 2) 寺井: 住友金属, 8 (1956) p. 164
- 3) J. D. MURRAY, et al: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), (1959) p. 354
- 4) 耳野, 梅沢: 鉄と鋼, 49 (1963) p. 595

669,184,244,66:669,141,241,2

(66) 純酸素転炉における高級キルド鋼の溶製について

(純酸素転炉における合金鋼の製造について—Ⅳ)
日本鋼管, 川崎製鉄所

西尾好光・斎藤 剛・木村成人

On the Melting Practice of High Grade Killed Steels by Oxygen Converter.

(On the production of alloy steels by oxygen converter — Ⅳ)

pp1720~1723
Yoshimitu NISHIO, Katashi SAITO
and Narito KINURA.

I. 結 言

当所における合理化の一環として、転炉工場は改造され昭和39年2月より転炉3基整備2基稼働を実施して転炉鋼の増産を図るとともに旧設平炉工場(60t×3基)は休止するにいたった。

このため従来平炉にて出鋼していた高炭素鋼, 高張力鋼および低合金鋼を規格の許容する範囲で、転炉にて定常的に出鋼することになり、2基の稼働炉中、1基を主としてこれらの鋼種の溶製にあてており、出鋼鋼種比率は概略次の通りである。

(1) 継目無鋼管用鋼	10%
(2) 機械構造用鋼	4%
(3) 高張力鋼	4%
(4) 低合金鋼	2%

これらの鋼種の溶製に際しては、すでに報告したこと