

# 研究部會報告

## 肌焼鋼製造法の研究

(昭和4年7月～昭和27年4月)

日本鐵鋼協會研究部會  
特殊鋼部會 第二小委員會

### I. 緒 言

當特殊鋼研究部會第2小委員會は昭和24年7月結成され、主として優良な肌焼鋼の製造に必要な諸條件を研究するため、前後10回の會合を開いた。その間各社各々資料を持ち寄り種々討議を行い熔製作業の基準となる諸數値の決定、砂疵の本質並に検査法の検討及び砂疵防止に對する方策についても検討を行つた。その結果を總括すると次の通りである。

### II. 肌焼鋼熔製作業基準の決定

各社の炭素肌焼鋼製造法に關連し、築爐、熔解及び造塊に關する實狀を検討し(附表I参照)又試験熔解を行い(附表II参照)種々審議の結果、第1表に示す如き熔製作業基準を決定した。尙、熔製法と關連し爐材耐火物についても詳細な調査を行つた。

次に合金肌焼鋼の熔製法についても種々検討の結果(前述第I表)炭素肌焼鋼の熔製作業基準に準ずることにした。(附表IV参照)

尙、各社により下記事項の定義が不明確であつたので次の如く定めた。

熔解期：送電より8分熔解までを言う。

第一酸化期：以後第1回除滓までを言う。

第二酸化期：第1回除滓から第2回除滓までを言う。

平均脱炭速度：第1回除滓直前から第2回除滓までについて計算する。

尙、本作業基準を實施するに當り原材料の種類、形狀爐材耐火物の良否等その他の因子が至大の影響を及ぼすからこれらの諸條件に對しても充分な考慮を拂う必要がある。

### III. 肌焼鋼の砂疵の検査法の決定

各社肌焼鋼の砂疵について次の3種の試験を行つた。

(1) サンド分析 (殘渣分析)

(2) 清淨度検査 (學振法)

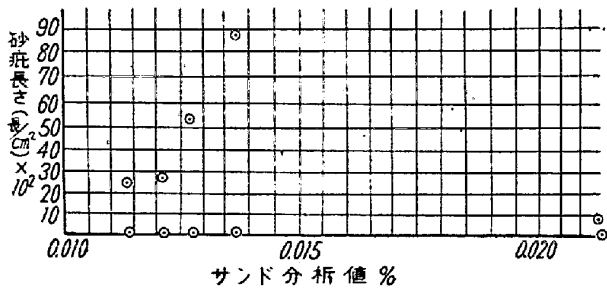
(3) 段削り試験 (肉眼、酸腐蝕、磁氣探傷試験)

種々検討した結果上記三者の結果は必ずしも一致せず、又關連性もない様である。(第1圖、第2表、第3表参照)

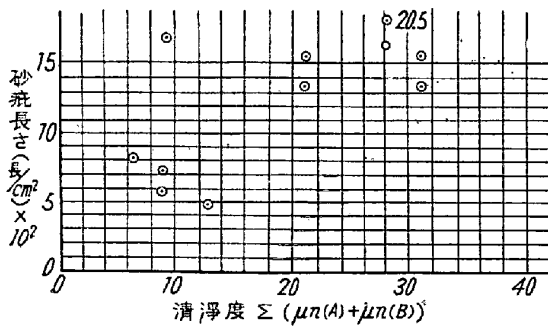
第 1 表

項 目	要 領
(1) 熔落(完熔)の成分 C Mn	0.20~0.30% (目標 0.25%) 0.20% 以上 (目標 0.25%)
(2) 脱炭速度	0.003~0.004%/min (目標 0.0035%/min)
(3) 酸化期の鋼滓の鹽基度 (CaO/SiO <sub>2</sub> )	2.5
(4) 第二酸化期の鋼滓全鐵量	20% 以下 [(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO)<24%]
(5) 除 滓	2 回
(6) 鋼 滓 量	第1回 8% 以下, 第2回 2~6%
(7) 酸化末期の鋼の成分 C Mn	0.10% 0.15% 以上
(8) 還元期の鋼滓の鹽基度 (CaO/SiO <sub>2</sub> )	2.5~3.0
(9) 還元期の鋼滓中の全鐵量	2% 以下
(10) 脱酸方法	除滓直後 Fe-Mn (0.35% Mn として) Fe-Si (0.10% Si として) を投入する外初期強制脱酸アルミニウムを使用することを得 0.3~0.6kg/熔鋼越當り (出鋼前爐中或は取鋼中何れで可)
(11) 結晶粒調整用アルミニウム	

それ故肌焼鋼の砂疵検査法としては現場的に広く使用されている段削りによることに決定した。



第1図 サンド分析値(残渣)と段削り(酸腐蝕)との関係



第2図 清浄度と段削りの関係(酸腐蝕)

第2表 段削り試験の疵見方法による疵検出の偏差

工場名	平均数	肉眼	腐蝕	磁探	備考
B	5	1	0.61	1.51	同一の場所同一面積の疵を各種方法により検出し肉眼によるものを1とした場合の比を示す
E	12	1	9.8	32	
F	9	1	1.85	2.24	

尙、結晶粒度調整は肌焼鋼製造上重要な事柄であり、前記の如く少量のアルミニウムによつて行うことにし、

第3表 段削り試験の疵見方法による疵の偏差

	肉 眼		腐 蝕		磁 探		備 考
	数	全 長	数	全 長	数	全 長	
1	0	0	3.0	3.3	5.9	7.7	75mm 角の 7kg test-ingot を 25mm 丸に鍛伸し (鍛造比 10) 丸 13mm 丸 19mm に旋削ヘール 仕上したもので腐蝕は 20% 鹽酸 20min 浸漬の場合を示す 何れも 100mm×100mm に換算した疵の数及長さを示す。
2	0	0	2.4	33.6	7.7	14.8	
3	3.6	5.5	7.2	10.1	22.1	39.0	
4	0.8	1.0	6.2	8.4	15.5	31.9	
5	0	0	3.3	3.3	12.5	11.9	
6	0	0	2.0	2.0	8.6	11.7	
7	0.6	1.0	4.8	5.7	19.6	28.2	
8	0	0	2.8	4.2	17.1	20.9	
9	0	0	4.2	38.5	13.7	16.0	
10	0	0	2.4	2.8	14.7	16.5	
11	0.6	2.4	9.6	15.4	23.9	56.0	
12	0	0	7.2	10.8	18.8	29.2	
平均	0.47	0.69	4.6	6.1	15.0	23.6	
比率	1	1	98	88	32.0	34.4	

各試料について結晶粒度の調査を行つた。然し今回はその基準は別に定めなかつた。

#### IV. 砂疵の生成状況並に偏差

肌焼鋼を熔製する場合砂疵が爐中、取鍋、注入初期、中期及び後期の各段階に於いて如何に變化するかを知ることは重要な問題である。

これについて各社次の方法で実験を行つた。即ち  
 パイロットインゴット 約 50mm 丸又は角で約 3kg  
 鍛 造 比 約 4 (25mm 丸に鍛伸)  
 試料の寸度 頭部 21mm 丸×長さ 50mm  
 底部 14mm 丸×長さ 50mm  
 試料の加工程度 ヘールバイト仕上  
 砂疵の判定 段削り、肉眼及び鹽酸腐蝕 (温度 50°C 濃度 10% 時間 20min)

再三試験を行つたが各社共歸一することが出来なかつた。(附表 V VI VII VIII 参照) 而して大體次の如き結論に達した。

(1) 爐中及び取鍋中に於いては砂疵は少い。

(2) 鑄型に注入することによつて砂疵は増大し、その初期、中期及び後期に於ける介在物の發生状況は各社で異り變動が多い。これは漏斗内張及び熔鋼と取鍋煉瓦との反應、非金属介在物の析出浮揚、熔鋼の温度の變化或はノズルストップの熔蝕等が影響し、極めて複雑な様相を呈する爲と考えられる。

砂疵の鋼塊の位置による變化即ち鋼塊の頭部と底部並に内部と周邊部との差異について検討した。各社共電氣

爐，熔製條件，鑄造條件，鋼塊の大きさ，形状，注入方法等異なるのでその結果を歸一せしめることは困難であるが大體次の如き結果を得た。(附表V参照)

- (1) 砂疵は同一の鋼塊に於いては頭部が多く底部が少い。
- (2) 砂疵は同一の鋼塊に於いては内部が少く周邊部が多い。

### V. 砂疵防止に對する諸實驗

上記の如く熔製作業基準を確立し検査法を決定し，更に砂疵生成状況並に偏差について大體の様相を把握出來たので，更に各社独自の立場から砂疵防止に對する二三の調査研究を行つた。これらのうちには今後の研究を加え，改めて詳細發表せられるものもあるが以下主なる項目を列記し簡単に説明する。

#### (1) 取鍋中の砂疵の状況

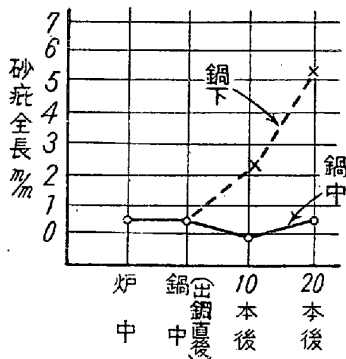
各社で實驗を行つたが，その代表的な例として特殊製鋼に於ける結果を示せば次の通りである。即ち

- (i) 出鋼前爐中
- (ii) 出鋼直後取鍋中
- (iii) 造塊中期 (11 本目)
- (iv) 造塊後期 (20~21 本目)

にそれぞれ小試験鋼塊を採取し，iii) 及び iv) に就いては

- a) 取鍋中より採取した場合
- b) 取鍋下で採取した場合

の砂疵の比較を行つた (a) と (b) の差異が餘りない場合もあるが，一般には鍋下試料 (b) は鍋中試料 (a) に比較して格段に砂疵の増加が認められる(第3圖参照)



第3圖 取鍋中の砂疵の變化

この結果は砂疵の生成原因を暗示するものとして興味あるものである。

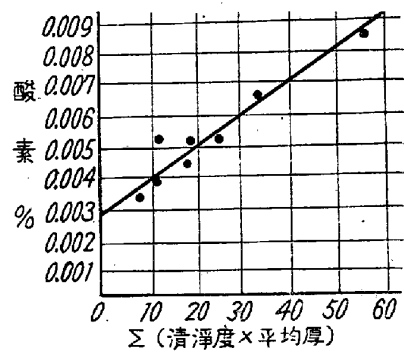
#### (2) 高周波電氣爐に於ける砂疵の状況

各社で實驗を行つたがはつきりした結論は得られなかつた。

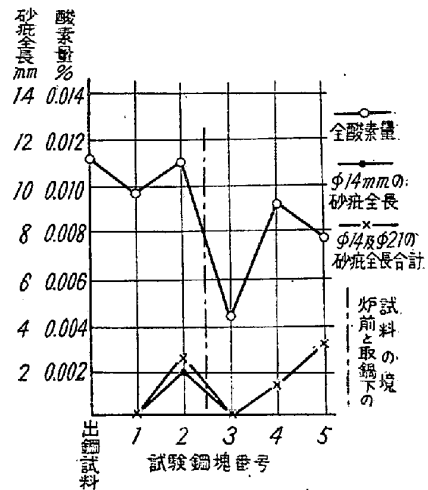
どちらかと言えば高周波熔解の方が寧ろ砂疵の多い傾向があつた。

#### (3) 酸素量と砂疵との關係

日本特殊鋼においては最初顯微鏡的な清淨度と鋼材の全酸素量(真空熔融法による定量)の關係を調査した結果第4圖の如き明瞭な比例關係を認めることが出來た。温硝酸法に依る殘渣量は清淨度と無關係であつた。更に砂疵と鋼浴中全酸素量との關係につき研究した結果に依れば相異なる溶解については砂疵と全酸素量の關係が明かでないが同一溶解について比較すると第5圖の例の如く兩者類似の傾向を示す場合が多い。



第4圖 清淨度×平均厚と全酸素量との關係



第5圖 試験鋼塊の砂疵全長(mm)と酸素量(%)の關係

#### (4) 取鍋煉瓦と砂疵との關係

爐中から採取した試料では一般に砂疵が少く，従つて造塊過程に於ける砂疵の増加が重要な問題となるがこれについて取鍋煉瓦の熔損が何等かの影響を及ぼすものと考えられる。シヤモット系煉瓦では特殊製鋼の調査によると第4表の如く Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 量の多いものは消耗量が大である爲取鍋煉瓦としては不適當と見做される。

又神戸製鋼所に於ては取鍋の熔損量を取鍋中熔鋼及び熔滓の高さの變化並びに出鋼前後の鋼滓分析値 (CaO基

第4表 取鍋用煉瓦消耗度調査表 自昭和24年6月 至 25年5月

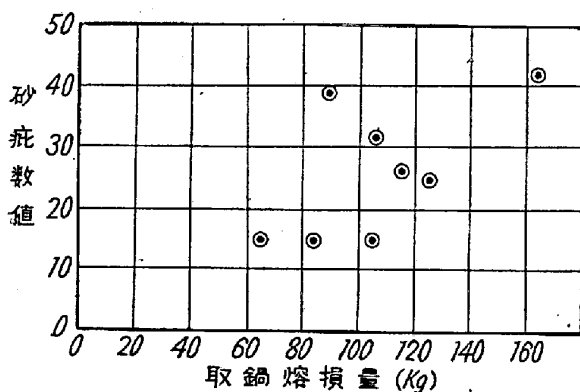
煉瓦別			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B	C	D	E	F	G
項目										
試験回数			3	7	4	1	5	3	4	5
1試験回/消耗厚 mm			62	62	62	94	62	62	40	62
1試験回当平均寿命チャージ			7.7	8.0	8.5	13.0	10.6	10.2	10.7	17.6
1チャージ当り平均消耗厚 mm			8.1	7.3	7.3	7.2	5.9	5.8	3.7	3.5
化学成分	SiO <sub>2</sub>	%	49.52	50.42	60.78	64.78	71.0	69.90	78.48	74.20
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	42.33	43.50	34.56	31.60	25.53	26.59	17.38	19.54
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	7.15	5.30	4.53	3.47	3.36	3.34	2.53	1.58
外面色			橙色	白色	橙色	黄色	黄色	橙色	白色	白色

(註1) 煉瓦別のタイトルは各煉瓦製造会社別を表わす。(A<sub>1</sub>とA<sub>2</sub>とは同一会社の異種の製品)  
 (註2) 消耗厚はCとFとを除いては凡て推定(廢却時の殘厚を一律に3mmと認む)C及びFは實測による。

第5表

	全殘渣量%	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	FeO%	MnO%	CaO%	MgO%	處理法
A	0.0166	24.09	58.29	—	tr	19.15	4.05	溫硝酸法
B	0.0146	17.48	74.58	2.24	tr	6.00	—	〃
C	0.0152	15.63	70.37	7.70	4.64	tr	tr	〃
D	0.0160	36.66	45.50	12.50	tr	4.20	—	電解法
E	0.0158	65.00	15.60	5.40	4.50	4.25	—	〃

準にとり)から取鍋熔損量を求め、これに砂疵數値を對照した結果は第6圖の如く熔損量と砂疵の間に一應の關係が認められた。



第6圖 熔損量と砂疵値の關係

(5) 砂疵の本質の究明

砂疵は肉眼的大きさを有し、その内部に砂狀の非金屬物質を包含する缺陷である。壓着されない氣泡が屢延銅材に於て砂疵に似た外觀を呈することが多い。これが肉眼的の非金屬介在物を伴えば砂疵と呼ばれるがそうでないものとは當然區別さるべきである。

砂疵の本質について日立製作所安來工場で研究を行った。これは砂疵の發生が極めて大きい銅塊の鑄造中に採

取した3疋銅塊を溫硝酸法及び電解法によつて殘渣を分離した。(第5表) MgO, CaO等は酸に溶解すると考えられるにも拘らず認知せられることは耐火物(爐底スタンプ材)の混入と酸に難溶性のガラス狀化合物の存在を推測させるものである。

又介在物を水銀法で小粒と大粒に區分して分析すると第6表の如く小粒はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が主體であり、大粒は稍SiO<sub>2</sub>の多いことが判明した。

第6表

	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	FeO%	MnO%	CaO%
大粒	21.87	61.25	8.50	5.38	tr
小粒	8.67	79.50	7.05	3.90	tr
全體	15.63	71.37	7.70	4.64	tr

VI. 結 論

從來最も困難視されている優良な肌焼銅の熔製法に關し前後10回に亘り種々試験研究を行い檢討の結果その熔製作業基準を定め、砂疵の検査法を決定し、更に砂疵の生成狀況並に偏差についてその様相を明らかにした。

尙、上述の本委員會で決定した熔製作業基準を確實に

実施することが望ましいが、それには原材料の良否並びに爐材その他の耐火物の品位向上等が最も重要な関係を

有するもので、これらと相俟つて我が國特殊鋼の品質向上を期することが出来るものと確信する次第である。

### 委員構成

		委員		構成	
特殊鋼部會委員長	日本特殊鋼	石原 善雄		委員代理及び隨員	
第二小委員會主査	日立製作所	小柴 定雄		鐵道技術研究所	竹中康雄
委員	東京大學	芥川 武		愛知製鋼	樋田 章
	大阪大學	足立 彰		神戸製鋼所	西原 守 宮下幸好
	東北大學	佐藤 知雄		日産自動車	村田良春 小川 勝 田中重美
	鐵道技術研究所	佐藤 忠雄			中島章一 福田眞夫 福田眞夫
	愛知製鋼	木村富士雄		日本特殊鋼	安藤公平 澤 繁樹 吉川道三
	神戸製鋼所	高尾善一郎		新大同製鋼	吉田 惠 高橋俊雄
	日産自動車	土肥 晋一		特殊製鋼	山中直道 本川忠壽 原田敬之
	日本特殊鋼	佐々木吉備三郎			小泉武二 日下邦男 堀田尙之
	大阪特殊鋼	荒木 透			佐藤 稔
	新大同製鋼	錦織 清治			
	特殊製鋼	石原 正美			
	山陽製鋼	穂阪徳四郎			
幹 事	日本鐵鋼連盟	毛利猷三郎			

附表——次頁參照