

Table 6. Nonmetallic inclusions in J-55 steel by microscopic testing method.

Furnaces	Nonmetallic inclusions (%)
L. D.	0.003.....0.007
O. H. F.	0.005.....0.009

Table 7. Sand seam test in J-55 steel.

Furnaces	I Step (D-6mm)	II Step (D×2/3)	III Step (D×1/2)
L. D.	47* (32**)	36 (16)	33 (25)
O. H. F.	100 (100)	100 (100)	100 (100)

* Length index of average total length/10×10 cm

** Length index of maximum length of macro-streak-flaw

不良および外面不良について、平炉材とその発生率を比較すると平炉の半分以下と、極めて良好な成績を示している。

(3) 5管圧延

中径管工場におけると同様に、良好な成績を収め、平炉鋼に比較して、勝るとも劣らない成績をあげている。

V. 材 質 調 査

(1) 機械的性質

API 油井管 J-55 ケーシングとして、API 規格に示された機械的性質は、すべて十分に満足された。

(2) 非金属介在物

Table 6 に示すように、平炉材と転炉材についての非金属介在物について調査した結果、転炉材の方が 0.002% 程度低い値を示し、清浄度が良好であることを示している。

(3) 地疵調査

平炉材および転炉材について、丸鋼片のサンプルより地疵試験を行なった。平炉材を 100 とした比較結果を Table 7 に示す。各段削位置によつて、多少異なるが平均地疵総長さで、平炉鋼の半分以下、最大地疵長さで平炉鋼の 1/3 以下という極めて良好な成績を示した。

VI. 結 言

現在、川崎製鉄所転炉工場においては C 0.45% 程度の API, J-55 ケーシング用継目無鋼管材を、平常作業として溶製しているが、その品質は極めて満足すべき水準にある。

従来、一般にいわれている転炉は低炭素鋼の溶製に適している、という範囲に留まることなく、C 0.45% 程度の中炭素鋼の溶製についても充分容易に、且つ良質鋼を得ることが明らかとなつた。

かような点からも、将来ますます転炉による高級鋼の溶製範囲が拡大されるものと信ずる。

669, 184, 244, 166 = 669, 14, 018, 2 = 620, 192, 21
(89) 純酸素転炉による機械構造用炭素鋼 (NC) の溶製

日本鋼管川崎製鉄所

○板岡 隆・藤井 良三

田中 駿一・矢野 幸三

On Melting of a Carbon Steel for Machinery Structures (NC Steel) by L.D. Process.

Takashi ITOGA, Ryozo FUJII,
Shun-ichi TANAKA and Kozo YANO.

I. 緒 言

日本鋼管川崎製鉄所においては、昭和27年以降、平炉による SC 材の溶製を開始し、現在月間約10,000 t 程度の鋼塊を製造しているが、当社は、この製品を特に NC 炭素鋼と名づけ、自動車、車輛、船舶その他の機械部品として、広く各方面に使用されている。

今回この NC 材を、当所転炉工場において溶製し、その品質を調査した結果、製鋼作業も容易に行ない得ると共に、良好な品質の製品が得られた。以下その溶製法と製品の品質について報告する。

II. NC 材について

NC 材には、NC 1010 (C=0.10%) から NC 1055 (C=0.55%) に至る 10 種類の成分規格があるが、今回、試験出鋼を行ない、確性試験を実施した。鋼種は Table 1 に示す種類である。

NC 材の生産割合としては、一般に炭素含有量の高い鋼種が多く、また品質的には、主として機械部品に使用されるために、表面性状の良好なことと共に、内質良好な鋼が要求される。したがって一般的な鋼塊欠陥として知られている非金属介在物、偏析、パイプおよび表面欠陥などについては特に留意しなければならない。

III. 溶 製 状 況

今回の NC 材試験出鋼に当つては、内部欠陥、特に介在物の減少に留意して、二重定盤を使用し、放射状 4 本立の下注を行ない、押湯付き 6 t 鋼塊に造塊した。このため、高温出鋼が必要となるが、あまり製鋼時間を延長せず one-slag 法で、高炭低燐に吹止めるよう、吹錬に当つては、以下の点に注意した。

1) 造塊時の湯上り状況を良好にするため、高温出鋼を行なった。

2) 脱燐を良くするため、完全な catch carbon は行なわなかつたが、終点 C をできるだけ高くするようにした。

3) 加炭および脱酸により生ずる復燐を予想して、終点 P をできるだけ低くするようにした。

4) 平常作業の際の作業を単純化し、製鋼時間を短くするため、二重鋼滓法は行なわなかつた。

5) 以上の方針に基き、具体的処置として、つぎの諸点を採用した。

- i) 低圧吹錬
- ii) 螢石の多量使用
- iii) 高塩基度吹錬
- iv) Fe-Si 昇熱法による急速昇熱

Table 1. Specification of N. C Steel.

Product names	Chemical composition (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Cr+Ni
NC 1015	0.13 ~0.18	0.15 ~0.30	0.30 ~0.60	≤0.035	≤0.040	≤0.30	≤0.20	≤0.20	≤0.35
NC 1035	0.32 ~0.38	0.15 ~0.30	0.50 ~0.85	≤0.035	≤0.040	≤0.30	≤0.20	≤0.20	≤0.35
NC 1050	0.48 ~0.55	0.15 ~0.30	0.50 ~0.85	≤0.035	≤0.040	≤0.30	≤0.20	≤0.20	≤0.35
Product names	Mechanical properties (as normalized)								
	Heat treatment normalizing	Yield point kg/mm ²	Tensile strength kg/mm ²	Elongation (%)	Hardness Hs				
NC 1015	880~930°C	≥24	≥38	≥30	109~169				
NC 1035	840~890°C	≥31	≥52	≥23	149~207				
NC 1050	810~860°C	≥37	≥62	≥18	179~235				
Product names	Mechanical properties (as quench-tempered)								
	Heat treatment		Yield point kg/mm ²	Tensile strength kg/mm ²	Elongation (%)	Area contraction	Impact value kg m/cm	Hardness Hs	
	Quench	Temper							
NC 1035	840 ~890°C	550 ~650°C	≥40	≥58	≥22	≥55	≥10	167 ~235	
NC 1050	810 ~860°C	550 ~650°C	≥55	≥75	≥15	≥40	≥7	212 ~277	

Table 2. Operational data of melting.

	NC 1015					NC 1035					NC 1050				
	C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S
Pig iron composition (%)	4.40	0.50	0.83	0.187	0.032	4.33	0.42	0.83	0.207	0.040	4.43	0.58	0.77	0.187	0.035
Pig ratio (%)	84.5					86.2					86.2				
Tap to tap (mn)	42					55					54				
End-point composition & temperature (°C)	C	Mn	P	C	Mn	P	C	Mn	P	C	Mn	P			
	0.09	0.18	0.022	0.15	0.21	0.027	0.20	0.19	0.026						
	1,680					1,675					1,660				
Slag composition at end-point (%)	T. Fe	CaO	MnO	T. P ₂ O ₅	SiO ₂	T. Fe	CaO	MnO	T. P ₂ O ₅	SiO ₂	T. Fe	CaO	MnO	T. P ₂ O ₅	SiO ₂
	17.48	47.32	6.32	2.94	11.16	16.31	51.70	6.29	2.94	8.88	16.98	50.30	4.87	2.85	11.16
Ladle composition (%)	C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S
	0.15	0.24	0.51	0.024	0.014	0.33	0.27	0.76	0.026	0.017	0.49	0.28	0.82	0.024	0.019
	Cu	Cr	Mo	Ni	sol. Al	Cu	Cr	Mo	Ni	sol. Al	Cu	Cr	Mo	Ni	sol. Al
	0.09	0.029	0.010	0.019	0.006	0.07	0.032	0.012	0.020	0.008	0.014	0.07	0.035	0.010	0.020
Total yield (%)	93.0					90.8					92.2				

溶製結果は Table 2 および 3 に示すとおりである。

IV. 材質調査

(1). 化学成分

純酸素転炉によつて出鋼したNC材の化学成分の分析

Table 3. Gas analysis.

	NC 1015			NC 1035			NC 1050		
	O ₂ %	N%	H ₂ cc/100 g	O ₂ %	N%	H ₂ cc/100 g	O ₂ %	N%	H ₂ cc/100 g
At end-point	0.040	0.0017	2.45	0.038	0.0015	1.92	0.034	0.0015	2.20
In ladle	0.010	0.0043	4.26	0.008	0.0062	4.04	0.007	0.0062	5.26

Table 4. Comparison of chemical composition between three steelmaking processes.

Furnaces	L. D. converter	Open hearth furnace	Electric furnace
Elements			
C, Si, Mn, P, S	(Same value)		
Cu	0.07 ~ 0.09	0.12 ~ 0.18	0.17 ~ 0.25
Ni + Cu + Mo	0.058 ~ 0.065	0.10	0.20
T. Al	0.013 ~ 0.016	0.013 ~ 0.022	0.006 ~ 0.009

値と、平炉鋼および電気炉鋼によつて出鋼した化学成分を比較すると Table 4 に示すとおりで、不純物がより少なくなっている。

ガス分析結果、特に H₂ は Table 3 に示すように、純酸素転炉にて溶製された NC 材の H₂ 含有量は 4.04 ~ 5.26cc/100 g であり、平炉にて出鋼した NC 材の H₂ 含有量の平均 6.06cc/100 g に比して低い値を示しているので、ヘヤクラック発生防止に関して有利であろう。

(2) 機械的性質

32mm φ および 90mm φ についてそれぞれ機械的性質を測定した結果、JIS G 3102 に定められた Table 1 に示す機械的性質はすべて、充分満足された。(実績値省略)

(3) サルファープリントおよびマクロ組織

各サイズに圧延された丸棒について断面のサルファープリントおよびマクロ組織を調査した結果、全く異状を認めなかつた。

(4) 鍛造性試験

各サイズに圧延された供試材について、鍛造性を調査するため、縦圧試験、横圧試験および打展試験を行なつた結果、各サイズとも平炉鋼、電気炉鋼に比較して、遜色は全く認められない。その結果を Photo. 1 Table 5

Table 5. Results of forging test of NC steel.

Product names	Dump test (vertical)	Dump test (horizontal)	Flattening test
NC 1015	99	good	100
NC 1035	100	good	100
NC 1050	99	good	99

Table 6. Sand seam test.

P ³⁾	S ¹⁾ 32mm φ			S ²⁾ 90mm φ			S ³⁾ 150mm φ		
	I *	II **	III ***	I	II	III	I	II	III
NC 1015	0	0	0	0	0	.8×1	0	0	0
	0	0	0	0	2×1	10×1	0	3×1	15×1
	0	0	0	0	0	0	0	0	20×1
NC 1035	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NC 1050	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* : First step (D-6mm)

** : Second step (D×2/3)

*** : Third step (D×1/2)

S¹⁾ : Sizes, S²⁾ : Steps, P³⁾ : Product names

に示す。

(5) 地疵試験

各供試材について地疵試験を JIS-G 0556 にしたがつて三段削を行なつて調査したところ、平炉鋼および電気炉鋼と比較して同等の成績が得られた。

地疵試験結果を Table 6 に示す。

VI. 結 言

純酸素転炉において当社製品 NC 炭素鋼 (SC 材) の溶製を行ない、確性試験を実施した。

その結果、炭素含有量の高低にかかわらず、吹錬上比較的容易に作業が行ない得ると共に、その品質についても、電気炉および平炉鋼に勝るとも劣らないものが得られた。

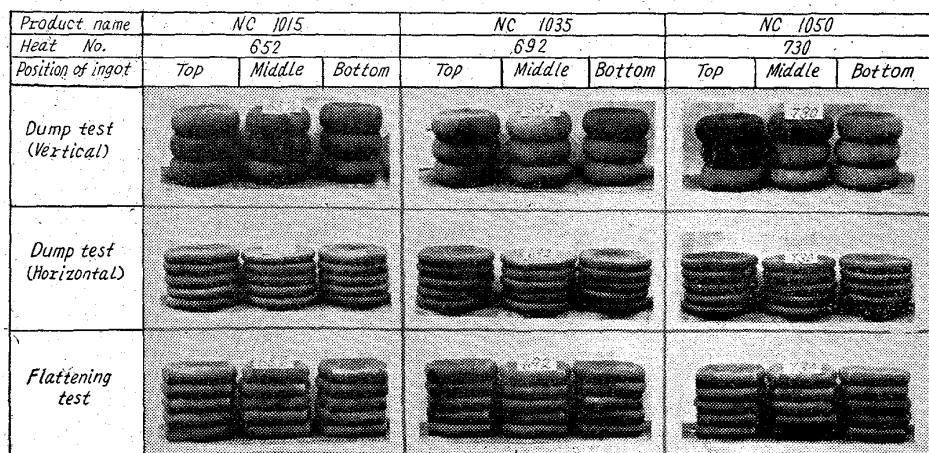


Photo. 1. Results of forging test of NC steel.

近い将来純酸素転炉による S C材の規格が承認されれば、当所転炉工場においても平常作業として N C材の溶製が開始されるであろうと考えられる。

669, 184, 244, 66, 669, 184, 235, 48, 669, 186, 669, 184, 235, 64

(90) 純酸素上吹き転炉製鋼法における窒素の挙動について

日本鋼管技術研究所

大滝 浩・川上公成・野田明夫

川崎製鉄所 板岡 隆

Behavior of Nitrogen in the Oxygen Converter Steelmaking.

Hiroshi OTAKI, Kiminari KAWAKAMI, Akio NODA and Takashi ITAOKA.

I. 緒言

純酸素上吹き転炉製鋼法においては、吹練はきわめて高純度の酸素を高速で鋼浴面に吹きつけることによつておこなわれ、またその反応は他の製鋼炉に比較すると、概略 closed vessel の状態で進行すると考えることができる。吹練中における鋼浴窒素の挙動は 0.0045% 前後の窒素含有量を有する溶銜と、若干の屑鉄中窒素よりなる装入窒素が極端に激しい脱炭反応により攪拌除去されると考えられる。このようにして脱窒された溶鋼は、その後出鋼から造塊にいたる過程において、添加剤あるいは大気中窒素との接触により窒素の授受をおこない、その状況は鋼種、注入方法あるいは添加剤の種類、量により異なると考えられる。これらの問題を総括して把握することは、今後の上吹き転炉作業上重要な課題であるので調査、検討をおこなつた。

II. 測定

川鉄 42 t 転炉において炉体 1 代にわたり、吹練から出鋼、造塊にいたる全製鋼過程について調査した。試料のサンプリングは同一チャージにつき炉前、レードル下および鑄型内よりおこなつた。炉前およびレードル下試料は通常作業の通り、ひしゃく内でキルした後サンプリング鑄型にて急冷して採取した。鑄型内試料は内径 8mm の石英管にて、大型注射器を用いて鑄型内の溶鋼をそのまま管内に吸い上げ急冷して採取した。リムド鋼は注入完了後 3mn 頃に採取し、キルド鋼は水張り直前に採取した。リムド鋼では石英管内にあらかじめアルミ線を入れておき、溶鋼をキルして試料を採取した。鋼塊は 2 チャージ (1 t) をのぞいて他は 6 t 鋼塊で、すべて下注ぎであり、試料の採取は第一定盤および第一定盤注入後におこなつた。

窒素の分析は学振酸溶解蒸留法であつた。リムド鋼およびキルド鋼の 5 鋼種について、炉体回数 80 回以前 (新炉) および炉体回数 250~330 回 (旧炉) にわたり、計 29 チャージについておこなつた。

III. 吹練における窒素の挙動

吹練直後の炉中サンプルについて [C] と [N] の関係は Fig. 1 のようである。[N] は [C] が増加するにつれて若干増加している。この理由としては、窒素の挙

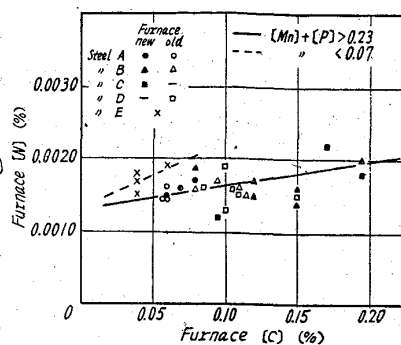


Fig. 1. Relation between [C]% and [N]% after oxygen blow.

動に対しては系の窒素分圧のみでなく、鋼中の附随元素ことに [O] の影響もあるのではないかと考えられる。鉄—窒素系合金における酸素の相互作用助係数 $e_N^{(O)}$ の値についてはまだ確定した値はえられていない¹⁾。ここで SCHENCK, FROBERY, GRAF²⁾ の値 ($e_N^{(O)}=1.00$) を用いて、Fig. 1 の [C] 変動範囲に対応する [O] 変動範囲より $e_N^{(O)}$ と $e_N^{(C)}$ の実際値を比較すると、前者は後者の約 4 倍に相当することになり、上記現象を説明することができよう。

純酸素転炉においては酸素は非常に高純度のものを使用しているが、さらに不純物としてアセチレン、炭化水素、アルゴンおよび窒素などを含有している。ここで試験日の測定値から窒素以外の上記不純物を合計 0.10% とし、窒素分圧を求め、

$$[N]\% = K'_N \cdot \sqrt{P_{N_2}}$$

$$[N]\% = 1/f_N \cdot K_N \cdot \sqrt{P_{N_2}}$$

より、酸素濃度と鋼浴温度の影響を考えた見掛けの平衡恒数 K'_N および窒素溶解度を算出した。ここで $e_N^{(O)}$ は上述の SCHENCK ら²⁾ の値を、鋼浴温度の影響は的場、笠松の値³⁾ を用いその他の影響は無視した。このようにして算出した計算 [N]% と実際に分析した炉中 [N]% の比を求め、その比と鋼浴の脱炭速度の関係を Fig. 2 に示す。脱炭速度としては {溶銜 [C] × 溶銜比—終点 [C]} / 吹練時間を用いた。溶銜中あるいはその他より装入された窒素は激しい脱炭反応の結果、上述のように想定した平衡関係以下にまで脱窒され、しかも Fig. 2 によれば (ことに終点附近の) 脱炭反応が激しいほど脱窒は有利に進行することが示される。Fig. 3 は二重吹練法による [N] の増加を示すもので、二重吹練法において

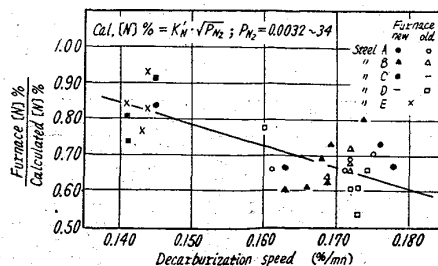


Fig. 2. Effect of decarburization speed on the decreasing of nitrogen.