

Table 2. Chemical composition of spherical inclusions extracted from the center of ingots.

Mark	Part of ingot	Sample	Spherical inclusions		Composition of spherical inclusions %				
		g	mg	%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	FeO	Total
M	Top	20.9	2.4	0.0114	27.4	13.4	43.9	14.3	98.8
	Middle	20.5	11.0	0.0535	25.8	10.6	44.7	12.9	94.0
	Bottom	21.2	10.8	0.0509	22.4	9.0	39.9	12.5	83.8
N	Top	21.5	1.6	0.0088	12.0	5.3	46.7	18.0	82.0
	Middle	21.8	4.6	0.0218	23.8	12.5	37.3	10.0	83.1
	Bottom	20.8	10.3	0.0494	22.9	10.5	43.6	14.1	91.1
O	Top	21.1	1.0	0.0046	14.0	20.2	45.0	13.8	93.0
	Middle	21.8	1.4	0.0064	17.4	15.6	36.8	15.2	85.0
	Bottom	21.3	5.0	0.0237	17.6	12.7	31.7	28.2	90.2
P	Top	22.7	0.4	0.0017	20.0	11.3	43.7	17.1	92.1
	Middle	21.5	1.0	0.0046	19.0	13.4	41.6	15.0	89.0
	Bottom	18.8	1.4	0.0077	15.9	13.5	38.6	14.1	82.1

的關係はほぼ一致する。またこれらの位置による変化は水簾法による球状介在物の場合と同じく、いずれも middle, bottom の中央部に多い。

3. 温 硝 酸 法

温硝酸法で抽出された介在物は いずれも Al₂O₃ が主成分であり、電解抽出した介在物の分析結果と、かなり異っており、実際に鋼塊中に含有される非金属介在物の組成をなしていない。(分析値略)

IV. 結 言

リムド鋼鋼塊中の非金属介在物を 電解-水簾法、電解-塩素化法、温硝酸法でしらべた結果つぎのことが判明した。

1. 水簾法により抽出される介在物は 0.06~0.1 mm φ 以上の球状介在物であり、MnO, FeO を主成分とする。

2. 塩素化法により抽出される介在物は珪酸塩、アルミナ系介在物に球状介在物が加わったものであり、これらの球状介在物は塩素化により昇華されない。

3. 塩素化法により抽出される介在物は、水簾法により抽出される球状介在物に 0.06~0.1 mm φ 以下の小さい球状介在物、珪酸塩系、アルミナ系介在物を加えたもので、これらの量的関係はほぼ一致する。

4. 鋼塊の位置による変化は、middle, bottom の中央部に多く、また脱酸用 Al の投入により、球状介在物は減少する。

5. 温硝酸法は真の介在物の組成をなさない。

(69) 高炭素クロム鋼の無酸化造塊法について

住友金属工業、鋼管製造所

谷口千之・田上豊助・小谷良男

On the Casting of High-Carbon Chromium Steel in Non-Oxidizing Atmosphere.

Chiyuki Taniguchi, Toyosuke Tanoue
and Yoshio Kotani.

I. 結 言

鋼中の非金属介在物、とくに肉眼的に見える介在物、すなわち砂疵の存在は高級鋼製品の廃却原因となることが多く、製造上の歩留低下の一大原因となることは周知の事実である。

当所においては高級鋼製品の製造が多い関係から、砂疵、非金属介在物の問題が大きくとりあげられ、その中でも高炭素クロム鋼はその使用条件よりその要求度が高い。このためいろいろの対策試験を行なっているが、その試験の一環として、注入中の空気酸化により生ずる砂疵、非金属介在物の増加防止を検討するため、

- (1) 大気雰囲気造塊
- (2) 不活性ガス雰囲気造塊
- (3) 密閉雰囲気造塊

の各造塊法の比較試験を行い、製品材質におよぼす造塊法の影響を調査した。

II. 試 験 内 容

(1) 造 塊 方 法

1 溶解 (8t 弧光式電気炉) につき 1.5t 型 6 本上注の立前で造塊し、注入 2, 3, 4 番目の鋼塊をそれぞれ大

気、不活性ガス、密閉中で造塊し、試験鋼塊とした。試験は5溶解について行なつた。

不活性ガスおよび密閉造塊に使用した装置を Fig. 1 に示す。操作要領はつぎの通りである。

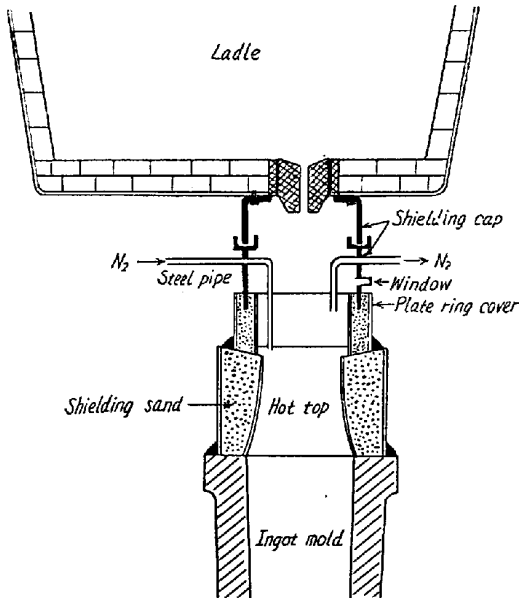


Fig. 1. Shielding cover for casting in a non-oxidizing atmosphere.

a) 不活性ガス雰囲気造塊 (N_2 ガス使用のため以下窒素造塊と呼称する)

- i) 注入前に N_2 $0.4 m^3$ を流入し、鋳型内の空気を置換する。
- ii) 鋳込直前に装置を密閉する。
- iii) ストッパーを開き直ちに N_2 を連続して流入する。
- iv) 押湯に溶鋼が達した時、 N_2 の流入を止め、装置を開放し押湯の注入作業を行う。

b) 密 閉 造 塊

窒素造塊と同じ装置を用い、 N_2 の流入をせずと同じ

要領で操作する。鋳型塗料から発生するガスにより鋳型中より空気が除かれる。

(2) 試 験 項 目

a) 注入中の鋳型内ガスの分析

b) 丸鋼の材質試験

i) ガス、非金属介在物の分析

ii) 非金属介在物清浄度の検査

iii) 砂疵検査

c) 鋼管の材質試験

i) 非金属介在物清浄度の検査

ii) 砂疵検査

III. 試験結果および考察

(1) 鋳型内のガス雰囲気

注入中、鋳型内に溶鋼が鋳型の $1/3$ 高さおよび $2/3$ 高さまで上昇した時、鋳型内よりガス試料を採取して分析を行なつた。結果を Table 1 に示した。

ガス組成にはそれぞれ特徴があり、とくに鋳型内の O_2 量においては大気造塊の $3.0 \sim 9.2\%$ に対し窒素造塊および密閉造塊はともに 1% 内外で減少している。窒素造塊と密閉造塊には鋳型内の O_2 量に差がない。窒素造塊では N_2 ガスの流入のため鋳型内の N_2 が 10% 内外増加を示している。

(2) Sol-Al, O_2 , 非金属介在物の分析値の比較

鋼塊の中央部に相当する位置の丸鋼より試料を採取して分析した結果の平均値を Table 2 に示した。

a) Sol-Al は造塊法間に差が認められなかつた。

b) O_2 量は大気造塊材は $0.0045 \sim 0.0049\%$ であるのに対し、窒素造塊材は $0.0035 \sim 0.0038\%$ 、密閉造塊材は $0.0034 \sim 0.0042\%$ で明らかに平均値に有意差が認められ窒素造塊および密閉造塊による酸化防止の効果が明瞭に認められる。窒素と密閉造塊材には差が認められ

Table 1. Analysis of gas in mold during pouring.

Metal surface when sampling gas was taken for height of mold	Casting atmosphere	Gas composition %					
		CO_2	O_2	CO	CH_4	H_2	N_2
1/3	Air	$1.0 \sim 8.0$	$3.4 \sim 9.2$	$0.8 \sim 8.8$	$0.2 \sim 0.8$	—	—
	Nitrogen	$0.2 \sim 1.6$	$0.8 \sim 1.8$	$5.6 \sim 9.4$	$0.2 \sim 0.8$	$10.8 \sim 19.6$	$69.6 \sim 80.8$
	Mold-paint gas	$2.0 \sim 4.6$	$0.8 \sim 2.6$	$2.2 \sim 3.4$	—	—	$59.2 \sim 74.0$
2/3	Air	$2.8 \sim 6.8$	$3.0 \sim 8.0$	$0 \sim 17.8$	$0.4 \sim 1.4$	$11.2 \sim 17.4$	$56.4 \sim 72.8$
	Nitrogen	$0.2 \sim 1.2$	$1.2 \sim 1.6$	$0.4 \sim 10.6$	$0 \sim 1.0$	$10.4 \sim 18.2$	$72.0 \sim 80.6$
	Mold-paint gas	$2.2 \sim 4.6$	$0.2 \sim 1.3$	$7.0 \sim 9.5$	—	—	$56.6 \sim 71.5$

Table 2. Result of analytical examination for billets.

Casting atmosphere	Non-metallic inclusions %			Sol. Al %	O ₂ %	N ₂ %	S %
	Total	SiO ₂	Al ₂ O ₃				
Air	0.0067	0.00014	0.00544	0.0030	0.00472	0.00734	0.0032
Nitrogen	0.0051	0.00016	0.00406	0.0034	0.00360	0.00764	0.0034
Mold-paint gas	0.0055	0.00014	0.00422	0.0034	0.00367	0.00742	0.0032

Table 3. Result of inclusions inspection for billets and pipes.

Specimen	Casting atmosphere	Type A			Type B		
		Cleanliness	Mean thickness	Maximum length	Cleanliness	Mean thickness	Maximum length
Billet	Air	0.400	3.200	—	2.326	3.233	381
	Nitrogen	0.406	3.320	—	2.426	3.200	—
Pipe	Air	0.42	3.36	—	2.46	3.28	889
	Nitrogen	0.38	3.34	—	2.28	3.14	—

なかつた。

c) N₂ 量は窒素造塊材が若干高い傾向が見られたが、その差はわずかであった。

d) 非金属介在物の分析値は Al₂O₃, Total において窒素および密閉造塊材が少ない傾向が見られた。

(3) 非金属介在物清浄度

Table 3 に鋼塊の中央部に相当する位置の丸鋼と管より試験片を採取して非金属介在物清浄度を検査した成績の平均値を示した。

なお密閉造塊材については試料の関係で調査しなかつた。結果は丸鋼においては差が見られなかつたが、管においては B 型介在物が大気造塊材に比して窒素造塊材が若干低い傾向が見られた。

(4) 砂 疵

a) 丸 鋼

各造塊材ともに「ばらつき」がやや多く、全般的傾向

はとくに認められなかつたが、丸鋼の外側、中間部においては 1mm 以上の砂疵が窒素および密閉造塊材に低い傾向が見られた。

b) 鋼 管

管の内側と外側について砂疵検査を行なった成績の比較を Fig. 2 に示した。

以上の結果によると >0.1~0.5mm の砂疵は外側には少ないが、内側では C 級品の発生が各造塊材ともに多かつた。>0.5~1.0mm, >1.0~2.0mm, >2.0~3.0mm の砂疵では C 級, D 級品の発生はなかつた。D 級品の発生は外側に 3.0mm 以上の砂疵が発生するものですべて大気造塊材であり、窒素および密閉造塊材には D 級品の発生は皆無であつた。

全般的に窒素および密閉造塊材が大気造塊材より管の砂疵に対して若干優れた傾向が見られ、外側の大きい砂疵に対しては明らかに優れているのが認められた。なお窒素造塊材と密閉造塊材には差が認められなかつた。

IV. 結 言

高炭素クロム鋼の砂疵、非金属介在物の減少を計るため、注入中の酸化防止の一方法として、窒素造塊と密閉造塊を行い、大気造塊と比較しその効果を確認する試験を行なった。

その結果、注入中の酸化を防止した窒素造塊や密閉造塊は製品の O₂ 含有量、非金属介在物の分析量の低下、顕微鏡清浄度の若干の改善、大型砂疵の減少に効果があることを確認した。

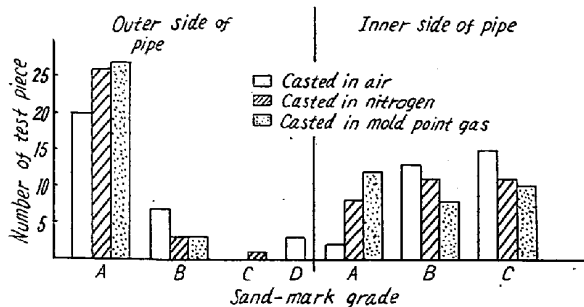


Fig. 2. Results of sand-mark inspection for pipes.

なお窒素造塊と密閉造塊の間には殆んど差が認められず、密閉造塊の方が鋼中 N_2 の増加の懸念がなく、作業も容易であるので、本結果より密閉造塊法を採用することにした。

Table 2. Gas content.

	SKF	Hoffmann	New Departure	Hoover
H (ppm)	2	3	0.8	2
O (ppm)	26	24	23	26

(70) 各国の軸受鋼の非金属介在物と炭化物

(鋼中の非金属介在物に関する研究—Ⅱ)

金属材料技術研究所

○内山 郁・上野 学

Nonmetallic Inclusions and Carbides in Bearing Steels in Several Countries.

(Study on the nonmetallic inclusions in steel—Ⅱ)

Iku Uchiyama and Manabu Ueno.

I. 緒 言

軸受鋼においては、従来、非金属介在物に関して厳密に規定されてきたことは周知の事柄である。これは、非金属介在物が軸受鋼の寿命に大きな影響をおよぼすという観点に立つものと考えられる。本研究においては、入手しえた外国の軸受鋼 5 種類および国産軸受鋼 1 種類について、その非金属介在物の形状、分布、大きさおよび炭化物の分布などを光学顕微鏡と電子顕微鏡で調べ、比較検討したので、それについて報告し、若干の考察を述べる。

II. 供 試 材

外国製軸受鋼 5 種類すなわち SKF (スウェーデン)、ホフマン、(英)ニューデパーチャー(米)、フーバー(米)、ティムケン(米)の各製品および国産製品 1 種類について、いずれも軸受の内輪から試料を切り出して観察を行なった。Jaco 3.4 m エバート型回折格子分光器およびカメラ製のスペクトロレクターを使用してえた各試料の

化学組成を Table 1 に示す。Table 2 はガス含有量を示す。

III. 観 察 方 法

(1) 光学顕微鏡による観察

非金属介在物の形態、色彩をカラーフィルム(富士およびサクラのリバーサルフィルム)を使用して追求検討した。

(2) 新学振法による非金属介在物の判定

新学振法の各法によつて介在物の判定を行い、その分布などを観察した。

(3) 炭化物の量と大きさの測定

ハルバットカウンターを使用して、線分比法により球状セメンタイトの量を測定した。さらに炭化物の大きさを接眼移動測微計(オリンパス製、 $\times 10$)によつて測定し、炭化物の大きさの分布と平均値を求めた。

(4) 電子顕微鏡による観察

非金属介在物および球状セメンタイトをエキストラクションレプリカ法によつて抽出し、電子顕微鏡観察、電子回折を実施した。

IV. 観察結果および考察

(1) 分析結果をみると、Cr, Mn, Si はいずれもわが国の SUJ-2 の規格範囲内にある。Cu は SKF、フーバー、ニューデパーチャーなどは低い値を示しており、ティムケン、国産は、かなり高い。これは、原料に問題があるものと考えられる。Al 含有量は、SKF、フーバーが低く、国産、ティムケンは高い。これは脱酸剤としての Al の添加量の差にあると思われる。

(2) 非金属介在物の分布につき、新学振法第 3 法で

Table 1. Chemical compositions.

	Cr*	Mn*	Si*	Ni*	Cu*	Mo**	Ti**	V**	Al**	As	Bi	Cd	Co	Mg	Nb	Pb	Sb	Sn**	W	Zn	Zr**	Fe
SKF	1.43	0.37	0.36	0.04	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.5
Hoffmann	1.40	0.49	0.32	0.16	0.09	±	—	—	±	—	—	—	±	—	—	—	—	±	—	—	±	2.5
New Departure	1.39	0.32	0.27	0.12	0.07	±	—	—	+	—	—	—	±	—	—	—	—	±	—	—	±	2.7
Hoover	1.47	0.32	0.37	0.07	0.04	+	±	—	—	—	—	—	±	—	—	—	—	±	—	—	±	3
Timken	1.34	0.25	0.22	0.35	0.17	±	—	—	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.5
Japan made	1.38	0.37	0.32	0.11	0.17	—	—	—	±	—	—	—	—	—	—	—	—	±	—	—	—	2.2

* 5 元素以外は定性のみ実施。

** $Ti < 0.01$, $Mo < 0.10$, $V < 0.02$, $Al < 0.02$, $Sn < 0.05$, $Zr < 0.07$ における強度を示す。

*** 定性の場合の強度順位は、—, ±, ±, +1, +, 2(++), 3(++), 4……10 である。