

特別講演

UDC 669.1:666.76

最近の製鉄用耐火物の研究開発ならびに製造技術の動向*

宮 武 和 海**

Recent Trend of Research and Manufacturing Technique of Refractories for Steel Industry

Kazumi MIYATAKE

1. ま え が き

最近鉄鋼業においては品質の改善, 生産性の向上, 省力化などによる技術革新は目ざましいものがある。

またこれに対処する耐火物も品質の向上, 新製品の開発には大いに努力している次第である。

最近のわが国の耐火レンガの生産量は図1に示すように粗鋼生産量の急速な伸長に伴って大幅に増大してきた。また粗鋼t当りの耐火レンガ消費量の推移も図2のように年々減少の一途をたどり, すなわち耐火レンガ原単位は20 kg/粗鋼tを割るまでにいたっている。

これは設備の大型化, 製鋼法の改革, 操業技術の進歩などによることはもちろんであるが, 耐火物の製造技術の開発による品質の向上はもとより新製品の開発も大いに寄与しているものと考えられる。

では最近における製鉄技術のおもなる動きとそれに対処する耐火物の研究開発ならびに製造技術の動向について述べることにする。

2. 製鉄技術のおもなる動向

最近においては主として次の諸点をあげることができる。

2.1 窯炉の大型化

最近の窯炉は生産性の向上を目的として次第に大型化される傾向にあります。表1に示すように特に高炉については目ざましく近年炉容4000m³~4500m³となり日産1万tという出鉄量となり1代の出鉄量もすでに1200万t~1300万tを可能ならしめ内張レンガの受ける条件はますます苛酷化され最高の品質が要求されている。特に送風温度および炉頂圧の増加は侵食成分のレンガへの侵入深さを大きくしている。また高炉の大型化によつてにわかに重要視されてきたものに出口口充填材および埴材がある。すなわち出鉄量の増加と炉頂圧の上

昇による耐侵食性, 耐摩耗性の向上が要求されるようになった。

次にコークス炉においても製鉄能力の増大にともない, コークスの必要量も急激に増大し, 炉の大型化および炭化時間の短縮に伴い使用炉材の品質向上も一段と要求が高度化されてきた。その他転炉, 電気炉, 混鉄車などにおいても表1のごとく大型化される傾向である。

2.2 操業の苛酷化および鋼の高品位化

操業の苛酷化および鋼の高品位化については表2のごとく種々の要因が考えられる。

高炉においては能率向上に伴い炉内反応の促進のため高温送風が必要となり, 最近では送風温度1300°C~1350°Cとなり, その場合ドーム温度は1500°C~1550°Cの高温となり熱風炉構造体としての炉壁の変形が促進され炉材の熱間特性の向上が要求されている。

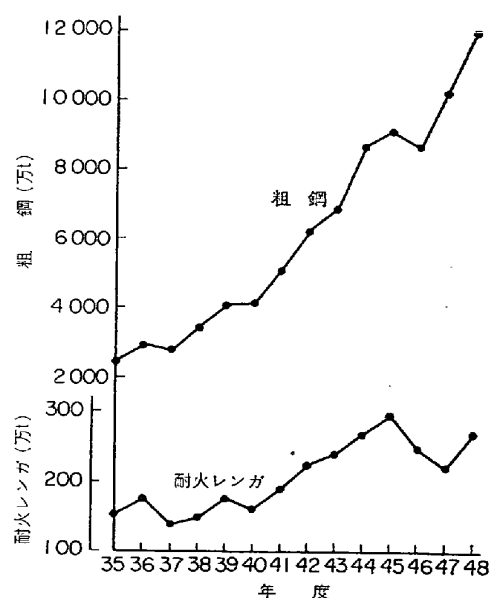


図1 粗鋼および耐火レンガ生産推移

* 昭和49年11月本会講演大会における浅田賞受賞記念特別講演
昭和49年12月3日受付 (Received Dec. 3, 1974)

** 黒崎窯業(株)八幡工場 (Yahata works, Kurosaki Yogyo Co., Ltd., 1-1 Higashihamma, Yahata Nishi, Kitakyushu 806)

また転炉においても炉容の拡大、出鋼能率の向上、鋼種の拡大あるいは真空脱ガス処理、連続鑄造の採用などにより、製鋼温度の上昇等操業条件が苛酷化されてきた。しかるに炉材原単位は 2~3 kg/t と低下し明らかに炉材の品質の向上、新製品の開発も大きく影響しているものと考えられる。最近では熱間吹付材の使用で 2000 回を越す驚異的な炉寿命記録も生まれている。

電気炉においても大電力操業 (HP, UHP 操業) 技術の開発、炉容の拡大、トロイダルバーナーの使用、酸素吹精量の増加などによる生産性の大幅の向上、加えて真空脱ガス、連続鑄造法の採用は耐火物にとつてますます苛酷となつてきた。また最近では特殊鋼精錬に AOD 炉の採用がさかんとなり、ますます炉材の受ける条件は苛酷となつてきた。

上記高温出鋼および取鍋滞留時間の延長のため取鍋レンガの損傷も著しく材質変更を行なうとともに鋼の流量制御装置をノズルストッパー方式よりスライディングノズル方式へと転換されている。

近年鋼は量産と併行して高品位化が行なわれ各工程において種々の方法が考えられている。

まず溶銑鍋、混銑車内で炉外脱硫が実施され、溶銑と脱硫剤との接触を十分にするため激しい攪拌が行なわれ炉材は非常な苛酷な作用を受けることとなり、いまだ十

分に満足される炉材は開発されず、次いで溶鋼の脱ガス処理が採用され最近では更に取鍋精錬法が取入れられ取鍋内張りの寿命は極めて短くなり、これら炉材の開発は重要な課題となつてきた。連続鑄造においては溶鋼の酸化防止やガス巻込み防止等に効果のある浸漬ノズルレンガは高級鋼や大型鋼片の鑄込みにはなくてはならぬものでありまたインゴット鑄込みの上注用長尺ノズルレンガの使用も行なわれている。

表 2 鉄鋼窯炉 操業の苛酷化および鋼の高品位化

要 因	実 施 例
高温化	高炉：送風温度の上昇 転炉：製造鋼種拡大、連続鑄造、真空脱ガス処理の採用 電炉：HP, UHP 操業、連続鑄造、真空脱ガス処理の採用 取鍋：連続鑄造、脱ガス処理、取鍋精錬
攪 拌	揺 動 法：溶銑脱硫 スターラー法：溶銑脱硫 気体吹込み法：溶銑脱硫取鍋精錬 (LD-VAC, Finkl 法) AOD 炉 電 磁 誘 導 法：取鍋精錬 (ASEA-SKF 法)
真 空	取鍋精錬：流動脱ガス法 (真空鑄造法、出鋼脱ガス法など) 取鍋脱ガス法 (ASEA-SKF, Finkl 法など) 真空吸上法 (DH 法) 環流式脱ガス法 (RH 法)

表 1 鉄鋼窯炉の大型化

	以 前	最 近
コークス炉 (炉高)	4m	6~7m
高 炉 (炉内容積)	1 000~1 500m ³	3 500~4 500m ³
混銑車 (炉容)	100~200 t	250~600 t
転 炉 (炉容)	50~100 t	200~300 t
電 炉 (炉容)	10~30 t	80~250 t

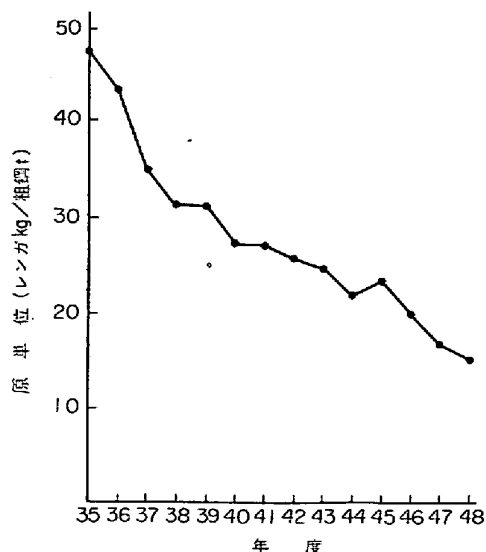


図 2 鉄鋼業 耐火レンガ使用原単位の推移

表 3 鉄鋼用耐火物の材質変更

窯 炉	適用 個 所	従 来 材 質	新 材 質
高 炉	シャフト下部 朝顔部	粘土質レンガ	高アルミナレンガ
	出銑口充填材 出銑樋材	シャモット- カーボン質	高アルミナ- 炭化珪素- カーボン質
熱風炉	ドーム 蓄熱室上部	粘土質レンガ	珪石レンガ 高アルミナレンガ
転 炉	炉 体	タールドロマ イトレンガ	タール含浸 焼成マグドロ レンガ
電気炉	炉 蓋	珪石レンガ 高アルミナレンガ	塩基性レンガ
	炉壁ホットス ポット部	塩基性レンガ	マグネシア カーボン質レ ンガ
取 鍋	スラグライン	蛭石質レンガ	ジルコン質レ ンガ

2.3 省力化ならびに環境対策

連続铸造は造塊、均熱、分塊工程が省略され省力化に大きな効果をあげている。また築炉作業の機械化も省力化はもとより環境対策としても重要な問題で今後の課題

表 4 鉄鋼用耐火物の品質改善

窯 炉	適用個所	材 質	品質改善の方向
コークス炉	炭化室壁	珪石レンガ	緻密化 高荷重軟化点
高 炉	シャフト下部 朝顔部	高アルミナレンガ	緻密化 高アルミナ化 耐アルカリ性
	炉底部	カーボンレンガ	高熱伝導率 耐アルカリ性
	出鉄口充填材 出鉄樋材	高アルミナ-炭化珪素-カーボン質	高耐食性 耐摩耗性
熱風炉	ドーム 蓄熱室上部	珪石レンガ 高アルミナレンガ	高温クリープ性
転 炉	炉 体	焼成マグドロレンガ	高熱間強度 高 MgO 化 不純物の減少
電気炉	炉壁ホットス ポット部	塩基性レンガ	緻密化 高 MgO 化 不純物の減少

と思われる。

不定形耐火物施工の機械化は多方面で行なわれているが取鍋においてはスリンガーマシンによる不定形耐火物を使用した築造法の開発、また転炉、電気炉などにおける熱間吹付材による補修方法の採用も盛んとなつてきた。また均熱炉、加熱炉、電気炉等におけるキャストブル・プラスチック耐火物の施工は省力化に役立つと同時にわれわれ製造者側においても不定形耐火物の利用により省エネルギー対策ともなつている。

環境対策としては高炉においては出鉄口充填材のタール以外のバインダーの研究が要望され、転炉においても

表 5 コークス炉用緻密質珪石レンガ

見 掛 比 重	2.32
見 掛 比 重	1.86
見 掛 気 孔 率 (%)	19.8
圧 縮 強 さ (kg/cm ²)	530
熱膨脹率 (%) 1000°C	1.16
残存膨脹率 (%) 1450°C	±0
荷重軟化点 T ₁ , °C	1687
化 学 成 分 (%)	
SiO ₂	96.0
Al ₂ O ₃	0.8
Fe ₂ O ₃	0.5
CaO	2.3
特 徴	耐摩耗性 高熱伝導性

表 6 高 炉 用 レ ン ガ

材 質	コ ラ ン ダ ム 質			合成ムライト質	中アルミナ質
	純 コ ラ ン ダ ム 質			CRINON-BF (MC-3)	CRINON-S
品 種	HI00B 緻密質	HI00B 普通品	HI00		
耐火度 (SK)	38<	38<	38<	38<	37
見 掛 比 重	8.83	8.84	3.76	3.69	2.86
見 掛 比 重	3.34	3.21	3.26	3.21	2.54
見 掛 気 孔 率 (%)	12.8	16.5	14.7	13.1	11.7
圧 縮 強 さ (kg/cm ²)	2420	1284	1147	1956	975
曲 げ 強 さ (kg/cm ²)	590	520	430	431	317
荷重軟化点 T ₁ (°C)	390	280	167	310	150
残存膨脹収縮率 (%)	1700<	1700<	1700<	1700<	1551
熱膨脹率 (%) at 1000°C	±0	±0	±0	±0	1659
	1600°C×2 hrs	1600°C×2 hrs	1600°C×2 hrs	1600°C×2 hrs	1600°C×2 hrs
	0.80	0.80	0.78	0.75	0.50
化学成分 (%) SiO ₂	0.3	0.3	2.1	4.5	36.55
Al ₂ O ₃	99.3	99.3	97.6	94.6	60.0
Fe ₂ O ₃	0.1	0.1	0.2	0.3	0.8
R ₂ O	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
耐 食 性 被食指数(従来品ユニデン を100として)	1.0	1.5	2.5	7.0	30
耐アルカリ性テスト 1000°C×5 hr (ASTM 方式) 亀裂発生状況 1300°C×10 hr (気相法) 亀裂発生状況	3回までなし 3回までなし	3回までなし	1回2回3回 微 小 中	1回2回3回 微 中 大 3回までなし	3回までなし 1回2回3回 なし 微 微
備 考	シャフト下部 高耐アルカリ性	同 左	同 左	シャフト中部 ～朝顔部 高耐食性 高耐アルカリ性	耐 食 性 耐 食 性

表 7 高炉樋材および出鉄口充填材

品 種	高 炉 樋 材		充 填 材
符 号	AK 3	SN	TAC-7
化 学 成 分 (%)			
Al ₂ O ₃	68~70	56~58	43~45
SiC	14~16	18~20	12~14
FC	5~7	7~9	15~17
SiO ₂	1~3	10~12	21~23
粒 度 構 成			
最大粒 (mm)	5	7	3
微粉量 210 μ 以下 (%)	31~39	30~40	60~65
線 変 化 率 (%)			
110°C×24 hrs	-0.17	-0.22	—
1000°C×2 hrs	+0.00	-0.13	—
1450°C×2 hrs	+0.12	+0.05	—
カ サ 比 重			
110°C×24 hrs	2.56	2.33	—
1000°C×2 hrs	2.51	2.25	1200°C×3 hrs
1450°C×2 hrs	2.49	2.25	2.0
曲 げ 強 さ (kg/cm ²)			
110°C×24 hrs	34.5	76.5	—
1000°C×2 hrs	40.6	61.0	1200°C×3 hrs
1450°C×2 hrs	46.3	67.6	20
熱間曲げ強さ (kg/cm ²)			
1000°C×15 min	48.1	—	1200°C
1450°C×15 min	25.3	30.1	13
回転侵食減寸率 (%)			
1550°C×5 hrs	4.6	1550°C 30'	—
高炉スラグ		7.3	—
スラグ浸漬減寸率 (%)			
空気—スラグ界面	14.7	—	—
スラグ—鉄鉄界面	22.8	—	—
特 徴	熱 硬 性 耐 食 性 耐 摩 耗 性 耐 スポール 性	熱 硬 性 耐 食 性 耐 摩 耗 性 耐 スポール 性	

炉材中のタールの問題がありそれに対する炉材の対策、開発がいそがれている。

以上製鉄技術のおもなる動向について述べたがこれに対して耐火物においてはいかなる研究開発ならびに製造技術の確立がなされているか次に記すこととする。

3. 耐火物における対策

3.1 適性耐火物の選定と品質の改善

使用条件の変化に対応するため適性耐火物の選定ならびに品質の改善が行なわれている。すなわち従来の耐火物の品質の改善のみでは解決できず表3に示すごとく新材質に変更され高級耐火物が使用されるようになった。

表4はこれら新材質の品質改善方向を示すものである。

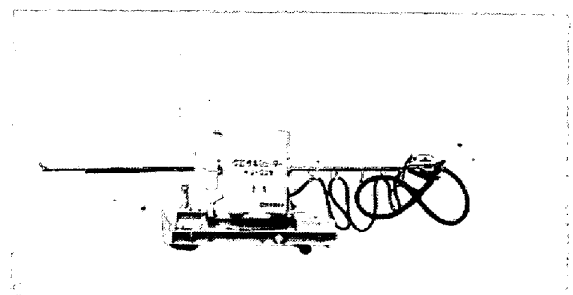


図3 熱間吹付機クロサキシューター

3.2 新製品の開発

上記新材質の品質改善の方向で研究開発ならびに製造技術の確立により各種新製品の開発がなされたので次にこれを記すこととする。

表 8 熱風炉用レンガ

材 質	珪石レンガ	ム ラ イ ト 質 レ ン ガ					
		電融ムライト質	焼 成 ム ラ イ ト 質				
符 号	S21	H21	H22	H23	H24	H25	H26
耐火度 (SK)	33	>38	>38	>38	38	37	36 ^{1/2}
見掛比重	2.32	3.32	3.38	3.14	3.04	2.98	2.82
カサ比重	1.86	2.70	2.80	2.61	2.48	2.46	2.39
見掛気孔率 (%)	19.8	18.6	17.1	17.0	18.9	17.4	15.2
圧縮強さ (kg/cm ²)	475	910	890	960	1150	860	730
荷重軟化点 T ₁ (°C)	1600	>1700	>1700	>1700	1660	1595	1571
残存線膨脹収縮率 (%)	1675	0	0	0	>1700	1700	1655
熱膨張率 (%) 1000°C	—	(1600°C×2 hr)	(1600°C×2 hr)	(1550°C×2 hr)	+0.05	+0.15	+0.10
クリープ変形率 (%)	1.25	0.55	0.62	0.55	(1500°C×2 hr)	(1500°C×2 hr)	(1500°C×2 hr)
(荷重 2 kg/cm ²)	0.2	0.3	0.5	0.1	0.49	0.49	0.47
	(1550°C×50 hr)	(1550°C×50 hr)	(1500°C×50 hr)	(1450°C×50 hr)	(1400°C×50 hr)	(1350°C×50 hr)	(1300°C×50 hr)
化学成分 (%) SiO ₂	95.6	21.8	13.9	25.9	28.7	30.6	33.5
Al ₂ O ₃	0.8	76.0	83.9	70.7	68.2	66.4	62.7
Fe ₂ O ₃	1.0	0.3	0.7	1.1	1.5	1.5	1.5
R ₂ O	—	0.4	0.4	0.7	0.5	0.5	0.5
残存石英 (%)	1.7	—	—	—	—	—	—
特 徴	耐クリープ性	耐クリープ性	耐クリープ性	耐クリープ性	耐クリープ性	耐クリープ性	耐クリープ性

表 9 転 炉 用 レ ン ガ

材 質	マ グ ド ロ 質			電融マグネシア質	
	THD-SDS	THD-SDM	THD/SDU	KRD-UHM	KRD-UHM 2
見掛比重	3.46	3.48	3.48	3.56	3.58
カサ比重	3.01	3.04	2.98	2.99	3.08
見掛気孔率 (%)	13.4	12.6	14.3	16.0	14.0
圧縮強さ (kg/cm ²)	883	920	926	910	995
荷重軟化点 T ₂ (°C)	>1700	>1700	>1700	>1700	>1700
曲げ強さ 常温	204	210	—	300	275
(kg/cm ²) 200°C	88	110	127	—	—
1400°C	41	63	42	42	48
1500°C	—	—	—	21	20
スラグ吸収軟化変形率 (1700°C 2 kg/cm ²)	60'	—	—	—	—
120'	3.0	2.6	2.1	0.5	0.6
	—	—	—	1.1	1.2
化学成分 (%) SiO ₂	0.6	0.5	0.4	0.14	0.15
Al ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.03	0.03
Fe ₂ O ₃	0.6	0.5	0.4	0.10	0.10
CaO	12.8	10.2	6.4	0.29	0.34
MgO	85.7	88.1	91.9	99.21	99.10
特 徴	耐食性 耐摩耗性	耐食性 耐摩耗性	耐食性 耐摩耗性	高耐食性 耐摩耗性	高耐食性 耐摩耗性

表5のコークス炉用緻密質珪石レンガであるが高密度、高熱伝導性ならびに熱間における強度の向上が要求され製造技術の改善によりカサ比重、見掛気孔率で比較して従来品では1.80、22~23%であつたものが1.90、17~18%となり圧縮強さも600~800 kg/cm²と向上した。表6は高炉用レンガであるが従来は普通の粘土質シャモットレンガが使用されていたがより耐食性の高アルミナ質レンガ、さらに高純度のコランダム質レンガが使用されるなど高級耐火物の採用となり損傷原因の解明に

より使用耐火物も適性な耐火物の使用が行なわれている。

表7は高炉樋材および出銑口充填材であるが前述の通り出銑量の増加と炉頂圧の上昇により耐食性、耐摩耗性が要求され使用材料もますます高級化される傾向にある。

一方熱風炉においても使用耐火物の熱間特性の向上が要求され表8に示すように高温部には珪石レンガが使用され、高温におけるクリープ特性のよいムライト質レン

表 10 転 炉 用 熱 間 吹 付 材 の 品 質

型 式	乾 式	湿 式
材 質	マ グ ネ シ ア	マ グ ネ シ ア
ボ ン ド	り ん 酸 塩	珪 酸 塩
線変化率 1 600°C×2 hr (%)	-0.89	-1.66
熱間曲げ強さ (kg/cm ²)	1 200°C	12.5
	1 400°C	6.9
熱間接着強さ (kg/cm ²)	1 200°C	12.1
	1 400°C	5.8
化 学 成 分	MgO	86~88
	CaO	5~6
		0.2~0.5
		0.5~1

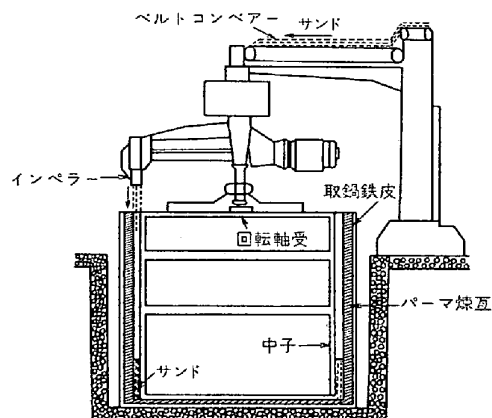


図 4 スリンガーマシン概略図

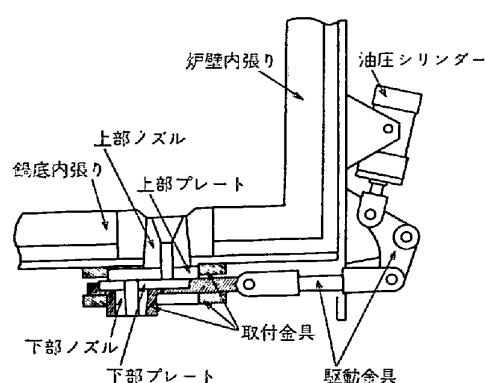


図 5 スライディングノズルの概略図

が使用されるようになった。

表 9 は転炉用レンガで従来はタールマグドロレンガが使用されたが使用条件の苛酷化により耐火物の損耗に対処するため高純度化ならびに高マグネシア化へと進み、低フラックス化した合成マグドロクリンカーを使用し高温焼成したレンガが開発された。さらに従来焼成マグネ

表 11 電気炉ホットスポット用レンガ

材	質	マグネシア— カーボン質	マグネシ ア質	
符	号	CRD— MR 5	CRD— MR 20	MAKRON
耐火度 (SK)		>40	>40	>40
見掛比重		3.00	2.80	3.33
カサ比重		2.79	2.70	3.03
見掛気孔率 (%)		7.0	3.5	8.8
圧縮強さ (kg/cm ²)		430	300	934
曲げ強さ 常温		130	150	—
(kg/cm ²) 1 200°C		—	—	—
1 400°C		23	30	—
スラグ吸収軟化変形率 (電炉スラグ) 20'				0.8
1 700° 60'				3.4
2 kg/cm ² 120'				5.3
化 学 成 分 (%)				
MgO		91	76	94
C		8	23	—
Cr ₂ O ₃				3
特	徴	耐	食 性	耐 食 性

シアレンガは焼成マグドロレンガに劣る結果でおわつてしたが最近新日鉄(株)と協同開発による高純度電融マグネシアリボンドレンガは焼成マグドロレンガに比しその耐用度で2倍の耐食性を示し局部溶損部分に採用されている。

熱間吹付法の進歩も目ざましいものがあり、ガン吹付けによる転炉のライフ延長に大いに効果を発揮している。表 10 にその品質を示す。

次に図 3 に示すものは最近開発した装置でシューター

表 12 特殊製錬用レンガ

品 種	マグクロダイレク トボンド KRD-TU	マグクロダイレク トボンド KRD-DU	マグクロダイレク トボンドレンガ KRD-ME	ジルコニア質ノズ ル
見 掛 比 重	3.63	3.65	3.80	5.50
力 サ 比 重	3.04	3.10	3.37	4.40
見 掛 気 孔 率 (%)	16.5	14.9	11.2	20.0
圧 縮 強 さ (kg/cm ²)	680	1 220	1 300	900
荷 重 軟 化 点 (T ₁ , °C)	>1 700	>1 700	>1 700	>1 700
曲 げ 強 さ (kg/cm ²)				
常 温	68	139	204	234
1 480°C	140	95	140	—
熱 膨 張 率 (1 500°C)	2.10	1.75	—	(1 000°C) 0.8
化 学 成 分 (%)				
SiO ₂	1.22	1.58	3.01	—
Al ₂ O ₃	5.25	9.01	9.74	—
Fe ₂ O ₃	2.90	4.04	11.14	4.5
Cr ₂ O ₃	7.22	10.54	19.02	—
CaO	0.22	1.07	0.82	—
MgO	83.30	74.02	56.50	ZrO ₂ 94.5
用 途	LF, DH	AOD	AOD	CC

表 13 ジルコン質取鍋レンガ

品 種	STARZIT-A	STARZIT-C
耐 火 度 (S K)	≥ 36	≥ 36
見 掛 比 重	4.44	4.22
力 サ 比 重	3.57	3.40
見 掛 気 孔 率 (%)	19.6	18.0
圧 縮 強 さ (kg/cm ²)	1 610	1 000
荷 重 軟 化 点 (T ₂ , °C)	1 650	1 665
熱 膨 張 率 (at 1 000°C)	+0.37	+0.45
被 食 指 数 (ロウ石質レンガを 100) (とした場合)	20	18
耐 ス ポ ー ル 性 (急 1 200°C × 15 min 熱 水 冷)	10回剝落なし	10回剝落なし
化 学 成 分 (%)		
SiO ₂	25.28	23.7
Al ₂ O ₃	19.84	18.4
ZrO ₂	53.24	51.8
Cr ₂ O ₃	—	4.6

と称するもので従来は人力にて吹付ノズルを保持して転炉の補修を行なっていたがこれを機械化し炉内の観察しやすい場所からリモートコントロールできるため適確な吹付が可能となり省力化、軽労化が可能となり安全性も確保された。

表 11 は電気炉用レンガであるが特にホットスポット部においてはマグネシアカーボンレンガを使用すると熱伝導率のよいこととカーボンによるスラグと酸化鉄の浸透がない良好な結果が得られている。また表の特殊マグネシア質レンガも使用されている。

特殊製錬用レンガについては表 12 におもなるものを

示しているが、レンガの品質についてはスラブの浸透をできるだけ押えるため組織の緻密化、気孔径の極小化と不純物の少ないダイレクトボンド組織の塩基性レンガである。電融マグ・クロクリンカーを使用したマグ・クロリーボンドレンガは AOD 炉において局部溶損箇所を使用されている。これら炉材の研究は今後の課題と思われる。

前述のとおり取鍋レンガにおいても操業の苛酷化により損傷も著しく表 13 に示すような材質変更がなされ、耐食性のジルコン質レンガが使用され溶損箇所に用いられている。取鍋施工における機械化、省力化、さらに作業環境の改善のため図 4 のごときスリンガーマシンによる施工が行われている。

すなわち取鍋側壁のパーマレンガと中子の間に高速回転するインペラーの遠心力を利用して不定形耐火物を充填するものでスリンガ材としては表 14 に示すものが使用され一般には珪石質が使用されるが特殊取鍋用にはジルコン質が使用されレンガ積みに劣らぬ実績を出している。

取鍋からの溶鋼の流出にあたって従来流量制御はノズルストッパー方式で行なってきたが最近では図 5 に示すようなスライディングノズル方式が急速に実用化されてきた。これは新日鉄(株)と協同で開発したもので特に重要な部分は摺動する上下部プレートレンガであり主として熱間特性のすぐれたコランダム質を主体としたレンガが採用されている。装置についても種々改良開発を強力に推進し、油圧式のみならず電動式のものを完成し、脱着時間を短縮するためカセットタイプ方式も開発した。最近では取鍋のみならず、タンディッシュノズル、転炉出鋼口などにも利用の研究も進められている。表 15、表 16

表 14 取 鍋 用 ス リ ン ガ ー 材

材 質	珪 石 質	珪 石-ロウ石 質	ジルコン-珪石 質
符 号	L S 164	L S 131 S	L S 285
耐 火 度 (S K)	29	29	32
粒 度 (%) +1.0 mm -0.074 mm	31.7 36.5	21.0 36.9	29.3 34.3
線 変 化 率 (%) 800°C×2 hr 1500°C×2 hr	+0.63 ブローティング	+0.98 +3.05	+0.03 +3.44
圧 縮 強 さ (kg/cm ²) 110°C×24 hr 800°C×2 hr 1500°C×2 hr	52 180 391	101 113 885	102 181 346
カ サ 比 重 110°C×24 hr 800°C×2 hr 1500°C×2 hr	2.17 2.08 1.95	2.22 2.12 2.02	2.69 2.61 2.41
見 掛 気 孔 率 (%) 110°C×24 hr 800°C×2 hr 1500°C×2 hr	17.8 21.4 12.4	16.2 19.6 12.7	16.6 19.3 19.1
化 学 組 成 (%) SiO ₂ Al ₂ O ₃	90.80 5.66	86.35 8.87	ZrO ₂ 68.2 26.4
回 転 侵 食 指 数	100	100	47
特 徴	熱 硬 性	熱 硬 性	熱 耐 硬 食 性

表 15 スライディングノズル用レンガ (プレート)

材 質	コランダム質 HRD-SN 20	コランダム質 HRD-SN 5	ジルコン質 ZRD-SN	ジルコニア (インサート用)
耐 火 度 (S K)	> 38	> 38	> 38	> 38
見 掛 比 重	3.60	3.42	4.42	5.50
カ サ 比 重	2.95	2.90	3.60	4.40
見 掛 気 孔 率 (%)	18.0	15.2	18.5	20.0
圧 縮 強 さ (kg/cm ²)	1500	1600	1000	900
熱間曲げ強さ (kg/cm ²) (1400°C)	93	70	(1200°C) 60	—
荷重軟化点 T ₂ (°C)	>1700	>1700	1620	>1700
熱 膨 張 率 (%) at 1000°C at 1500°C	0.70 1.05	0.58 0.90	0.40 0.70	0.80 1.30
化 学 成 分 (%) SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ CaO ZrO ₂	5.46 93.52 0.28 0.09 —	11.28 87.39 0.47 0.04 —	33.80 1.65 0.24 0.15 63.49	1.02 0.43 0.41 1.79 95.75
特 徴	優れた耐食性耐スポール性をもち摺動面が安定。	耐スポーリング性が良好であり、特に摺動面の荒れが少ない。	安価であり、一般鑄込み用。	耐磨耗性が非常に優れている。 高価であるためコンボジットレンガとして使用する。

表 16 スライディングノズル用レンガ (上下部ノズル)

用途	上部ノズル			下部ノズル				ノズル受
材質	コランダム質 HRD-SNI	ジルコン質 ZRD-SN	中アルミナ質 LN-MH	コランダム質 HRD-SNI	コランダム質 HRD-SN 5	中アルミナ質 LN-MH	特殊ジルコン質 ZRD-SSN	ジルコン質 STZ-SS
耐火度 (SK)	> 38	> 37	34	> 38	> 38	34	37	> 32
見掛け比重	3.65	4.30	2.90	3.70	3.42	2.91	3.90	4.18
見掛け比重	2.95	3.45	2.30	2.80	2.75	2.29	3.00	3.40
見掛け気孔率 (%)	19.2	19.8	20.6	24.3	19.6	21.2	23.0	18.6
圧縮強さ (kg/cm ²)	800	760	530	680	850	470	480	770
熱間曲げ強さ (kg/cm ²)	(at 1400°C) 63	(at 1200°C) 46						—
荷重軟化点 T ₂ (°C)	> 1700	1620	1470	> 1700	> 1700	1470	1600	1620
熱膨張率 (%) at 1000°C	0.75	0.40	0.48	0.75	0.58	0.48	0.38	0.50
化学成分 (%)								
SiO ₂	3.99	33.86	54.02	3.90	11.28	54.02	33.06	31.63
Al ₂ O ₃	94.52	1.63	41.65	94.52	87.39	41.65	15.32	11.72
Fe ₂ O ₃	0.26	0.25	1.19	0.26	0.47	1.19	0.36	0.41
Cr ₂ O ₃								1.80
ZrO ₂		63.39					50.73	53.18
特徴	耐食性、耐摩耗性が優れており特殊な条件のところに適する。	安価である上に相当の耐食性があり、一般的な使用に適する。	アルミキルド鋼等のノズル孔閉塞に効果がある。	耐食性、耐摩耗性が優れており特殊な条件のところに適す。	SN 1 の耐スボール性の向上を図つたもの。	アルミキルド鋼等のノズル孔閉塞に効果がある。	ZRD-SN の耐スボーリング性を改良したもの。	耐食性が良好。

表 17 連続铸造用 浸漬ノズル

材質	熔融石英質	アルミナカーボン質
符号	DPW-S	DPW-AC
見掛け比重	2.15	2.90
見掛け比重	1.90	2.35
見掛け気孔率 (%)	11.5	18.8
圧縮強さ (kg/cm ²)	870	245
荷重軟化点 (°C)	—	T _{1/2} > 1700
曲げ強さ (kg/cm ²)	—	—
常温	210	91.5
1400°C	—	88.5
固有振動数 (C/S)	—	1300
弾性率 (kg/cm ²)	—	8.4 × 10 ⁴
酸化試験 (重量減少率) 1000°C × 2 hr	—	28
化学成分 (%)		
SiO ₂	98.9	—
Al ₂ O ₃	—	58~62
Si	—	4~5
C	—	30~32
特徴	耐スボール性	耐スボール性 耐食性

はスライディングノズル用に開発したプレートレンガ、上下部ノズルレンガの品質を示すものである。

連続铸造における溶鋼の酸化、散り防止のため使用される浸漬ノズルレンガも最近注目されるようになり、表 17 に品質を示してあるが主として普通鋼には熔融石英質、特殊鋼にはアルミナ-カーボン質レンガが使用される。レンガ製造においても従来と違った鑄造成形法とかラバープレス法のような特殊成形法が採用されてきた。

最後に省力化対策として不定形耐火物施工が実施されているが最近開発したキャストブル、プラスチックのそ

表 18 不定形耐火物 “CASTAC” (鑄込施工用)

添加水量 (%)	9.8	線変化率 (%)	—
かさ比重	2.30	110°C	-0.25
110°C	2.27	800°C	+0.05
800°C	2.18	1500°C	+0.25
1500°C	2.18	曲げ (圧縮) 強さ (kg/cm ²)	—
見掛け気孔率 (%)	19.5	110°C	10.0 (50)
110°C	21.1	800°C	19.6 (156)
800°C	20.5	1500°C	100.0 (329)
1500°C	20.5	熱間曲げ強さ (kg/cm ²)	—
		1400°C × 2hr	15.2
		熱膨張率 at 1000°C	+0.48
		化学成分 (%)	—
		SiO ₂	45
		Al ₂ O ₃	50

れぞれの欠点を補つた鑄込施工用のプラスチックを完成したので表 18 に示すが、耐スボーリング性、熱間性状の優れたものである。

4. む す び

以上製鉄技術のめざましい進歩によつて耐火物も非常なる進歩発展をとげてきたが、まだ十分に使用者に満足されるまでには至つておらず、なお解決すべき問題が多く残っている。

品質の改善はもとより、今後は窯の構造ならびに築造、補修等の検討、さらにレンガ形状の簡素化などの研究も必要と思われる。今後は耐火物の研究はより高度と成るものと思われ、今まで以上に使用者の協力をお願いすると同時に最近では以上のごとく高級原料の使用、高圧成形、高温度焼成等により耐火物製造技術も非常に高度化されるようになり使用者側の方々にも十分なるご理解を深めて戴きたいと思われる。