

# 砂かみの生成に関する二、三の考察

## Some Considerations on the Occurrence of Sand Marks

渡 辺 準 平\* 伊 藤 幸 雄\*  
Junpei Watanabe Yukio Ito

### 内 容 梗 概

鍛鋼品の廃却原因の一つに砂かみがあるが、この報告は日立製作所日立工場において最近発生した鍛鋼品の砂かみを抽出して分析し、その性状と起源について考察を加えたものである。分析の対象とした砂かみは製品の外部よりも内部に発生したものが多く、その組成は  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  系のもので炉内の還元スラグが間接的に影響していることがわかった。なお耐火材料としてはノズル煉瓦とその周辺のものについて研究の必要があることをあきらかにした。

### 〔I〕 緒 言

鍛鋼品が廃却になる原因は日本鍛鋼技術委員会によれば45種に分けられている。この中で製作工程の最終段階である機械加工の際に発見されて廃却の原因になるものに砂かみおよび砂きずがある。これらの述語はあいまいで混同されやすいが、前述の委員会で次のように定義している。

(1) 砂かみ：耐火材、スラグの鋼塊表面への融着物および肉眼的混入物

(2) 砂きず：肉眼的非金属介在物

(1) は肉眼的に見てあきらかに外部より混入したものであり、(2) は3段きず見試験による砂きず数値として格付けされている。これらのほかに清浄度として格付けされる顕微鏡的な非金属介在物があり、サンドとも呼ばれている。これはいかなる鋼塊にも不可避のものであり、鋼塊内に普遍的なもので廃却の原因になるほどの悪影響はない。(1) および(2) の発生原因については古くから多くの人々によつて研究つくされた感がある。すなわち(1) は耐火煉瓦、スラグまたは砂などが機械的に混入したものおよび熔鋼と耐火煉瓦の反応生成物いわゆるスカムの混入によるものとされており、(2) は脱酸生成物が凝集肥大して熔鋼内を浮遊上昇しえないうで捕捉され肉眼的な大きさになつて現れるとされている。しかし大きさによつては上述のようにはつきりと区別しえない場合もありうる。

この報告は日立製作所日立工場において最近発生した鍛鋼品の砂かみの性状を調査しその発生原因と生成の過程を考察したものである。その結果従来の文献を肯定するものもあるほか、その発生原因がまったく新しいものも発見されたもので、報告する次第である。

### 〔II〕 現 場 作 業

(1) 電 気 炉

調査の対象とした鋼塊はすべて塩基性電気炉で精錬さ

\* 日立製作所日立工場 水戸分工場

第1表 取鍋およびトラフ煉瓦の化学成分 (%)

試 料	材 質	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
取鍋および トラフ側壁	蛭石質	76.30	20.79	0.37	0.61	0.27
取鍋および トラフノズ ル受け	シャモット質	58.38	38.23	1.65	0.58	0.41

第2表 モルタルの化学成分 (%)

材 質	Ig. Loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
蛭石質	6.20	71.24	21.73	0.64	0.05	0.14
シャモット質	8.55	55.84	33.15	1.23	0.54	0.27

第3表 スラグの代表的成分 (%)

試 料	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ΣFeO	MnO	CaO	MgO
炉内スラグ (出鋼前)	18.14 ~24.94	0.18 ~2.72	1.03 ~2.36	0.15 ~0.65	35.97 ~64.33	3.35 ~17.85
取鍋スラグ (铸込後)	26.70 ~35.00	3.77 ~12.36	1.30 ~2.75	0.20 ~0.73	32.13 ~51.40	2.97 ~17.41

れたもので、鋼種は炭素鋼および特殊鋼で一定していない。電気炉の炉床はマグネシヤクリンカと苦汁をバインダとしてスタンプし、補修用としては焼ドロマイトを使用することを原則としている。

(2) 耐火材料および造塊法

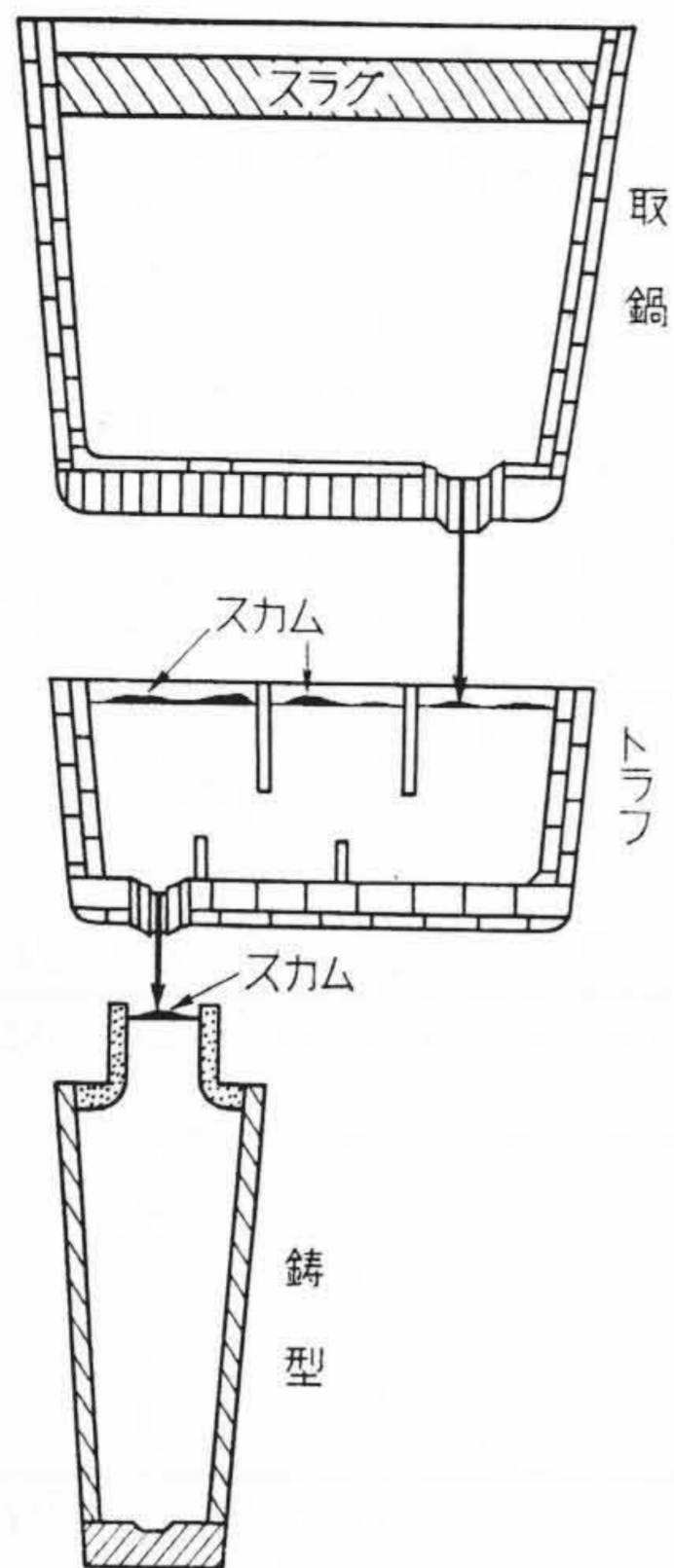
取鍋およびトラフの煉瓦と目地に使用するモルタルの化学成分を第1表および第2表に示す。またスラグの代表的成分を第3表に示す。

第1図は大型鋼塊の造塊作業の配置図であるが、10 t以下の鋼塊の場合にはトラフは使用しないで取鍋から直接铸型に铸込まれる。

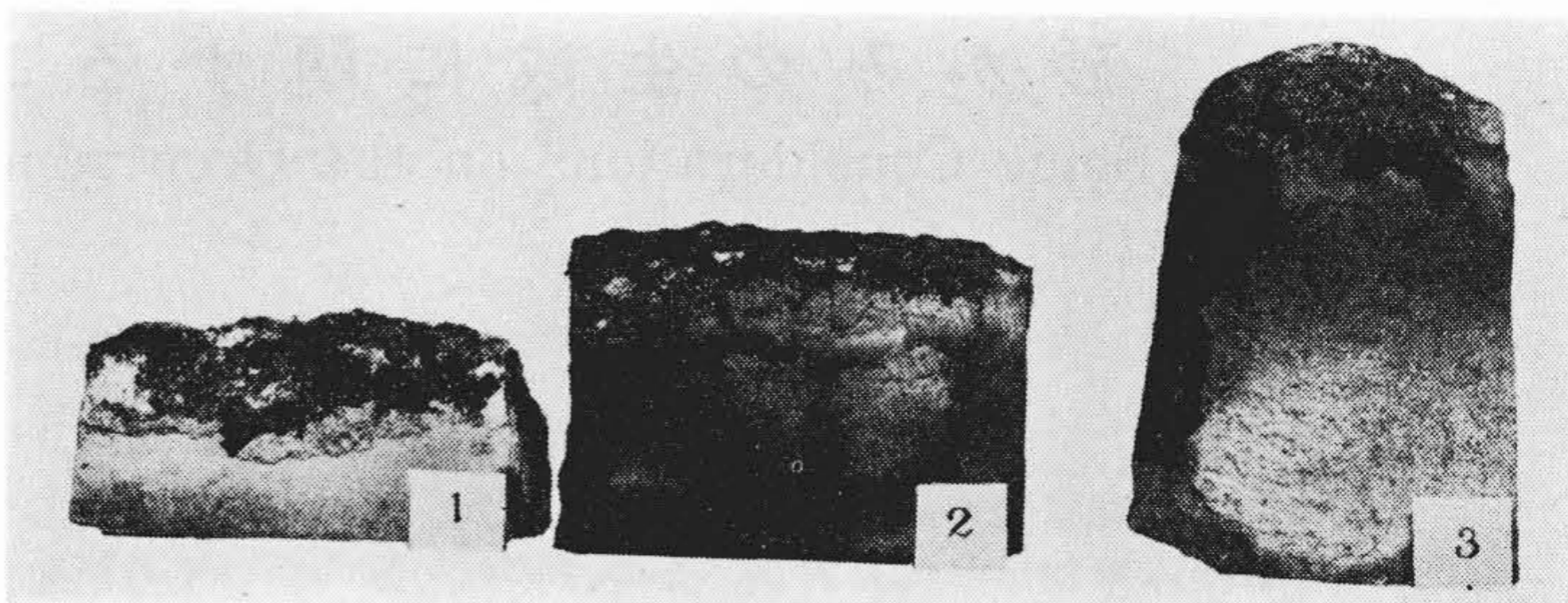
### 〔III〕 調査結果と考察

(1) 熔鋼表面のスカムおよび鋼塊表面の附着物について

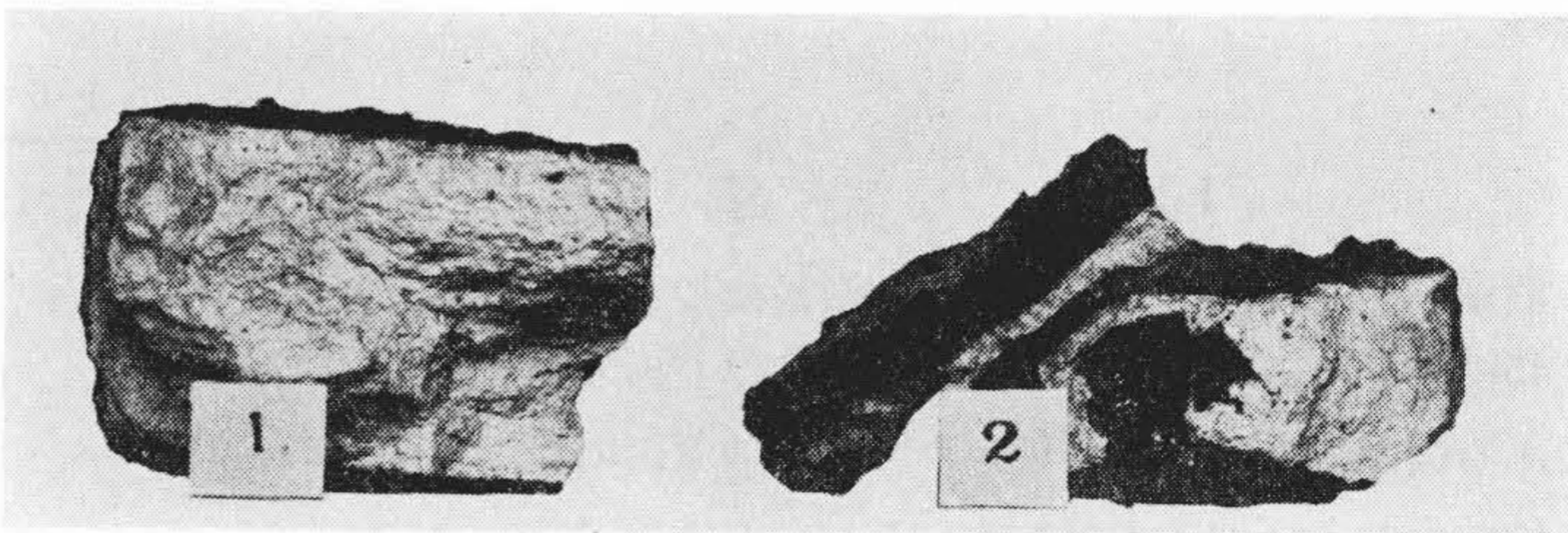
第4表は第1図の造塊方法によつて铸込作業中にトラフおよび铸型内の熔鋼表面のスカムを採取して分析したものである。トラフの場合は保温用の藁灰を一部除去し、铸型内では高さの2/3以上に上昇した熔鋼面に、尖端を適当に曲げた 10 mmφ 程度の丸棒を突込んでスカムを附着せしめた。なおいずれも採取時期はほぼ同時になるよ



第1図 造塊配置図



第2図 12回使用後の取鍋煉瓦  
1. 側壁 2. 底 3. ノズル受け



第3図 8回使用後のトラフ煉瓦  
1. 側壁 2. ノズル受け

第4表 トラフおよび鋼塊のスカムの化学成分 (%)

溶解番号	鋼種	試料番号*	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO
A-1	中炭素鋼	①	64.15	18.63	1.58	8.34	2.37	0.88
		②	48.40	14.33	5.17	18.83	1.49	1.68
A-2	NiCrMo鋼	①	35.20	4.13	1.72	1.06	34.29	19.93
		②	55.45	7.39	5.77	22.46	1.41	0.48
A-3	中炭素鋼	①	54.50	9.25	1.43	5.61	15.30	9.27
		②	45.72	17.48	5.81	21.14	1.43	1.74
B-2	NiCrMo鋼	①	75.52	3.70	1.18	7.38	3.29	3.58
		②	52.68	6.88	6.03	25.27	0.43	0.25
B-3	"	①	73.52	6.50	0.88	5.45	3.65	2.06
		②	47.36	10.07	6.03	31.30	0.51	0.34
C-5	中炭素鋼	①	66.11	14.37	0.90	9.97	2.73	1.19
		②	53.69	12.03	5.23	19.89	1.18	1.35
D-5	"	①	54.50	20.87	1.15	11.22	2.26	1.11
		②	45.26	10.12	7.16	34.32	0.64	0.56

\* ①はトラフ, ②は鋼塊スカムを示す。

うにした。

第4表の分析結果によると A-2 および A-3 のトラフのスカムを除いて主成分は SiO<sub>2</sub>, MnO および Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> である。いずれも第3表のスラグ成分よりも多量でとくに SiO<sub>2</sub> が激増している。またスラグ中に多い CaO は少量であり、第1表の煉瓦に含まれていない MnO を含有している。A-2 および A-3 のトラフのスカムはほかのものに比較して CaO および MnO の量が多いことが特長であり、トラフと鋼塊スカムでは CaO および MgO の含有量は前者が多く MnO は後者が多い傾向にある。

第5表 取鍋煉瓦の変質層の化学成分 (%)

試料	煉瓦質	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	融点(°C)
側壁	蛭石質	40.52	10.27	2.18	0.88	32.44	12.53	1,120
底	"	45.72	10.08	1.61	0.66	27.80	12.96	1,100
ノズル受け	シャモット質	43.02	10.04	2.35	1.99	28.46	12.17	1,100

第6表 トラフ煉瓦の変質層の化学成分 (%)

試料	煉瓦質	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	融点(°C)
側壁	蛭石質	61.72	15.74	2.66	6.36	3.69	1.41	1,250
ノズル受け	"	64.58	15.36	2.15	6.75	4.00	1.60	1,220

第2図および第3図は12回および8回使用後の取鍋およびトラフ煉瓦の状態を示したものである。煉瓦表面の変質層から試料を採取して分析した結果を第5表および第6表に示す。また参考のために採取試料よりゼーゲル錐を作り耐火度より求めた融点を示した。取鍋とトラフ煉瓦の変質層の大きい相違は CaO と MgO である。取鍋煉瓦は炉内の還元スラグを熔鋼とともに受け、鑄込中にはスラグの侵蝕を受けるので還元性スラグの附着、侵蝕により CaO および MgO が増加するが、トラフ煉瓦は普通は還元性スラグの影響は受けず熔鋼と少量のトラフのスカムにより侵蝕を受けるものと考えられる。

これらの変質層の組成からすればトラフのスカムは取鍋煉瓦の変質層の混入により CaO, MgO が多く存在し、鋼塊スカムはトラフ煉瓦の変質層の影響を受けてい

ることがわかる。変質層の熔融点は熔鋼温度よりも低く古い変質層は受鋼によつて熔融し新しい変質層が生成し、これを繰返して煉瓦は侵蝕されて行くものと考えられる。したがつて煉瓦の侵蝕は K. Oaeves 氏<sup>(1)</sup>、C. B. Post 氏<sup>(2)</sup>および塩谷周三氏<sup>(3)</sup>らのいう熔鋼中の遊離の MnO と煉瓦中の SiO<sub>2</sub> との反応と、前述した変質層の熔損、剥離とを合せて考慮すべきである。鋼塊のスカムの FeO の増加はノズルよりの熔鋼流および鑄込中の熔鋼表面の空気酸化が主なる原因と考えられる。反応生成物や変質層は取鍋およびトラフの中で比重差によつて熔鋼表面に大部分は浮揚するものと考えられるが、場所によつてはノズルを通してトラフおよび鑄型内にまで運ばれ、鑄込中に時間の経過とともに増加してくることはしばしば観察されることである。M.P. Fedock 氏<sup>(4)</sup>もトラフおよび鋼塊のスカムは取鍋の使用回数に比例して CaO および MgO が増加していることを示し、ノズルを中心として 18~22 in の半径以内のものが鑄込のときに熔鋼流に巻き込まれてトラフおよび鑄型中に入ることを Co の酸化物または窒化物をトレーサとして使用し確認している。

第7表はトラフを使用しないで取鍋より直接小型鋼塊に鑄込んだ場合に鋼塊表面の附着物を採取し分析した数例を示したものである。これによると鋼塊の鑄込の順序とスカムの化学成分の変化の間にはとくに相関があるとは思われない。鑄型内では熔鋼と煉瓦との反応は考えられないので第4表の①および②のいずれにも属さない性質のものであるが、熔解番号 61405 および 52987 は取鍋煉瓦の変質層の影響を受けて CaO、および MgO の含有量が多くとくに後者はその傾向が大きい。

取鍋およびトラフ煉瓦の中でノズル煉瓦の熔鋼による侵蝕生成物は完全にトラフおよび鑄型内に持ちこされ

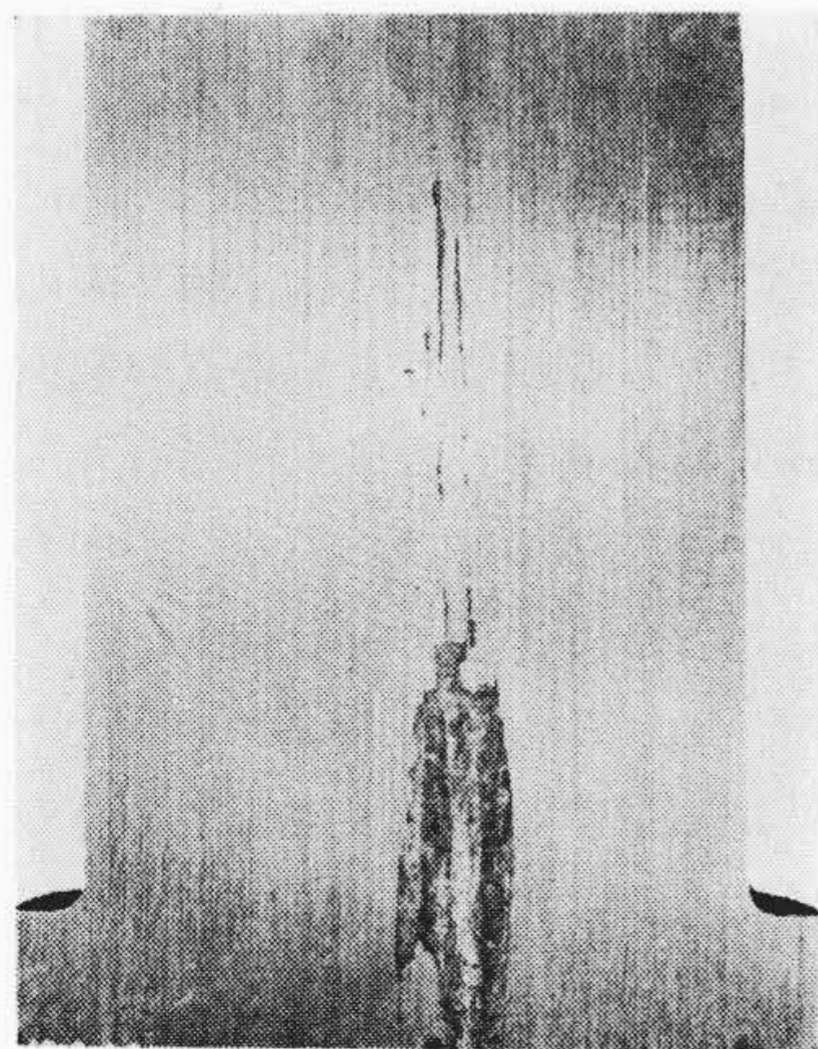
第7表 鋼塊の附着物の化学成分 (%)

熔解番号 (鋼種)	鋼塊の大きさ 鑄込順序	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO
61405 (中炭素鋼)	2t-1	44.31	19.30	2.40	19.64	7.47	2.50
	-2	43.67	23.85	2.70	17.13	5.43	2.15
	-3	47.58	18.63	2.27	20.64	2.08	1.01
	-4	43.96	20.74	2.95	20.58	4.93	2.00
71982 (中炭素鋼)	1.5t-1	54.92	16.52	4.30	17.94	2.54	1.42
	-2	47.48	26.77	3.25	16.05	2.24	2.17
	-3	54.39	13.53	3.80	16.80	0.79	0.74
	-4	48.82	19.50	2.73	16.34	2.01	1.68
	-5	46.21	20.24	4.76	24.31	3.05	0.33
	-6	46.06	23.76	3.20	16.40	1.42	1.46
	-7	49.29	14.57	1.98	20.98	1.03	0.38
52987 (高炭素鋼)	1.5t-1	22.82	11.05	14.63	8.21	15.20	25.23
	-2	16.92	5.63	7.53	3.40	43.90	18.68
	-3	22.54	5.18	6.60	3.16	59.39	9.40
	-4	19.36	3.47	2.43	1.35	60.19	10.77
61411 (中炭素鋼)	1.5t-1	50.75	17.27	2.65	20.40	1.78	1.18
	-2	52.79	12.19	1.69	25.17	1.41	0.71
	-3	50.22	20.24	3.38	20.11	1.31	1.29
	-4	52.57	10.34	1.92	20.54	0.84	0.39
	-5	51.31	8.74	1.61	23.82	0.78	0.25
	-6	54.36	10.76	2.25	22.96	1.50	0.38
	-7	48.51	22.96	3.22	20.69	1.50	1.69

第8表 ジャモット質ノズルの侵蝕

試番	料号	使用前 (mm)	使用后 (mm)	侵蝕量	
				直径 (mm)	容積 (cm <sup>3</sup> )
No. 1		26	32	6	118
No. 2		26	29	3	54
No. 3		26	30	4	84
No. 4		26	31	5	106

る。ノズルおよびノズル受煉瓦は1回ごとの取換えによりその侵蝕機構は K. Daeves 氏らの理論がそのまま適用されるものと考えられる。D. J. Carney 氏および E. C. Rudolphy 氏<sup>(5)</sup>は塩基性平炉鋼を 20 t の取鍋に受けて実験したところ、ノズル径 2 in のものが 2.5 in に拡大し



第4図 シャフト中心部キャビティに現れた砂かみ (No. 3)

第9表 鍛鋼品の内部に発生した砂かみの化学成分 (%)

試番	料号	鋼種	発生位置	鋼塊における位置	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO
No. 1		高炭素Cr鋼	シャフト中心部キャビティ	頂部	30.18	5.34	0.96	0.21	53.98	4.87
No. 2		中炭素鋼	"	"	39.48	6.63	0.68	0.49	37.80	12.51
No. 3		"	"	"	37.62	1.34	1.18	0.38	43.18	12.67
No. 4		NiCrMo鋼	シャフト内孔キャビティ	底部	39.68	4.96	2.94	1.99	43.25	4.74
No. 5		中炭素鋼	シャフトフランジ端面	"	41.30	12.46	1.91	tr	33.52	8.38
No. 6		NiCrMo鋼	シャフト中心部	頂部	20.20	5.00	4.82	tr	66.70	2.80
No. 7		中炭素鋼	輪材内孔周辺	底部	33.20	4.83	1.41	0.45	49.82	4.94
No. 8		"	"	頂部	43.22	5.38	6.88	17.50	16.12	2.01
No. 9		"	"	底部	21.00	1.02	2.28	2.11	14.89	56.80



第5図 シャフトフランジ端面に現れた砂かみ (No. 5)



第6図 輪材内孔周辺に現れた砂かみ (No. 9)

15 in<sup>3</sup> の容積が侵蝕されたことを報告している。第8表は自家の塩基性電気炉で中炭素鋼 1.5 t の鋼塊を7本铸込んだ場合のシャモット系ノズルの侵蝕量を示したものである。侵蝕容積は表面が一様に侵蝕されたものとして計算より求めた。ノズル、ノズル受煉瓦およびその周辺は铸込のときにもつともはげしい条件で侵蝕を受けその生成物は完全にトラフおよび铸型中に入ると考えなければならぬ。

#### (2) 鍛鋼品の内部に発生した砂かみについて

第9表は機械切削中に鍛鋼品の内部に現れた砂かみを抽出し分析した結果を示す。第4～6図は試料 No. 3, No. 5 および No. 9 の砂かみの状況を示したものである。これらのうち No. 1～4 は取鍋より铸型に直接铸込み、No. 5～9 は第1図に示す方法で铸込まれたもので発生位置から二つの群に分けられる。すなわち鋼塊の頂部の中心のキャビティ内の No. 1～3 および底部のブローホール内に現れた No. 4 と鋼塊の凝固組織の欠陥部以外のところに点在して全体として一つの集団をなしている No. 5～9 の2群である。なお鋼塊における位置については一定の傾向を示していない。これらはいずれも CaO および MgO の含有量が多く従来砂かみあるいは砂きずの組成として報告されている Si<sub>2</sub>O-MnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系のものとはまったく趣きを異にしている。

K. Daevs 氏は24個の砂かみの分析を行つた結果、主として CaO の含有量によつて二つの群に分け、CaO を多く含む群はつぎの成分範囲のもので、これらの半数は鋼塊のキャビティから採取されたことを報告している。

30～40% SiO<sub>2</sub>, 7～17% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 32～42% CaO, 5～10% MgO, 0～2% Fe, 2～7% Mn (1) において論及した鋼塊のスカムおよびトラフ煉瓦の変質層の化学成分の

第10表 炉床およびスラグラインの表面層の化学成分 (%)

試料	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO
炉床	17.88	4.24	7.43	2.58	16.93	48.58
スラグライン	24.60	1.78	2.92	0.45	12.42	57.90

関連性から考えると第9表のように CaO, MgO の多いものが鋼塊内にまで運ばれるということについては疑問の余地がある。しかし第9表の CaO および MgO の源泉は使用されるすべての煉瓦および熔鋼中には求められない。換言すれば炉床材料、還元性スラグおよび取鍋、トラフ煉瓦の変質層以外には源泉はあり得ない。しかしこれらの中でどれがどのような経路で第9表の砂かみとなつて現れたかということについてはこの報告では確言できない。

第10表は 20 t 塩基性電気炉の炉床およびスラグラインの表面層の分析結果である。これによるとマグネシヤクリンカで築造した炉床も炉内の還元性スラグのために CaO および SiO<sub>2</sub> などを含み変質している。第9表の No. 9 はこれに酷似しており、熔鋼よりも熔融点の高いこの成分のものは炉床から熔損剥離した後も浮揚しきらないで砂かみとなつたのではないかと思われる。炉内の還元性スラグは出鋼時に熔鋼に巻き込まれる機会があるが、V. A. Grigoryan 氏 および A. M. Samarin 氏<sup>(6)</sup> は Ca<sup>45</sup> を用いた高周波電気炉における実験で出鋼時の還元性スラグによる汚染はないことを指摘している。

取鍋およびトラフのノズル附近の変質層の熔損剥離したものはトラフおよび铸型内でどのような挙動をするのであろうか。第9表の結果から考えると、とくに造塊中のように熔鋼が動的な動き方をしているトラフおよび铸

型内では、従来報告されてきた比重差による浮揚を簡単に容認することができない。このことについてはさらに流体力学的な実験を行うことにより解明されるのではないかと思う。

元来砂かみは機械加工中に製品の外周表面に出現するのが一般的であるが、第9表に示す砂かみはスカムが鑄込中に外周でかぶさりの中に巻き込まれたり、浮揚中に凝固時の柱状品に捕捉されるような機構ではなく、熔鋼流とともに鑄型中に奥深く入ったものが鋼塊中心部近辺で最後まで浮揚する機会を得なかつたものであろう。すなわち鋼塊内の中心部は最後に凝固する部分であり、熔鋼の粘性も増加しており浮揚し得ない砂かみはそこに点在したり、キャビティ内に集積するものと考えられる。

〔IV〕 結 言

造塊時に発生するスカム、鋼塊肌の附着物、煉瓦の変質層および鍛鋼品の機械加工のときに現れた砂かみを抽出して分析し、砂かみの性状と生成の原因および発生機構と経路について二、三の考察を加えた。

すなわち従来砂かみあるいは砂きずと称されるものは鍛鋼品の表面を機械切削中に現れるものが多く、その組成は  $\text{SiO}_2$  および  $\text{MnO}$  を主成分とするもので、これは煉瓦と熔鋼との化学的な侵蝕機構による反応生成物であるスカムが鋼塊の外皮に巻き込まれたものとされている。しかし本報告で述べた鍛鋼品内部の砂かみは  $\text{CaO}$  および  $\text{MgO}$  に特長があり、取鍋およびトラフを何回か使用する現状では還元性スラグによる煉瓦の変質層の熔損、剥離を考慮の対象に入れる必要がある。また砂かみの源泉は熔鋼中を比重差により浮揚するというのも、取鍋、トラフおよび鑄型内における熔鋼の動き方に対する流体力学的な解明を必要とする。

終りに臨みいろいろ御指導を賜つた日立製作所日立工

## 日立モートルの評判は

どこへ行つても絶対です。



日立モートルは各方面に於ける愛用者の方々へのゆきとどいたサービスと共に独特の一貫作業により安心して使つて頂ける力の強いそして寿命の永い優秀品であります

日立モートルの生産高と販売高がモートル界の第一位にある事によつてもその評判はおわかりでしょう！



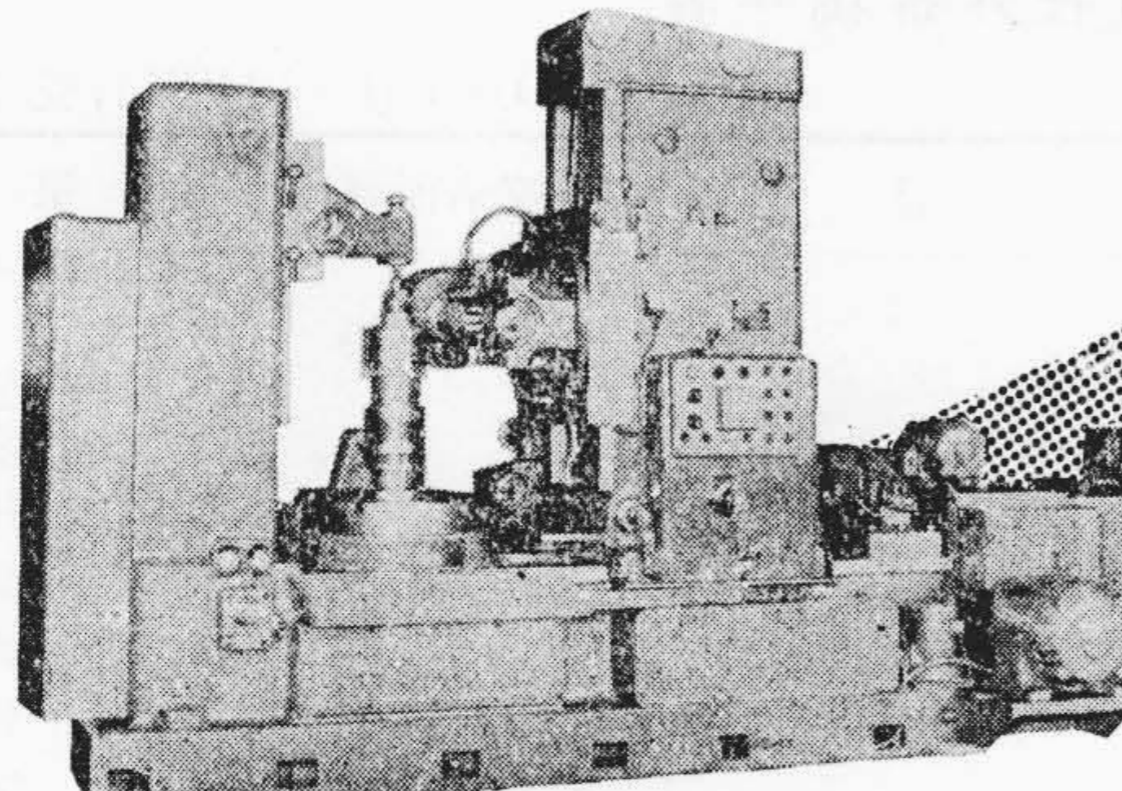
日立製作所


場水戸分工場竹入課長、磯野好治氏ならびに試料の採取に協力された現場各位に対し深厚なる感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) K. Daeves: Stahl u. Eisen 52 1,162 (1932)
- (2) C. B. Post & G. V. Luerssen: Journal of Metals Jan. (1949) 15
- (3) 塩谷周三: 鉄と鋼 34 (1948)
- (4) M.P. Fedock: Journal of Metals Fed. (1954) 125
- (5) D. J. Corneg & E. C. Rudolph: Journal of Metals Dec. (1954) 1,391
- (6) V. A. Grigoryan & A. M. Samarin: Izvest. Acad. Nauk. S.S.S.R. Otdel. Tack. Nauk. 1954 No. 3. P.P. 91~101

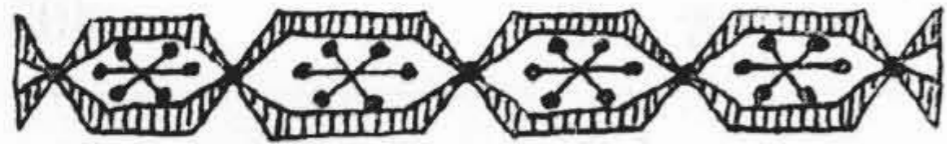
## 強力・高精度を誇る





# 日立800耗 木7"盤

日立製作所



特許第223433号

鈴木 繁好・西岡 博  
大和 利丸・居駒 恒雄

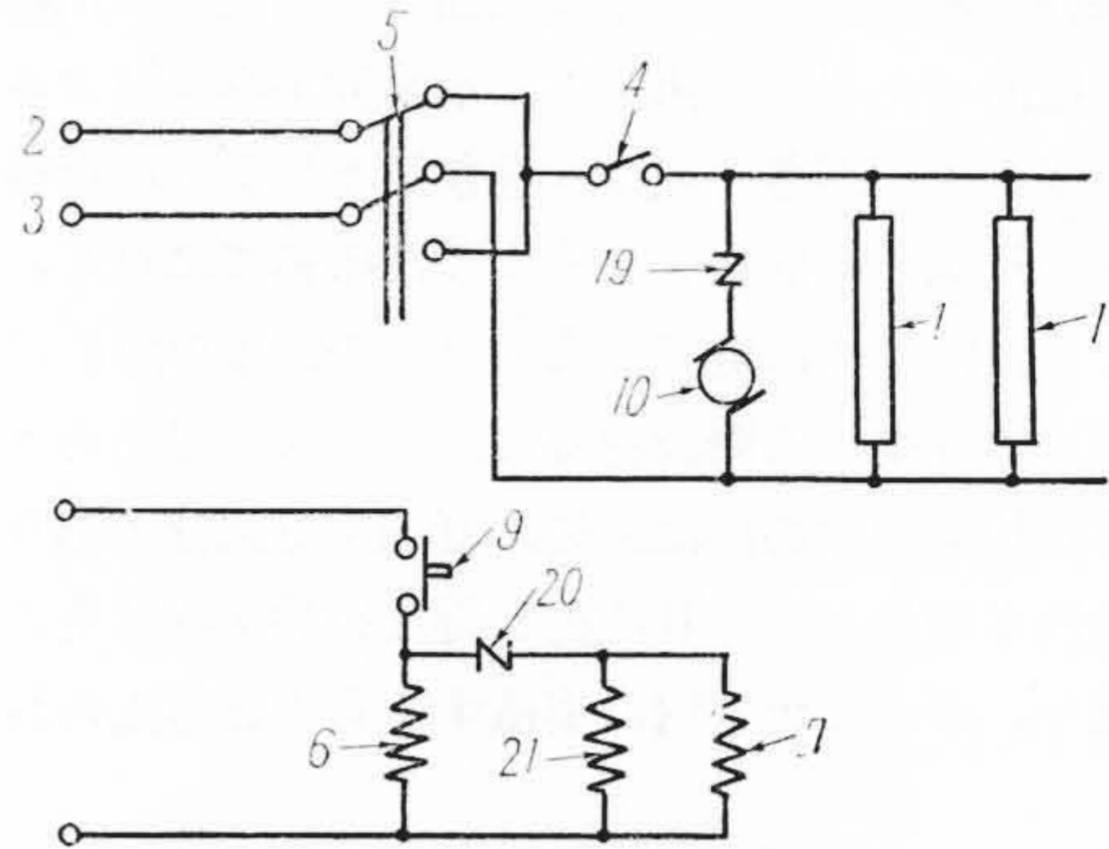
直流蛍光灯転極装置

電車などで蛍光灯を直流点灯する場合同一極性で長時間点灯すると蛍光灯に減光現象がおこるので、ときどき極性転換を行う必要がある。従来蛍光灯回路にもうけた転極スイッチを電車のパンタグラフ下げ用電磁弁または方向転極装置と運動させて自動的に転極を行わせることが考えられているが、実際にはかならずしも適当な時間間隔で転極が行われるとはかぎらず、たとえば車輪入換などのため短時間に2回パンタグラフをさげたり方向転換を行ったりすると一度転極したしちふたび前の極性に戻り、同一極性で長時間点灯されるおそれがある。

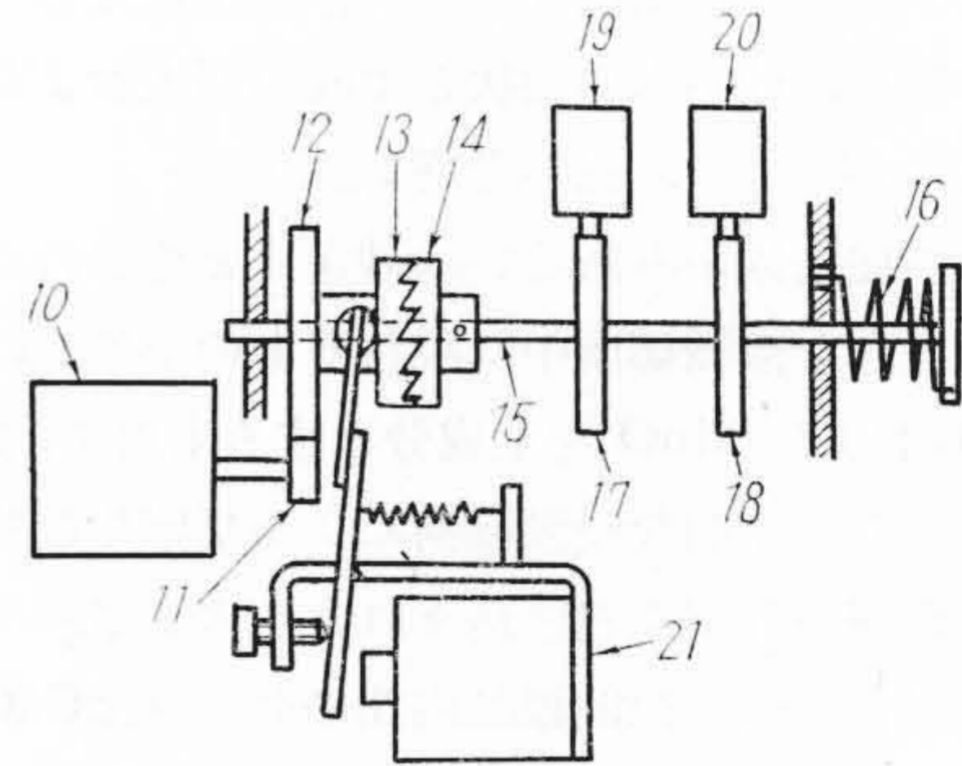
この発明は上記欠点を除くため蛍光灯の点灯時間を積算して一定時間に達したとき接点を閉じ蛍光灯の転極と同時に始動位置に復帰するようなタイムスイッチを併用して一度転極したのち点灯時間がある一定時間を超えなければつぎの転極が行われないようにしたものである。

第2図および第3図はタイムスイッチの構造の一例を示すもので、電動機10に第1図に示すように蛍光灯1と並列に点滅スイッチ4、転極スイッチ5を通じて電源2、3に接続され、点滅スイッチ4をとじて蛍光灯1を点灯すると同時に電動機10が起動し、その回転は減速歯車11、12 およびクラッチ13、14を介して軸15につたわり、点灯時間に比例してカム17、18を回転させる。かくして点灯時間の積算値が、ある一定値Tに達したとき転極スイッチ操作回路に接続された接点20がカム18によつて閉じられ、一方電動機10の回路に接続された接点19がカム17によつて開かれ、電動機10が停止する。この状態で押ボタン9を押せばパンタグラフ下げ用電磁弁6の動作と同時に、接点20を通じて操作コイル7が附勢され、転極スイッチ5が動作して蛍光灯の転極が行われる。同時に電磁石21の附勢によつてクラッチ13、14がはずされ、カム17、18はバネ16の作用で始動位置に復帰し、以下おなじ動作を繰返すもので、一度転極したのち点灯時間が一定時間に達するまでは押ボタン9を押しても転極は行われない。

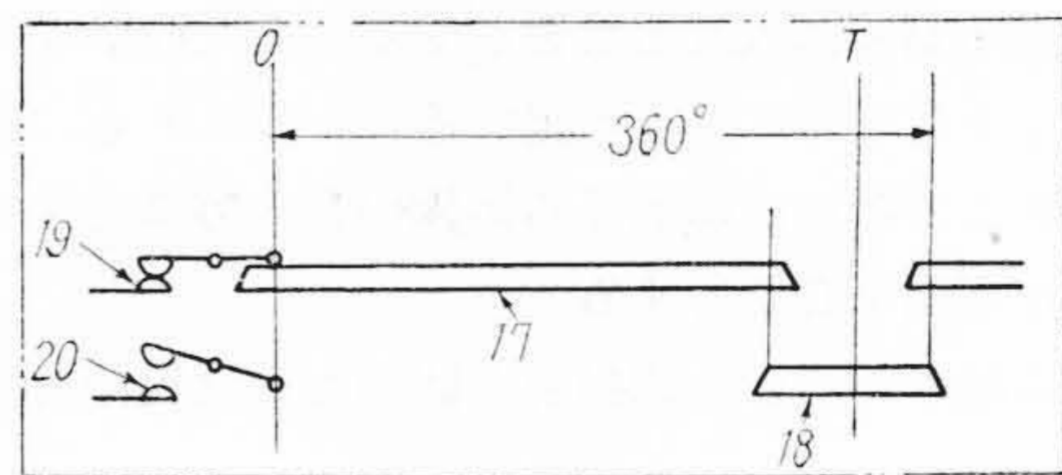
したがつて転極のサイクルはタイムスイッチの設定時間を最短として、最長は上記設定時間とパンタグラフを一度さげてからつぎにさげるまでの点灯時間の和になり、はじめに述べたように蛍光灯が同一極性で長時間点灯され減光現象を生ずることが防止される。(坂本)



第1図



第2図



第3図

日立電線株式会社社員社外寄稿一覧

(昭和31年10月1日~12月31日受付分)

寄稿先	題	目	執筆者所属	執筆者
精機学会	WCダイスの放電加工		電線工場	久本方 柿本公 福田重 渡辺茂 渡辺靖 間瀬喜 山路賢 山路賢 永野宏
電線工業会	PVC絶縁高電圧ケーブル		電線工場	渡辺茂 渡辺靖 間瀬喜 山路賢 山路賢 永野宏
電線工業会	エナメル線の耐熱評価		電線工場	山路賢 山路賢 永野宏
日刊工業新聞社	最近の電気機器用電線の種類と性能からみた適正使用法		電線工場	山路賢 山路賢 永野宏
アグネ出版社	アルミ純度の迅速判定法		電線工場	山路賢 山路賢 永野宏
アグネ出版社	アルミの花		電線工場	山路賢 山路賢 永野宏
日刊工業新聞社	ラジオアイソトープの電線への応用		電線工場	山路賢 山路賢 永野宏