

鐵 と 鋼 第十六年 第六號

昭和五年六月二十五日發行

論 說

鎔 鑛 爐 羽 口 の 研 究

(昭和 5 年 4 月 4 日受理)

平 川 良 彦

目 次	
I	緒 論
II	羽口の破損數と休風時間
III	羽口破損の状態
IV	羽口破損の原因
V	アルミニウム製羽口使用の動機
VI	アルミニウム製羽口の製造法 (1) 鎔解爐 (2) 乾燥爐 (3) 鑄造法 (4) 鑄造溫度 (5) 硬度 (6) 工費
VII	アルミニウム製羽口の使用試験

VIII	アルミニウム製羽口と銅製羽口との耐久力比較試験
IX	羽口の材質試験とアルミニウム製羽口の耐久力
X	羽口破損の豫防法 (1) 羽口の破損と鎔鑛爐の内形 (2) 羽口の破損と鎔鑛爐の原料 (3) 羽口の破損と給水量
XI	羽口の設計法
XII	結 論

I 緒 論

製鐵所に於ける鎔鑛爐作業は爐の内形や裝入方法等に改良を加へ實際操業上に於ける研究と、研究室に於ける學術的研究等と相俟つて鎔鑛爐内の真相を明かにする事が出來、従つて最近は一定の法則に依り爐内總べての故障を未然に防ぎ得る様になつて居るので、250 噸鎔鑛爐と稱せられて居た第 4 鎔鑛爐の如きは昭和 3 年度の年間 1 日平均出銑量 356 噸に達し昭和 4 年度も又殆んど同様の成績にて冬期好況時に於ては 1 日出銑量 400 噸以上にも達し、其實績に於て歐米の最も良い成績の鎔鑛爐に比し、出銑量の點に於ても又質の點に於ても殆んど遜色無い迄になり、殊に平爐滓裝入後は爐況の安定を増加し、平時に於ては操業上最早や何等の心配も無いのであるが、唯羽口破損の一事に於ては如何ともする事が出來ず、鎔鑛爐が古くなればなるほど又急速操業をやればやるほど羽口の破損數を増加するので、我が國の如くソフトコーク即ち軟骸炭を使用して急速操業をやつて居る鎔鑛爐では羽口破損の防止は殆んど不可能であると信ぜられて居たのである。御承知の通り羽口の破損取替は必ず休風するので、羽口自身の損害のみならず、循環水は爐内に浸入して爐底を冷却せしめ稀には其破損部に熔銑が流入して爆發等の危険を伴ひ、加ふるに休風より起る損害は非常なもので米國あたり

では休風 1 分間に 1 弗以上の損害を受くるとまで言はれて居るのである。羽口の破損取替には必ず休風を要し、所要時間 10—40 分、時には 1 時間もかかる事があるので、只今では銻鑛爐の操業上唯一の困難とされて居るのである。それで歐米に於ても種々研究されて居るのであるが今日迄羽口破損の原因に就て具體的に説明して居る文献は絶無と言つても過言ではない。従つて豫防方法等の研究に於ても唯羽口の製作方法並に其形状等の研究に止まり、其根本問題である破損原因の除去方法即ち銻鑛爐の操業方法には全く觸れて居ないのである。然るに著者は多年の間、銻鑛爐の研究と關聯して羽口の研究をやり、其破損状態より研究して羽口破損の原因を明かにする事が出来、現在世界各國何れも銻鑛爐の羽口は銅製に限られて居るにも不拘、著者はアルミニウムの特性を利用して羽口の製作方法を研究し、殆んど不可能とせられて居た金型での鑄造に成功し、實際銻鑛爐に使用試験の結果銅製羽口に比し其耐久力遙に大なる事を知る事が出来、加ふるに破損の原因を除去する方法即ち銻鑛爐の操業方法に依りて羽口の破損を完全に防ぎ得る事を知る事が出来たから、此等の研究に就て順次述べる積りである。

II 羽口の破損數と休風時間

前にも述べし通り銻鑛爐に於て急速操業をやればやるほど又銻鑛爐が古くなればなるほど羽口の破損數は増加するので、殊に軟質骸炭を使用して急速操業をやつて居る銻鑛爐例へば製鐵所並に鞍山製鐵所に於ける羽口の破損數は非常なものであつて第 1、第 2、第 3、第 4、第 5、第 6 等の諸表に示せる通り最近數年間に亘り製鐵所の銻鑛爐に於ては年間 5.5—6 基操業して、昭和元年度を除きては何れも年間破損數合計 1,000 個以上に達し、殊に昭和 2 年度の如きは其破損數實に 1,760 個に達して居るのである。又鞍山製鐵所に於ても僅かに 2 基の銻鑛爐を操業して居るにも不拘昭和 2 年度は

第 1 表 大正 14 年度 羽口破損數

月別	爐別							計
	個數	I	II	III	IV	V	VI	
4	1	0	15	5	3	修繕中	24	
5	2	10	4	36	31	〃	83	
6	2	16	46	60	27	〃	151	
7	1	10	47	88	31	〃	180	
8	4	6	20	9	30	〃	69	
9	1	15	21	33	51	〃	121	
10	5	19	52	99	103	4	282	
11	4	1	25	44	39	1	110	
12	2	8	6	8	106	4	134	
1	5	10	13	32	44	1	105	
2	1	3	13	17	40	2	76	
3	0	2	8	30	52	1	93	
計	28	100	270	457	561	13	1,428	
破損取換へ 1 本當り所要時間分		27	24	19	17	17	11	平均 18分

第 2 表 昭和元年度 羽口破損數

月別	爐別						計	
	個數	I	II	III	IV	V		VI
4	1	9	5	7	16	1	39	
5	2	28	23	修繕中	23	2	78	
6	4	26	10	〃	31	4	75	
7	4	11	15	〃	13	3	46	
8	1	5	14	〃	15	0	35	
9	1	14	15	〃	18	19	67	
10	3	25	15	〃	45	22	110	
11	0	9	3	1	24	4	41	
12	1	8	9	6	3	3	31	
1	1	4	4	2	4	10	25	
2	3	10	6	6	13	6	44	
3	2	13	11	5	34	28	93	
計	23	162	130	27	239	102	683	
破損取換へ 1 本當り所要時間分		58	29	26	15	12	18	平均 21分

第 3 表 昭和 2 年度 羽口破損數

月別	爐別						計	
	個數	I	II	III	IV	V		VI
4		2	30	22	2	49	8	113
5		0	45	34	3	40	21	143
6		0	18	77	3	16	12	126
7		1	17	10	6	47	12	93
8		3	37	修繕中	5	43	102	190
9		6	28	〃	1	61	87	183
10		1	62	〃	6	74	82	225
11		2	37	〃	6	86	107	238
12		9	24	〃	1	87	77	198
1		3	24	2	6	25	41	101
2		1	40	5	5	14	17	82
3		1	8	1	2	33	23	68
計		29	370	151	46	575	589	1,760
破損取換へ 1 本當り所要時間分		41	15	15	22	12	12	平均 14分

第 4 表 昭和 3 年度 羽口破損數

月別	爐別						計	
	個數	I	II	III	IV	V		VI
4		2	9	7	10	25	17	70
5		2	12	0	1	18	25	58
6		1	14	1	3	22	27	68
7		2	19	5	4	63	37	130
8		0	0	1	5	18	25	49
9		1	3	2	0	30	49	85
10		1	0	2	8	40	9	60
11		2	4	3	8	71	31	119
12		1	4	4	10	64	42	125
1		1	3	7	11	12	24	58
2		0	0	18	9	27	39	93
3		1	1	17	13	32	29	93
計		14	69	67	82	422	354	1,008
破損取換へ 1 本當り所要時間分		30	16	19	22	15	13	平均 16分

第 5 表 昭和 4 年度 羽口破損數

月別	爐別						計	
	個數	I	II	III	IV	V		VI
4		2	0	6	7	45	20	80
5		5	0	7	23	61	24	120
6		0	0	5	25	3	14	47
7		1	0	0	22	15	20	58
8		8	0	7	13	13	3	45
9								
10								
11								
12								
1								
2								
3								
計		16	0	25	90	137	81	350
破損取換へ 1 本當り所要時間分		44		17	19	16	10	平均 17分

第 6 表 鞍山製鐵所 羽口破損數

月別	昭和 2 年度			昭和 3 年度			
	個數	I	II	計	I	II	計
4		60	50	110	14	15	29
5		36	55	91	18	13	31
6		59	36	95	6	2	8
7		25	22	47	15	4	19
8		9	33	47	8	11	19
9		13	26	39	21	3	24
10		10	27	38	31	2	33
11		14	24	38	16	10	26
12		28	34	62	18	9	27
1		45	23	68	37	9	46
2		19	8	27			
3		21	27	48			
計		339	371	710	198	78	276
破損取換へ 1 本當り所要時間分		24	27	平均 25.5分	18	72?	平均 45分?

年間其破損數合計 710 個に達し、昭和 3 年度は非常に減じて 10 ヶ月間に 276 個になつて居るのであるが、其でも尙ほ破損の割合は製鐵所の場合と殆んど同様であつて、兩所の破損状態等から考へてもソフトコークを使用して急速操業をやつて居る鎔鑛爐では、羽口破損の防止は殆んど不可能であると信ぜられて居たのも又無理ではないのである。羽口破損取替の場合は必ず休風してやるので其所要時間は爐況や設備等に依り大差があり、製鐵所に於ては表に示せる通り、1 個當り平均 17 分間内外を要し、非常に多く破損する時は 2 個も 3 個も同時に取替る事があるので、従つて 1 個當り平均所要時間は短くなるわけである。鞍山製鐵所に於ては 1 個當り約 25 分間内外を要して居るのである。製鐵所に於て大正 14 年度から昭和 3 年度に至る迄最近 4 年間の年間平均破損數は 1,220 個であるから羽口自身の損害は別として、休風時間からの損害だけで、年間 4 萬圓以上に達するわけである。

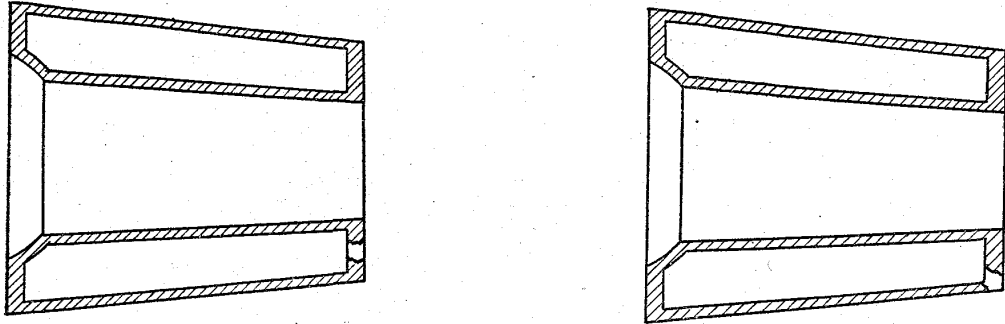
III 羽口破損の狀態

今日迄鑄鐵爐に使用する羽口は各國何れも銅製であつて羽口破損の具合は一種獨特の狀態を呈しスローワーク即ち緩操業の場合半年とか1年とか、兎に角、其使用期間長期に亘るものは稀れには尖端の質が漸次脆くなるか又は薄くなり小さきクラック狀を呈して破損し、其部分から水が浸出するのであるが、斯の如き場合は製鐵所に於ては殆んど絶無で1,000個に對し1個も無い位で普通の場合破損の99%位否殆んど總べてが羽口尖端の下部2吋位迄の間に限られ、第1圖竝に第1、第2、第3寫眞等に示せる通り、恰も蟲でも食つた様に小徑の孔が開くのである。羽口用材の種類竝に羽口循環水量の多少等に依り破損部の内徑と外徑とに大差を生じ、羽口用材の肉の厚さ大なるものほど、又熱傳導率の小なるものほど破損部の内徑が小さく外徑が大となる傾きがあるのであつて、第1圖に於ける1、2、3、4等は夫々破損狀態の特徴を示したわけで、此等の特徴が非常に面白い點である。殊に面白い事は尖端の肉が厚い場合には第1圖4の中央に示せる通り破損部が途中で止まつて居る事である、第3寫眞は銅製羽口とアルミニウム製羽口の破損狀態を擴大して示したので、アルミニウム製の場合には破損部の内徑は銅製の場合より遙かに小さく、外徑は遙かに大なる事を明かに認め得るのである。而して第1寫眞竝に第2寫眞に示せる通り破損部は銑が附着し居る場合が多く稀れには銑にて充たされ居る場合がある。

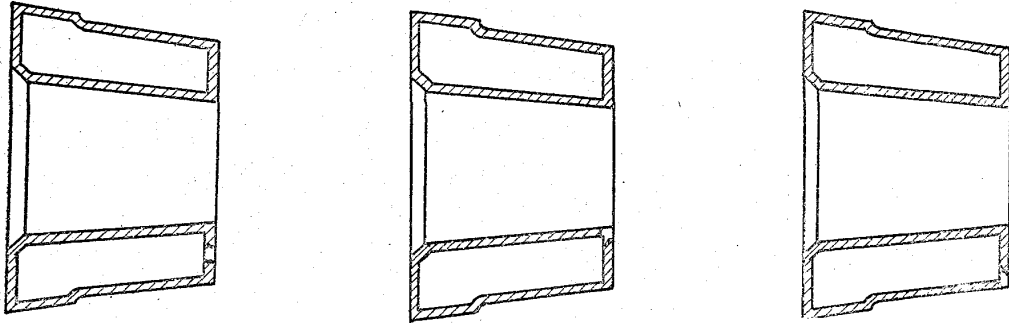
IV 羽口破損の原因

今日迄10數年來鑄鐵爐操業と關聯して研究の結果羽口の破損は裝入物中に粉末狀のもの多く、鑄滓の流動悪くして爐内冷え氣味、即ち主として爐況悪しき場合に起り結局は局部的ローガング即ち生鑄降りの爲めである事を確むる事が出來たのである。夫で局部的生鑄降りが起ると、第12圖Aに示せる通り一時羽口の層に熔銑の停滯を來たし、其熔銑が羽口尖端の金屬に接觸し局部的にスーパーヒートされて破損するのであつて、熔滓が如何に接觸しても破損する事は決してないのである。例へば鑄滓羽口より熔滓のみ流出する間は決して破損の患ひ無きも一度熔銑の流出に會ふや直に破損するのである。又爐況悪しき場合風壓を下げるか、休風すると爐内の熔滓は直に羽口内に流出して來るので、斯かる場合には破損せざるも、一度熔銑の流出を伴ふや、熔滓羽口の場合と同様、羽口は直に破損するのを見ても明かである。何故熔滓が觸れても破損しないかと言ふに、熔滓は羽口の金屬に觸れて冷却されると直に一部凝固して表皮を生じ、其部分は熱の傳導率非常に悪しくなり、局部的にスーパーヒートされる事が無いからである。第12圖Aに示せる通り、熔銑が羽口の尖端に接觸する場合には其部分は局部的にスーパーヒートされ、従つて局部的に循環水の溫度は高くなり、先づエヤーバツブル即ち空氣泡を生じ、次にスチームバツブル即ち蒸氣泡を生じ氣泡は連續發生し、氣泡發生の部分は冷却されず、加ふるに鑄鐵爐内の熱源は殆んど無限に近い譯けであるから、熔銑より傳導す

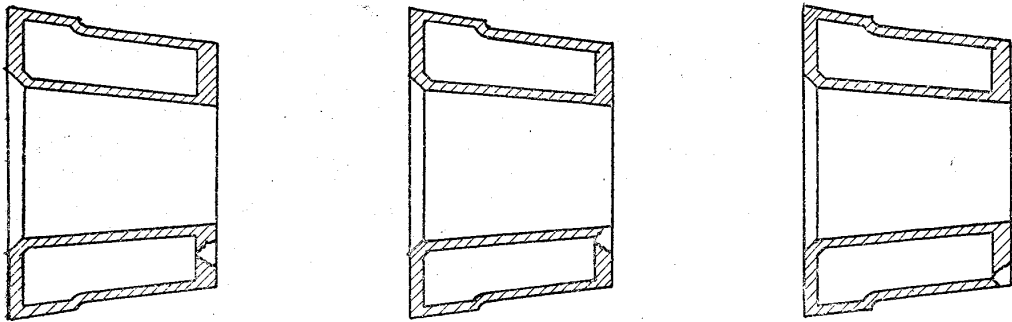
第1圖 羽口破損状態



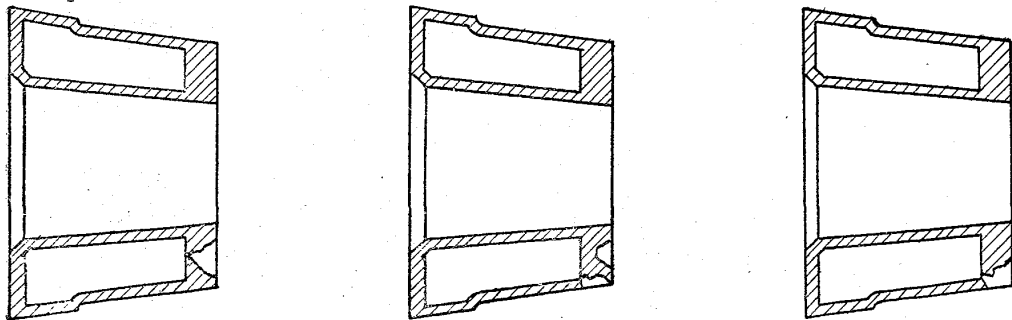
1. 羽口内の冷却水多き場合 (銅鑄物)



2. 銅板製の場合

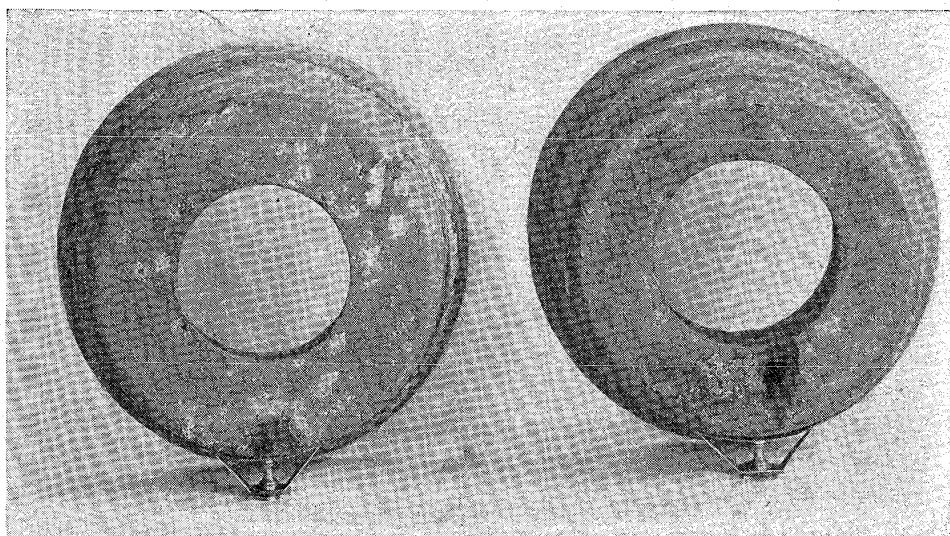


3. 銅鑄物にて肉厚き場合



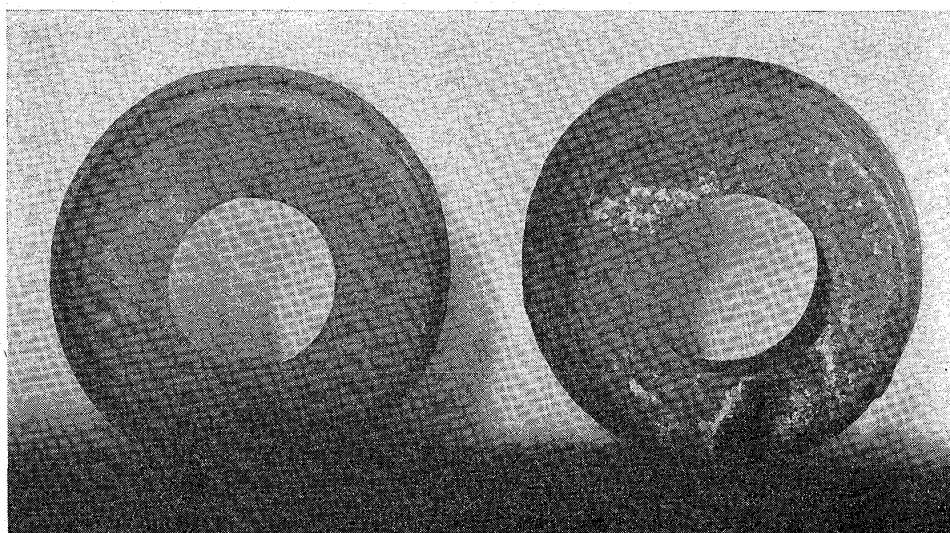
4. アルミニウムにて肉厚き場合

第1寫眞 銅製羽口の破損状態



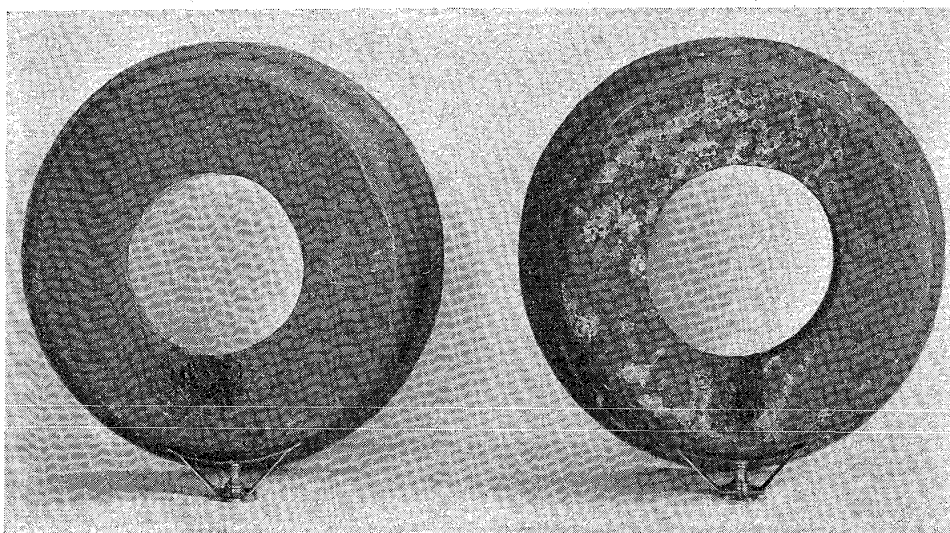
a. (口径 130 mm)

b. (口径 140 mm)



c. (口径 130 mm)

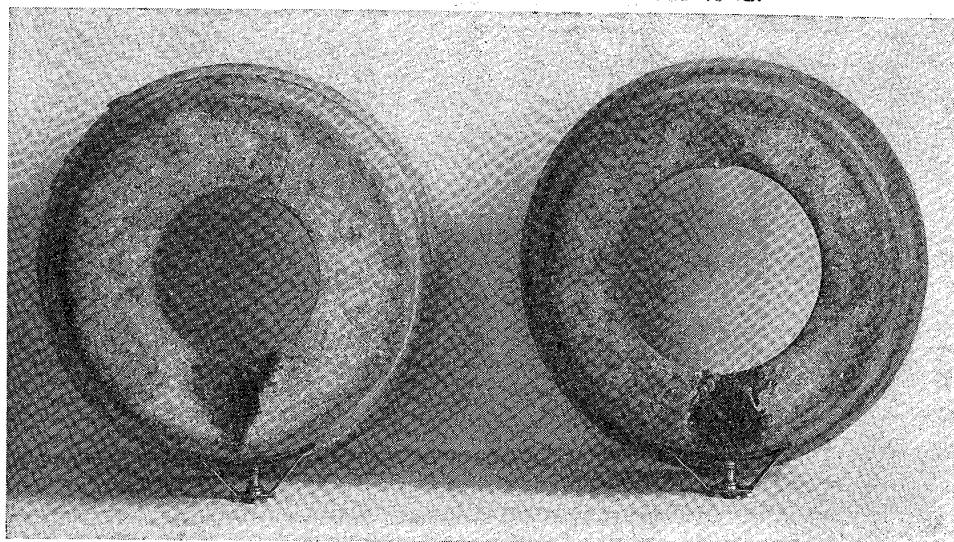
d. (口径 140 mm)



e. (口径 130 mm)

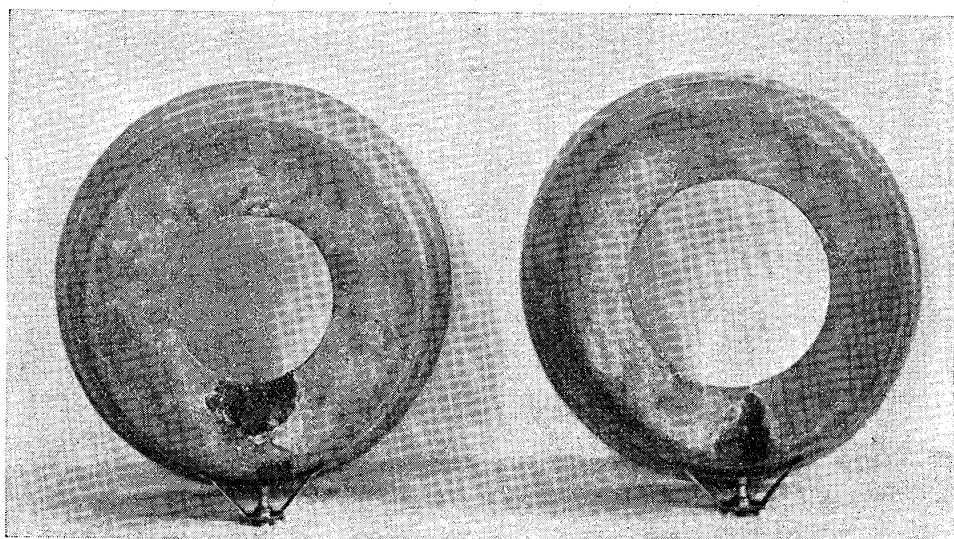
f. (口径 140 mm)

第2寫眞 アルミニウム羽口の破損状態



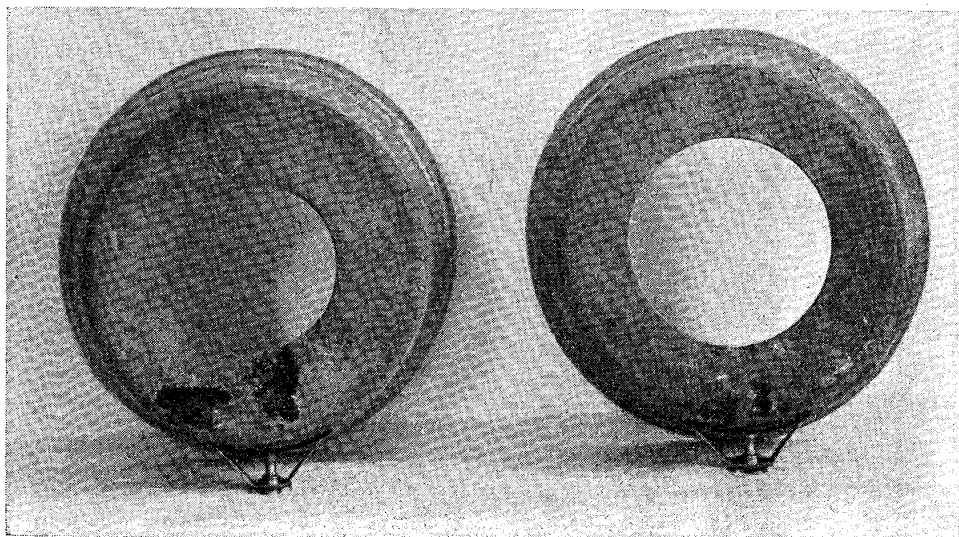
g. (口径 130 mm)

h. (口径 160 mm)



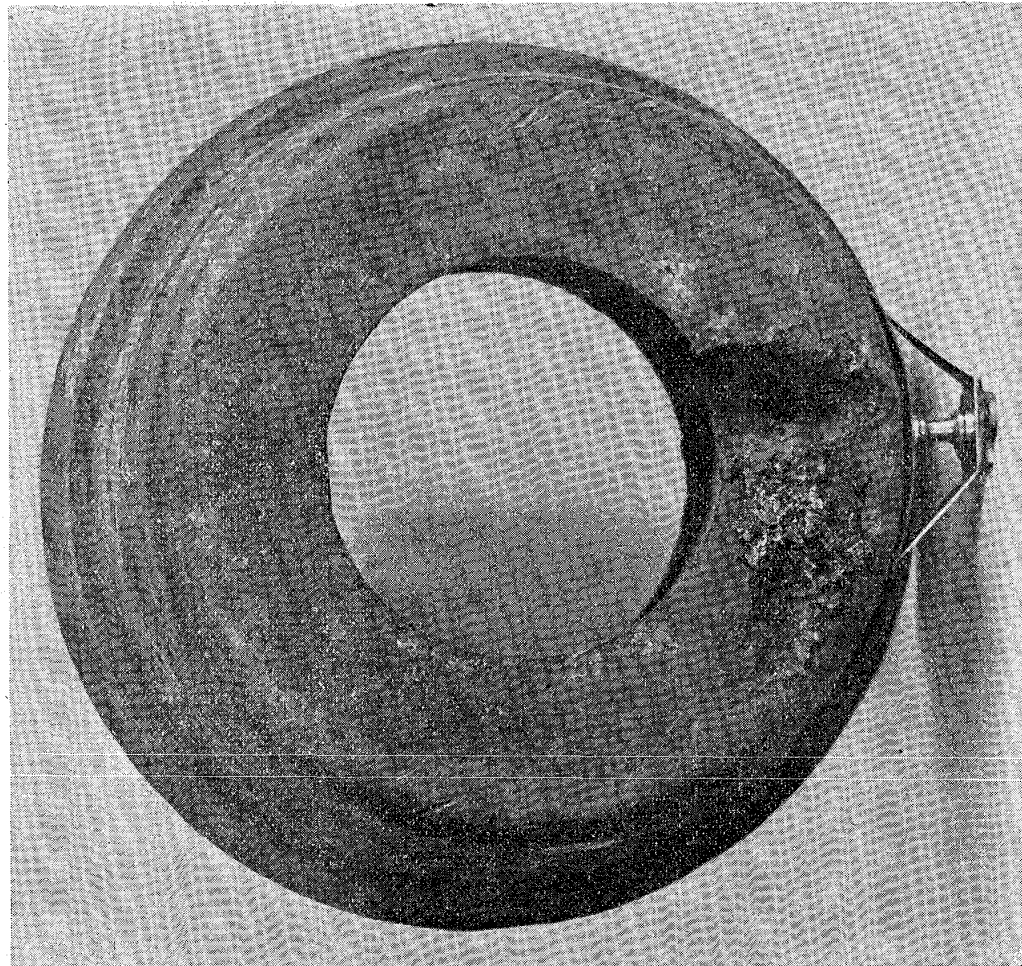
i. (口径 130 mm)

j. (口径 160 mm)

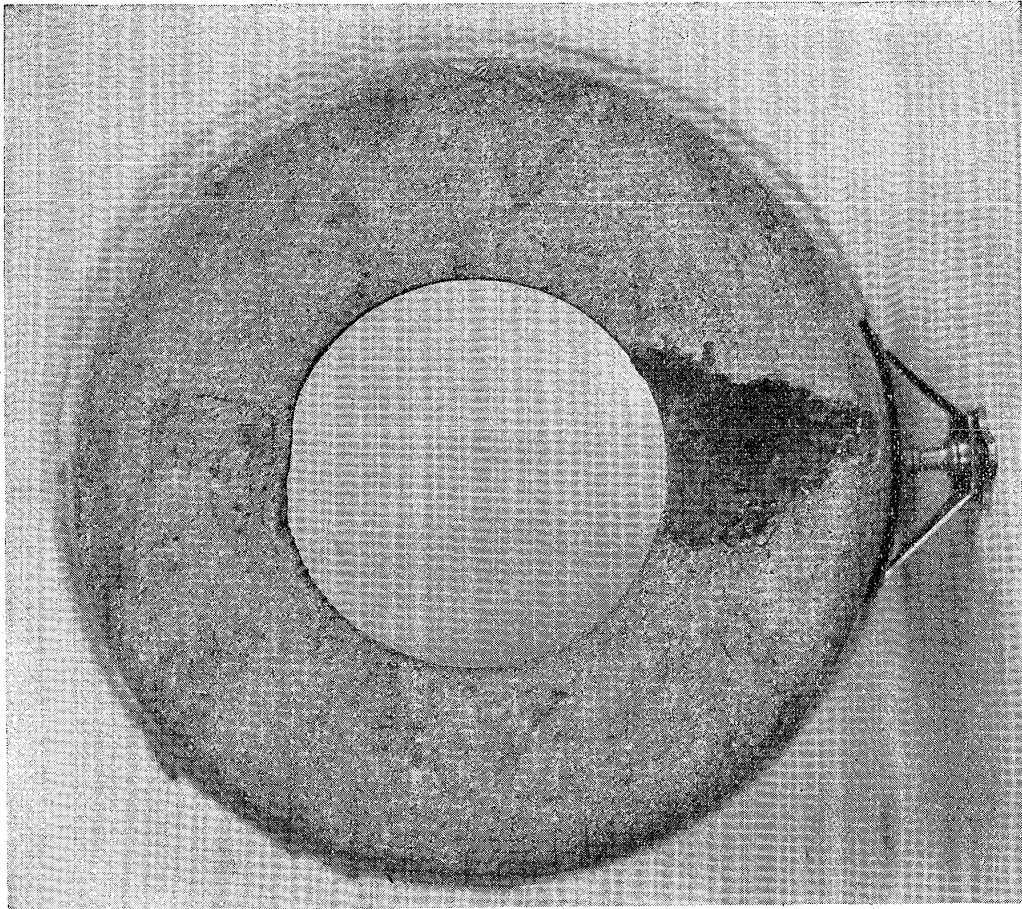


k. (口径 130 mm)

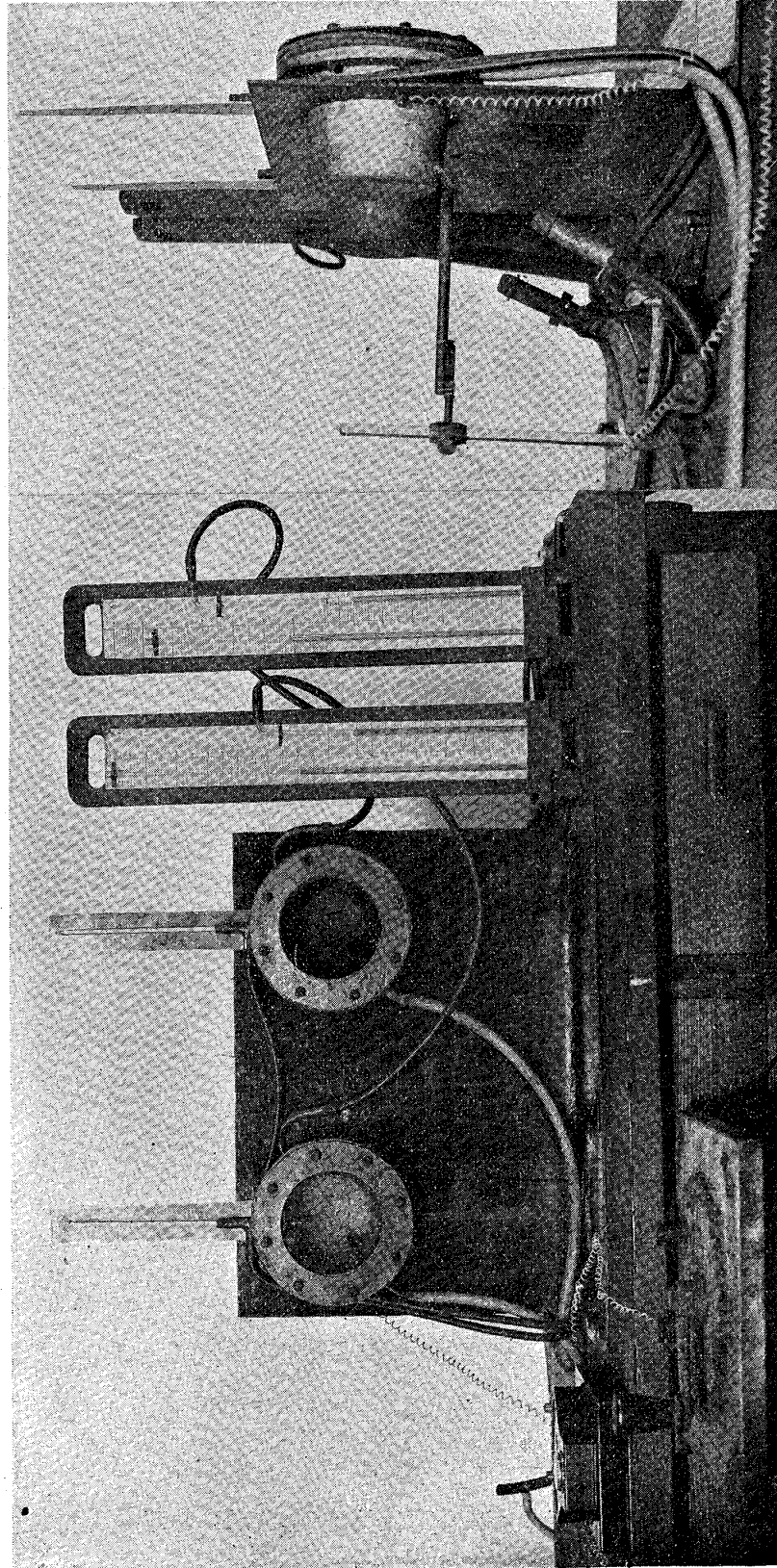
l. (口径 160 mm)



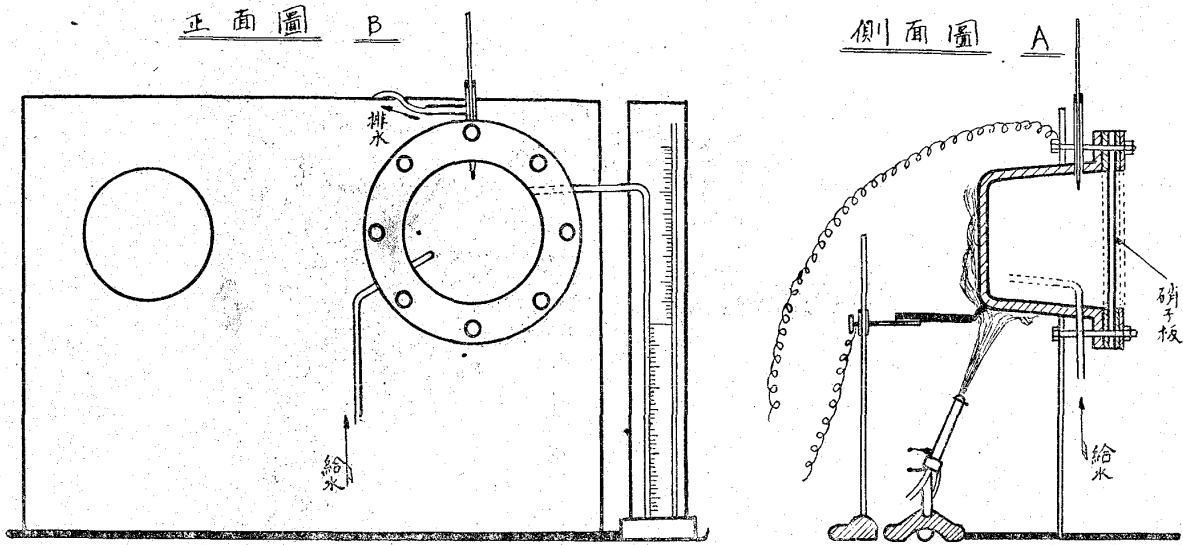
銅 製 羽 口
(第 1 寫眞 b を 擴 大 せ る も の)



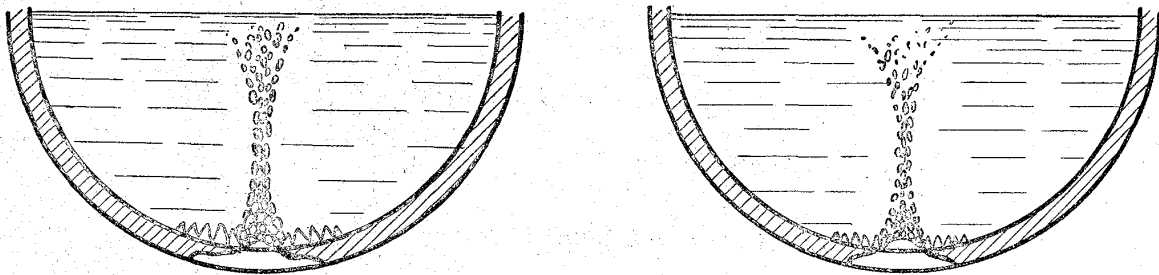
ア ル ミ ニ ム 製 羽 口
(第 2 寫眞 g を 擴 大 せ る も の)



第 4 寫眞 眞 羽口破損の原因研究装置



第 2 圖 羽口破損の原因研究装置



A. アルミニウム製の場合

B. 銅製の場合

第 3 圖 シューパーヒートされ居る部分の気泡発生状態圖

る熱量は、遂に羽口用材の溶解點に達し、最高温度のスペース即ち部分の中央部より溶解して小徑の孔が明くのであると考へる。夫で此の考へを確むる爲めに第 2 圖並に第 4 寫眞に示せる通り、厚さ 10 mm の銅製羽口とアルミニウム製羽口とを鑄造し、前面を硝子板として銻鑛爐の通りに水を循環せしめ、尖端下部よりブンゼンバーナーにて全體を熱し、カーボンのエレクトリックアークか又はブンゼンバーナーにて空氣を増し、尖端下部の一局部に吹き付けてシューパーヒートすると、第 3 圖に示せる通り排水温度が約 45°C 位より小さき氣泡を發生し、温度が上昇するほど氣泡の發生を増加し、排水温度 60°C に達すると、シューパーヒートされ居る部分より氣泡は盛んに連續して發生し、其周圍には大型の氣泡附着し、小さき氣泡は内面全部に附着し、60°C 以上になると氣泡の連續發生する場所は第 3 圖 A. B. に示せる通りシューパーヒートされ居る場所の中央部は遂に氣泡のフィルム即ち膜にて蔽はれる事を知る事が出來、殊に面白い事は第 3 圖 A. B. に示せる通り氣泡の大きさには差があり、アルミニウム製の場合が大であり氣泡の膜にて蔽はれるスペースはかへつて小である。此の現象は主として熱傳導率の關係から起るのであつて、熱の傳導率大なる銅製の場合には熱の傳導速

く従つて循環水の温度高くなり、スーパーヒートされる部分の水はアルミニウムの場合より速く熱せられて上昇し、従つて気泡は小さく、例へ浮力が小なる場合でも良く発生上昇して気泡の膜にて蔽はれるスペースは大きくなるのである。以上述べし通り気泡の膜にて蔽はれし場所だけが冷却されず熔解破損するのである。例へ熔解点高き金属でもスーパーヒートされ居る場合は熱の傳導大なるものほどかへつて速やかに熔解破損する譯けである。即ち爐況により熔銑が接觸してスーパーヒートされて居る間は気泡は連続発生するので、従つて何等かの方法にて羽口の層に熔銑の停滯を絶無ならしむるか、又は爐内の温度以上の熔解点を有するものにて製作せざる限り、鎔鑛爐羽口の破損を完全に防ぎ得る事は不可能であると言つても良い譯けである。

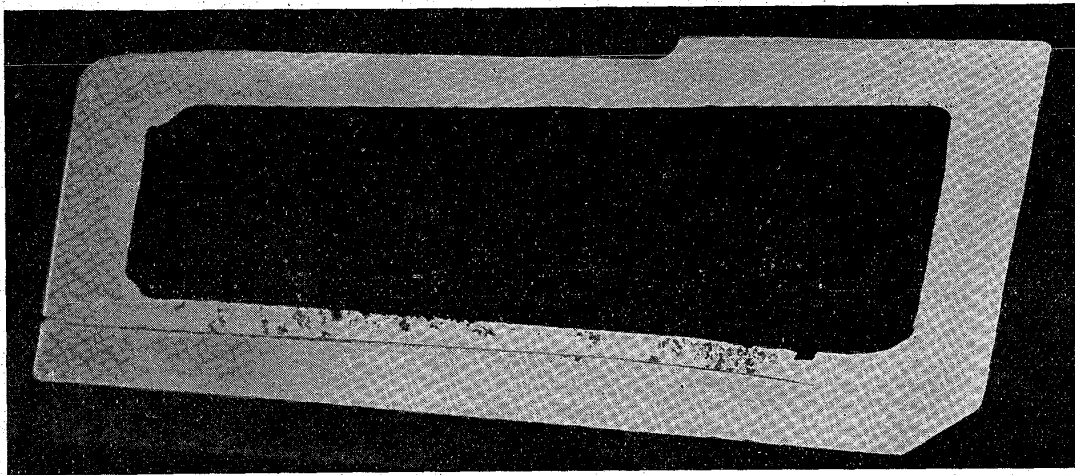
V アルミニウム製羽口使用の動機

製鐵所に於ける各工場の擴張と共に淡水に缺乏を來たし、去る大正 8 年 6 月 26 日より鎔鑛爐の冷却水に海水を使用する様になり冷却管が何れも鐵管であつたので其腐蝕著しく、研究の結果海水には鉛管が最も強いので目下總べて鉛管を使用して居るのであるが、鉛管は熔解点が非常に低くきにも不拘鎔鑛爐の冷却管は出銑口の上部とか、或は鑛滓羽口の上部とか其他時と場合に據りては非常な高熱にさらされるわけであるから使用前豫備試験として高壓の水を通せる鉛管を骸炭上に置き、衝風を送りて燃焼せしめ、金棒の熔解する位迄熱しても鉛管は決して熔解せざる事實を知り、加ふるに羽口は破損の場合必ず水を満たして取り替へねばならないので、銅製羽口は重くて取扱ひが非常に困難である所から、軽いアルミニウムにて羽口を製作しては如何にとの提案者もあつたのであるが、何しろアルミニウムは銅に比し熔解点が非常に低く銅は $1,083^{\circ}\text{C}$ なるにアルミニウムは 658°C であつて、熱の傳導率の點から言ふても銅の方が遙かに大で、従つて冷却率も銅の方が遙かに優つて居るのであるから、鎔鑛爐内最高温度の場所に突出せしむべき通常羽口としてアルミニウム製羽口を使用すると言ふ事は一般に夢想だもせざりし所であつて、現場の監督者諸君は勿論職工諸氏に至る迄其使用には絶對反對であつたのである。夫れは若し急激に羽口が大破して其中に熔銑が流入する時は一大爆發を起す事があるからである。然るに何故著者がアルミニウム製羽口に興味を有して製作の研究を始め、夫を使用して見る氣になつたかと言ふと、前述の通り熔銑の接觸によりスーパーヒートされて水の循環する内壁に生ずるバツブル即ち気泡を成るべく速くウォーターカーレトにて除去する爲には、羽口内壁の質を密にし且つ其面を滑かにすれば良いので、水の循環する内面を滑かにする事が羽口破損を防ぐ主要条件の一つであるとの考へを持つて居たのである。夫で銅製羽口の場合に於ても鑄造をやめ銅板か又はハンマーにて打ち延ばして作つて見たいと考へ種々工夫したけれども製作が非常に困難であつて困まつて居たのである。然るにアルミニウムにて羽口を鑄造して其鑄放しの面を見るに銅製羽口の場合と異なり、銀色を呈し而も水の循環する内面には土砂など全く附着せず非常に滑らかであつて、之が危険をも顧みず著者がアルミニウム製羽口の製作並に使用の研究を開始し

た理由である。

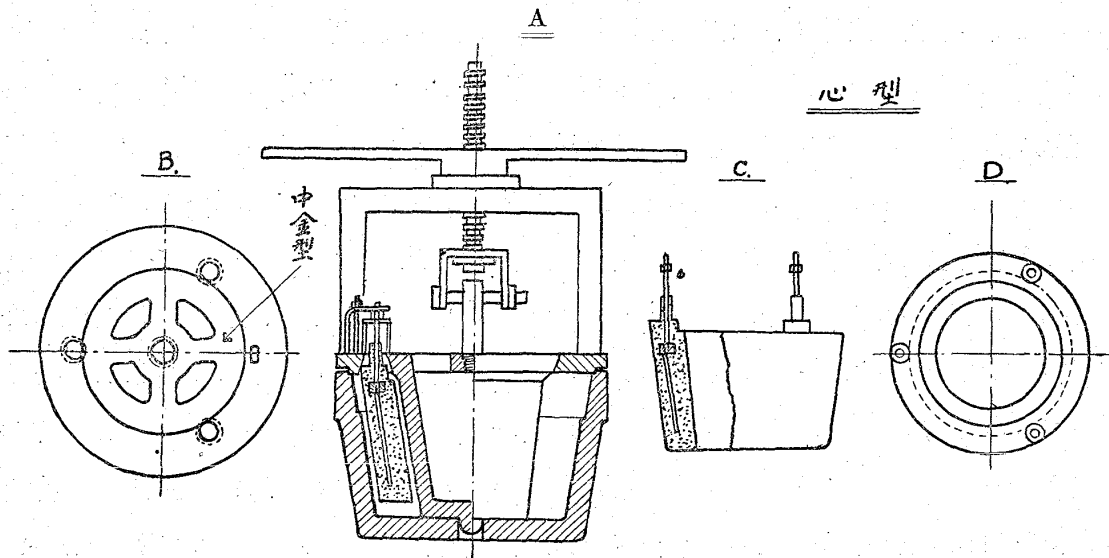
VI アルミニウム製羽口の製造法

アルミニウム製羽口の製作は困難であつて初めは砂型で鑄造したのであるが、アルミニウムの収縮率は非常に大であつて銅の 1.5 倍鑄鐵の 2 倍にも達し加ふるに其製品は多孔性なものが出来、殊に衝風の通過する内面の中央部は全周に亘り、非常に多孔性で水壓試験の際恰も如露と同様水は其



第 5 寫眞 肉の一部にブリッキ製圓筒を鑄込みしアルミニウム製羽口の断面

全周より無数の細線状となりて放出されるので止むを得ずハンマーにて其表面を敲き漸く水壓に耐へしめる事が出来たのである。夫で其質を密にする爲めに、先づ外型のみを鑄鐵製とし、次に中型をも鑄鐵製として試験した處が前述の通りアルミニウムは鑄鐵より収縮率が非常に大であるから、凝固すると同時に羽口の尖端にクラック即ち割れ目を生じ、どうしても完全なものを鑄造する事が出来なかつたのである。銅も又鐵より収縮率が遙かに大であるから今日迄羽口鑄造用として金型の使用が



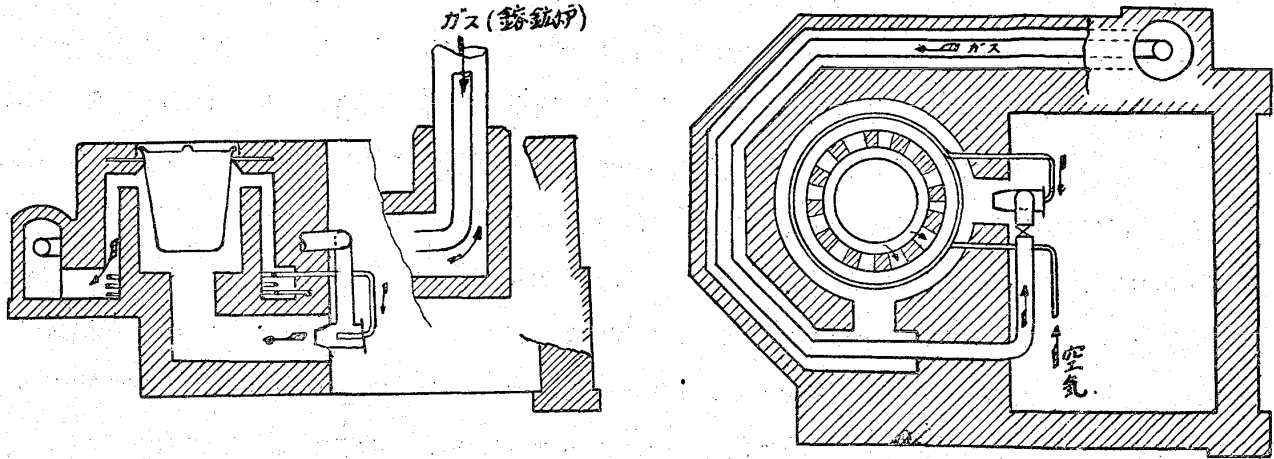
第 4 圖 羽口鑄造用金型

絶對不可能と稱せられて居た所以であると考へて居る。夫で中型は止むを得ず砂型を使用し、肉の中に薄き鐵板製の圓筒を鑄込んで見たのであるが、アルミニウムと鐵板とは肌離れを生じて使用に耐へなかつたので、今度は第 5 寫眞に示せる通りブリキ板製の圓筒を鑄込んで見た處がアルミニウムと錫とは良く合金を造るので肌離れ等もやらず、水壓試験にも耐ふる様になり、何等の心配も無い様になつたのである。然るに製作上手敷を要するのみならず、鎔鑛爐の爐況悪しき場合風壓を下げるか休風して熔滓や熔銑が急に羽口内に流出して來ると、アルミニウムとブリキ板とは肌離れを生じ大破する傾きがあるので、鐵板等を鑄込まず唯羽口の質を密にし、其内面を滑らかにする目的で全部金型にして見たいものと考え、種々苦心研究した結果第 4 圖に示せる通りの金型を使用し、鑄造に際し、注入メタルが收縮し始むると同時にハンドルにて中金型を上方に抜き取る様にして熔解金屬の收縮を自由ならしむる積りであつたが、實際に於ては中金型を抜き取る時期を知る事が困難であつて、従つて少しでも時期を失すると中金型の抜き取り方は非常に困難になり直に割れ目を生じ、又は抜き取る時期が少しでも早すぎると凝固せず型無しに成るので、10 中 8, 9 迄は失敗に終つたのである。其後第 4 圖 B に示せる通り中金型を空洞にして 4 個の覗き孔を設け、注入されし熔解金屬に依る中金型内壁の焼け色工合を見て中金型を抜き取る時期、即ち熔解金屬が凝固する時期を知る様にして見たのであるが、アルミニウムの熔解點は 658°C で鑄造溫度は 800°C 以下であるから焼け色具合は殆んど不明でどうしても適當な時期を知る事が出来なかつたのである。夫で熔解金屬の鑄入後金型の上部カバー即ち蓋の冷却速度は中金型の冷却速度より速く、従つて蓋は中金型より速く收縮する理けである。御承知の通り金屬の收縮力は非常に大であるから、此蓋の收縮力を利用して中金型の抜き取り方を便ならしむる爲め、第 4 圖 A に示せる通り蓋と中金型との接觸面を急斜狀の圓錐形面に依りて相接觸せしめ、中金型には油又は油と黒鉛との混合液を塗りに鑄造すると、油は直に瓦斯狀となり黒鉛にて沁り易くなり、蓋の收縮力は其接觸面に依り中金型の上部に對し楔的に働き、注入金屬の凝固し始むると同時に中金型は漸次浮き上り、従つて注入金屬は自由に收縮し得るので、割れ目など決して生ずる恐れ無く始めて金型での鑄造に完全に成功する事が出来たのである。

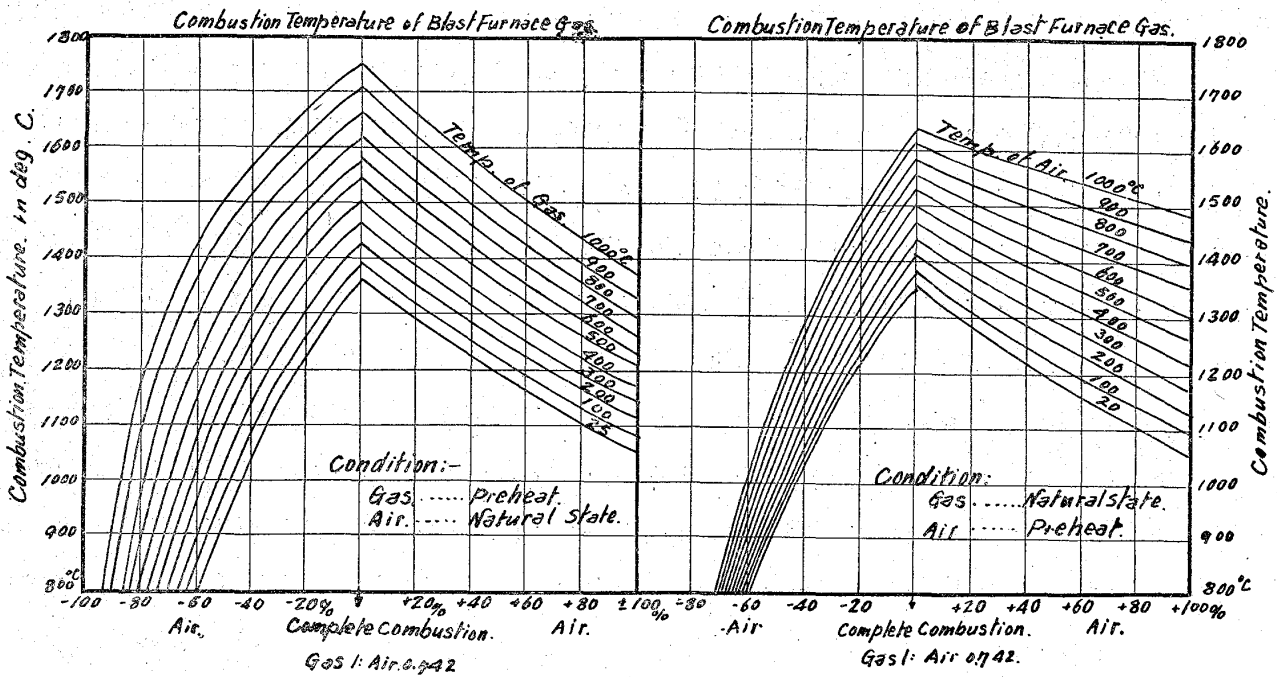
(1) 熔解爐 アルミニウムは銅に比し熔解點が非常に低いので初めは耐火煉瓦にて極く簡単な圓筒形の豎爐を築造し、燃料には骸炭を使用して、燃焼は自然ドラフトによらしめ、熔解鍋は鐵板を熔接して製造せしものを使用して居たのであるが、少し熱を上げ過ぎると熔解鍋の下部は急に酸化し、スケールの發生甚しく直に熔解破損するので粘土水などを塗り使用して見たのであるが、使用回数早きは 2—3 回、長きも 14—15 回を出でざる有様で、此點に就て大變困まつて居たのである。夫で燃料として鎔鑛爐瓦斯を試用して見たのである。御承知の通り鎔鑛爐瓦斯は諸瓦斯に比し其發熱量非常に少なく 1m^3 約 850 Cal で發生爐瓦斯の約 $1/2$ 、骸炭爐瓦斯の約 $1/5$ 位であるが、第 5 圖竝に第 6、第 7 圖等に示せる通り空氣と瓦斯とを豫熱して燃焼せしむると、燃焼溫度も發熱量も可なり増加するのであるから、第 8 圖に示せる通り、耐火煉瓦にて爐壁を二重に築造し、内壁の外周に鐵

側面圖 A

平面圖 B



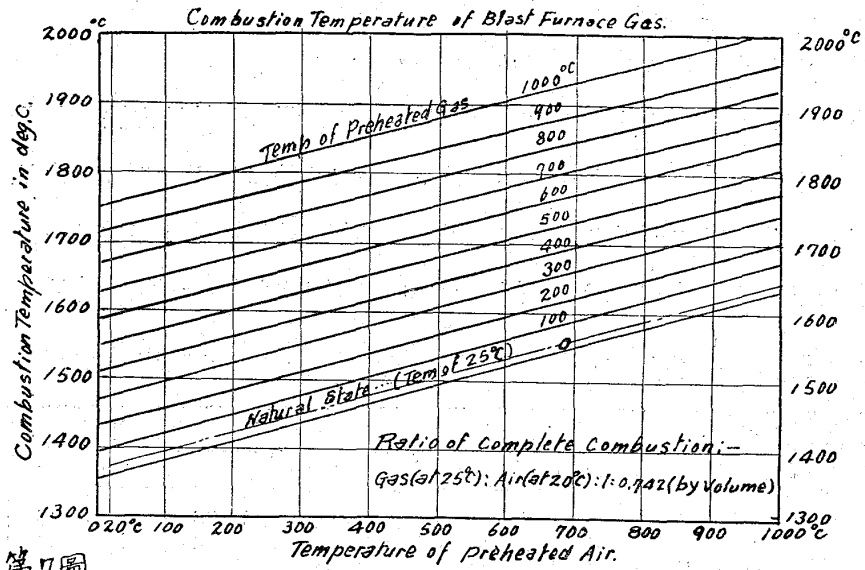
第 8 圖 熔 解 爐 の 圖



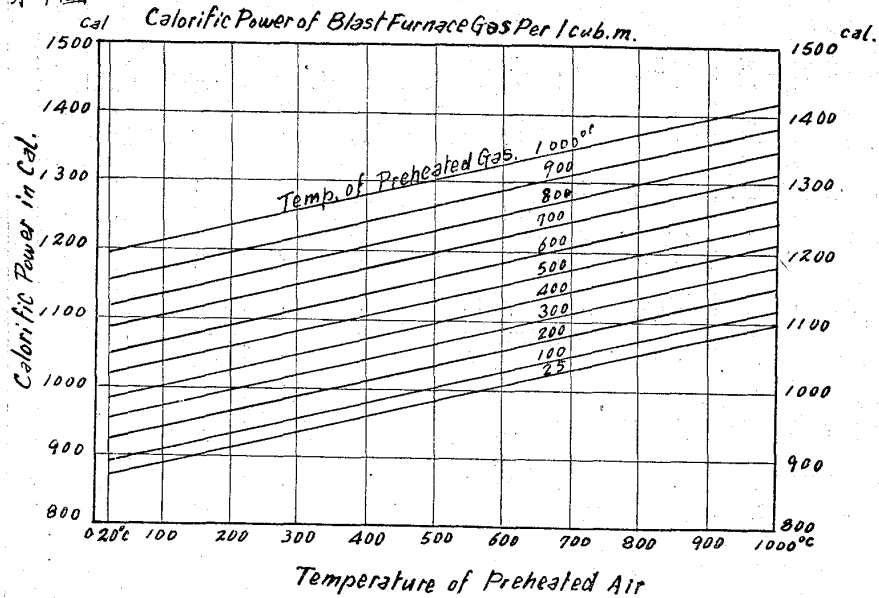
第 5 圖 Combustion of Blast Furnace Gas. in Yawata Steel Works.
 (by Calculation)

	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Vapour	
Composition of Blast Furnace Gas.	11.47	0.12	28.12	1.62	0.43	55.14	3.10	at. 20°C (by Volume)
Air	—	20.6	—	—	—	77.7	1.7	at. 20°C (")

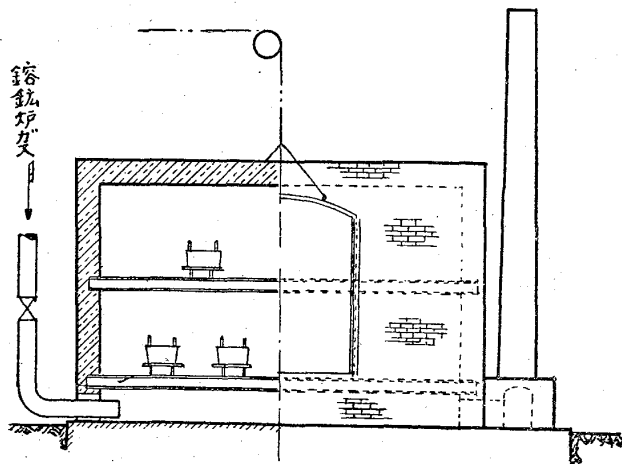
管を3回巻き付け、自己燃焼に依る排棄熱を利用して空気を豫熱し、瓦斯も又煙突の高所より其中央部を下方に降して煙道中に導き、爐前の煉瓦壁に取り付け、瓦斯管尖端の中央部には豫熱されたる前記の空気を取り付け、瓦斯と空気を良く豫熱し混合する様に設計し、常時に於ては瓦斯は 300°C 最高 350°C、空気が 450°C 最高 550°C 位になりて完全燃焼をやるので、従つて第5圖竝に第6、第7圖等に示せる通り燃焼温度も發生熱量も共に非常に増加して、羽口 2—3 個を鑄造し得るアルミニウム



第7圖



第6圖



第9圖 乾燥爐之圖

—ムの 30—50 kg を約 30 分間位にて容易に熔解する事が出来、空氣竝に瓦斯は辨に據り鑄造溫度の加減を自由にする事が出来るばかりでなく、熔解鍋の生命も非常に長くなり 400—500 回の使用に耐ふる様になつたのである。鎔鑛爐瓦斯は何處でも使用し得るわけであるから非常に便利である。

(2) 乾燥爐 水の循環する場所はどうしても砂型即ち心型に依らねばならぬので、乾燥爐が必要である。第9圖に示せる通り耐火煉瓦に

て長方形の爐を築造し、内部には鐵板製にて上下2段の棚を設け爐底即ち下段の下部を燃燒室とし鑄鐵爐瓦斯を導き少し宛たへず燃燒せしめて乾燥せしむるのである。

(3) 鑄造法 アルミニウムは收縮率非常に大であるから、従つて鑄造方法に非常な注意と特別な方法とを講ぜねばならないのである。金型使用の場合に於ては殊にさうである。砂型の場合には前述の通り、多孔質なものが出來殊に衝風の通過する面の中央部は全周に涉り非常に多孔質で、水壓試験にも耐へなかつたので、第5寫眞に示せる通り肉の中にブリキ板製の圓筒を鑄込んで初めて使用し

第7表 アルミニウム製羽口の鑄込溫度並に銅の配合量と其の硬度比較表(昭和3年)

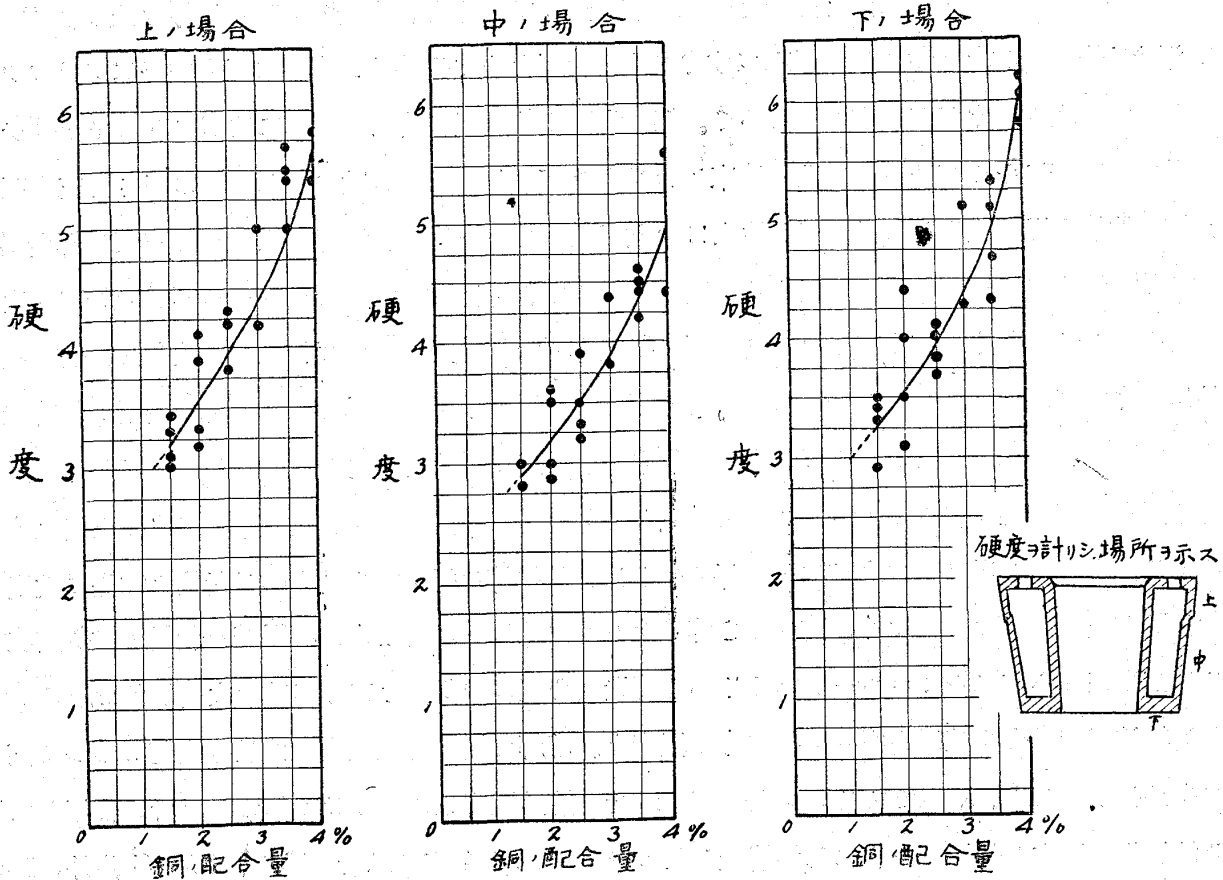
月日	番號	配 合	熔解時間	熔 解溫度°C	鑄 込 溫 度			鑄込時間(秒)	鑄込室溫度°C	鑄型溫度		硬 度		
					始	終	降下			中型	外型	上	中	下
3-15	(イ)1	Cu 1.5%	1-35	798	793	788	5	40	16	108	65	3.3	2.8	2.9
"	" 2	"	"	"	788	783	5	40	"	92	85	3.4	3.0	3.3
"	" 3	"	1-00	776	771	765	6	38	"	80	82	3.1	3.0	3.4
"	" 4	"	"	"	762	756	6	30	"	75	80	3.0	2.9	3.5
												3.2	2.9	3.3
3-15	(ロ)1	Cu 2.0%	1-15	765	763	758	5	30	"	80	80	3.2	3.0	4.0
"	" 2	"	"	"	758	753	"	"	"	75	74	3.3	2.8	3.1
"	" 3	"	0-40	828	823	818	"	"	"	78	80	4.1	3.6	4.4
"	" 4	"	"	"	818	813	"	35	"	80	82	3.9	3.5	3.5
												3.6	3.2	3.7
3-15	(ハ)1	Cu 2.5%	0-45	800	795	790	5	30	"	85	72	4.1	3.2	4.1
"	" 2	"	"	"	780	775	"	"	"	72	72	4.3	3.9	3.7
"	" 3	"	0-40	823	818	813	"	"	"	85	82	4.2	3.5	4.0
"	" 4	"	"	"	766	761	"	"	"	85	82	3.8	3.3	3.8
												4.1	3.5	3.9
3-17	(ニ)1	Cu 3.0%	0-50	775	770	764	6	"	18	115	103	5.0	4.3	5.1
"	" 2	"	"	"	759	757	2	"	"	107	110	—	—	—
"	" 3	"	0-40	828	825	823	2	"	"	78	80	—	—	—
"	" 4	"	"	"	833	817	5	"	"	72	74	4.2	3.8	4.3
												4.6	4.0	4.7
3-17	(ホ)1	Cu 3.5%	0-50	817	815	800	5	"	"	75	85	5.5	4.2	5.0
"	" 2	"	"	"	810	800	10	"	"	73	85	5.4	4.5	5.3
"	" 3	"	"	787	782	777	5	"	"	70	90	5.0	4.5	4.7
"	" 4	"	"	"	777	772	"	"	"	67	82	5.7	4.6	5.1
												5.4	4.4	5.0
3-17	(ヘ)1	Cu 4.0%	0-40	780	782	777	"	"	"	91	102	5.8	4.4	6.2
"	" 2	"	"	"	777	772	"	"	"	86	94	5.4	5.6	6.3
												5.6	5.0	6.2

得る様になつたのである。鑄造方法は砂型の場合には普通の場合と大差ないのであるから、主として金型使用の場合を述べる積りである。金型使用の初めにはボツトムキヤスチングをやつたのであるが熔解金屬即ちアルミニウムを注入する時押し上げらるゝ湯の上部面は金型上部の蓋に接觸して急に冷却凝固し、熔解金屬の注入を終ると同時に上部より漸次冷却收縮するに依り、鑄物の上部面と蓋との間に空隙を生ずるのみならず、鑄物の上部表面も又内部收縮の爲めに凹没してキャピチー即ち孔を生じ、加ふるに鑄造される熔解金屬は上部より冷却收縮して、中金型の上部は急に締め付けられ其抜き取り方非常に困難となり、従つて羽口の尖端に割れ目を生じどうしても完全なものを鑄造する事は出來なかつたのである。其で第3圖Bに示せる通り上部の蓋に長方形の注入口と押湯口3個とを設けトップキヤスチングをやつた處が、注入される熔解金屬は羽口の尖端即ち下部より漸次冷却收縮するので蓋自身の收縮力のみならず、熔解金屬の收縮力をも一所になりて、中金型に對し、楔的に働く

ので、中金型の表面に油又は油と黒鉛との混合液を塗つて置くと、中金型は自然に浮き上り約 2—3 mm 浮き上りし時にハンドルを回轉してすぐ中金型を引き上げる時は、容易に而も完全にクラック即ち割れ目の發生を防ぐ事が出来るのである。然し尙ほ上部の蓋に接觸する面にはボットムキヤスチングの場合と同様にキヤピチー即ち孔が出来るので種々研究した結果、遂に押し湯口の高さを充分高くし、最初熔解金屬を注入して湯の面が注入口の上部表面まで上るや、漸時注入を止め下部熔解金屬の收縮に依り注入口の湯面が凹没し始むる時期を見計らひ、直にセコンドチャージ即ち第 2 回の注入をやるのである。斯くの如くすると熔解金屬の收縮より起る前記のキヤピチー即ち孔をも完全に且つ容易に防ぐ事が出来、従つて、今日迄羽口鑄造用として絶對不可能と稱せられて居た金型での鑄造に完全に成功する事が出来たのである。水の循環する場所だけは砂型に依るの外無いので第 4 圖 C. D に示せる通り心型の心はアルミニウムにて製造し、3ヶ所に小徑の鐵管を取り付け鐵管の上部は A 圖に示せる通り各押し湯口の中央部に懸滯靜止せしめ、其鐵管を通して心型中の瓦斯體を完全に放出せしむる事が出来るばかりでなく、肉の厚さ等もケレンに依るの必要なく、唯懸滯の状態に依り適宜にする事が出来、心がアルミニウムであるから鑄造後心型の取り除き方も容易で大變便利である。

(4) 鑄造溫度 金型使用の場合金型自身の溫度と、熔解金屬の鑄造溫度とは最も大切であつて高すぎても又低すぎても、不可である。第 4 表に示せる鑄造溫度はルシヤテリーの熱度計を使用して測定し熔解鍋中測定的位置を一定にして鑄造したのである。第 4 表に示せる通り、770 °C 内外の時が最も好結果を得たので、目下常に 770 °C 内外にて鑄造して居るのである。金型それ自身の溫度も又適當の溫度があつて、注入の初回に於ては 100 °C 位に豫熱して置く必要がある。併し次回からは水をかけ、乾燥すると同時に再び使用しても何等心配は無いのである。實際測りし結果は第 4 表に示せる通りである。

(5) 硬度 アルミニウム製羽口を使用した初期に於ては、銅製羽口に比し柔軟で遙かに弱いとの考へから其硬度を増す爲めに銅を 4 % 内外配合して、銅製羽口の硬度に接近せしめて使用して居たのである。第 10 圖はアルミニウムに銅を夫々配合して實際羽口を鑄造し其上、中、下の 3ヶ所に就てショアの硬度計に依り測りし結果である。其後鑄造試験に於ても又使用試験に於ても種々研究した結果、純アルミニウム(商品程度)製にても何等心配は無い事が明かになつたのである。アルミニウムと銅は熔解點に大差があるため同時に熔解する事が困難で合金製のもの手数を要するから永い間純アルミニウム製のものを使用して居たのであるが、目下初期に於ける銅分高きもの竝に純アルミニウム製羽口にて破損せるもの等を一所に再熔解して鑄造して居るので、従つて目下銅分は 1.5 % 内外になつて居るのである。再熔解すると表面に酸化物が非常に多く出来、鑄造に困まるので約 1 割位アルミニウムの新材を加へて居たのであるが、鹽化亞鉛の粉末を鑄造前、湯の表面に加へて攪拌すると直に湯の表面は恰も鏡の如く成り、流れが大變良くなり鑄造には新材を加へなくとも何等心配は無いのである。



第 10 圖 銅の配合量と其の硬度比較曲線圖

(6) 工費 アルミニウム製羽口の鑄造は初期に於ては砂型を使用し、熔解爐も唯豎爐にて燃料には骸炭を使用して居たのであるが、前述の通り目下金型の鑄造に成功し、而も殆んど永久的に繰りかへして使用する事が出来、従つて鑄造數を非常に増加する事が出来、加ふるに前述の通り特種な熔解爐を築造し、燃料には銻鑛爐瓦斯を使用し、自己の排棄熱で瓦斯も空氣も豫熱して燃焼せしむるので、少量の瓦斯で熔解する事が出来る様になつたのである。従つて非常に安價に出来、銅製の場合には材料費は別として破損羽口を再熔解し、工作費だけで 1 個當り 30 圓を降らないのにアルミニウム製の場合には著者考案の金型を使用すると破損羽口を再熔解して約 1 割位の新材を加へて鑄造しても尙ほ 1 個當り 4 圓もあれば充分である。其で銅製羽口の代りにアルミニウム製羽口を使用する時は、前述の通り製鐵所に於ける羽口の最近 4 ケ年間の年間平均破損數は 1220 個になつて居るのであるから、其耐久力を同等と見ても年間實に 3 萬圓以上の利益があるわけである。材料の價格は以前は銅よりもアルミニウムの方が高價でアルミニウム 1 噸當り約 1,100 圓位なるに、銅は 1 噸當り 900 圓位であつたが唯今では殆んど同價であるばかりでなくアルミニウムは重さの點に於て銅の約 1/3 位であるから、目下製鐵所の銻鑛爐で使用して居る羽口に就て比較して見ると銅製の場合には其重量 1 個當り約 45 kg、アルミニウム製の場合には 1 個當り僅に約 15 kg 位である。其で材料費は 1 個當り銅製のものは 40 圓 50 錢を要しアルミニウム製のものは 1 個當り 13 圓 50 錢

となるので、其差は實に 27 圓にも達し、材料費の點に於ても殆んど比較にならぬ位アルミニウム製の方が安價に出来るのである。其で兩方を新調する場合は銅製のものは 1 個當り 70 圓 50 錢を要し、アルミニウム製のものは 17 圓 50 錢を要する事になるのである。尙ほアルミニウム製羽口の場合には冷却管即ち給水、排水管等との連結作用をやるボルト、ナット等は數回繰りかへして使用する事が出来るばかりでなく、冷却水の循環を良くする爲め羽口内に突出せしめ居る鐵管は銅製羽口の場合には 2 ケ月間も保たないのに、アルミニウム製羽口の場合には殆んど腐蝕の恐れが無いので、之は鹽水中に於ける電氣イオンの作用であつて、此等の點も又銅製羽口に比し使用上有利な點である。

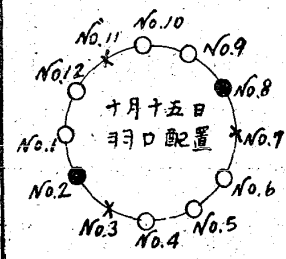
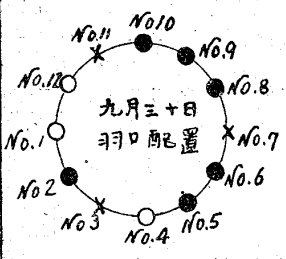
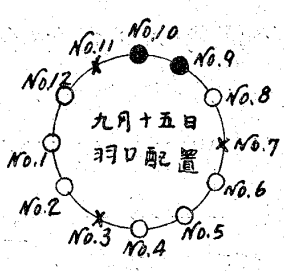
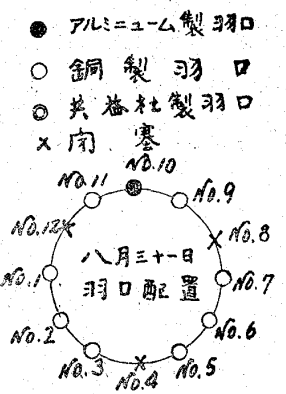
VII アルミニウム製羽口の使用試験

アルミニウム製羽口の研究は大正 11 年から始めたのであるが、初めて銻鑛爐に使用したのは大正 12 年 7 月からであつて、何しろ前にも述べし通りアルミニウムは銅に比し其熔解點が非常に低いので、爐内最高熱の場所に使用する事は非常に危険であるとの考へから、第 1 銻鑛爐で人の通らない方面、即ち例へば爆發しても危険の無い場所に於て 1 個だけアルミニウム製羽口を入れて豫備試験をやり、意外にも好成績を得たので、愈々大正 12 年 8 月 22 日から其當時羽口の破損最も多き銻鑛爐即ち第 4 銻鑛爐に於て使用試験を開始したのである。第 8 表に示せる白又は黒の印は羽口破損の場所と數とを示したわけである。愈々 8 月 22 日第 10 番羽口破損取換への際銅製羽口の代りにアルミニウム製羽口を入れ代へた處、今迄連続して破損して居た羽口が翌日から全く破損しないので、第 9 番、第 2 番、第 5 番、第 6 番、第 4 番等次ぎ次ぎに銅製羽口破損の度毎にアルミニウム製羽口を入れ代へて行つた處が、同様破損しないので、非常な興味を以て遂に 10 月 8 日迄に使用羽口總數 9 個の内 7 個までアルミニウム製羽口に入れ代へて居た處が、10 月 15 日に海水ポンプに故障を生じ、突然斷水して 7 個の内 4 個だけ同時に破損したので、是は使用の初めから懸念した點であつて、此時以來斷水の場合には危険であると思へ、アルミニウム製羽口の破損した場所には、再び何れも皆銅製羽口に取換へた處、今迄殆んど破損しなかつた羽口が第 8 表に示せる通り翌日即ち 10 月 16 日から又直に従前通りの破損状態になつたのである。其當時銻鑛爐の羽口は破損數非常に多かつたので羽口の製作工場即ち熊本の共益社の依頼により 10 個だけ同社に注文して、同社製の銅製羽口を製鐵所製の銅製羽口が破損した場所即ち第 4 番、第 6 番羽口等に入れて使用試験をやつたけれども、第 8 表に示せる通り製鐵所製の銅製羽口の場合と何等變つた所がなかつたのである。アルミニウム製羽口は斷水の場合に危険であると思へ、其後約 1 ケ年半位も其製作場に使用試験を中止したのである。然るに前述の通り第 4 銻鑛爐の使用試験に於て實に驚くべき好結果を得て居たので、何とかして斷水の場合にも破損せざる様にしたいものと思へ、大正 14 年 10 月 13 日から上司の御許しを得て再びアルミニウム製羽口の研究を始め、銻鑛爐の上部に水槽を設けて斷水を防ぐ事

第 8 表 アルミニウム製羽口使用試験表

自大正 12 年 8 月 22 日 第 4 鋸鑪 (8 月 29 日より破)
至同 年 10 月 23 日 損數の統計を取る

日	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	損數
8.22													●
23													
24													
25													
26													
27													
28				X				X				X	
29			○	X				X	○			X	3
30		○	○	X				X				X	2
31				X				X				X	
9.1				X				X				○	1
2				X				X				X	
3			○	X				X				○	3
4			○	X				X				X	1
5		○		X				X	○			X	2
6				X	○			X				X	1
7			○	X				X	○			X	2
8			○	X				X				X	1
9				X				X				X	
10			X					X				X	
11			X	○				X				X	1
12	○		X	○				X				X	2
13			X					X				X	
14			X	○	○			X	○	○		X	4
15			X	○	○			X	○	○		X	5
16			X					X				X	
17			X					X				X	
18			X		○			X				X	1
19		○	X					X				X	2
20		○	X	○		○		X				X	2
21			X					X				○	1
22			X					X	○			X	1
23	○		X					X	○			X	2
24	○		X	○		○		X				X	3
25			X	○				X				X	1
26			X					X				X	1
27			X					X				X	○
28			X	○	○	○	○	X		○		X	5
29			X					X				X	○
30			X	○				X				X	1
10.1			X	○				X				X	1
2			X	○				X				X	2
3			X	○				X				X	1
4			X					X				X	
5			X					X				X	
6			X					X				X	
7	○		X					X				○	2
8	○	○	X					X				○	3
9			X					X				X	
10			X					X				X	
11			X					X				X	
12			X					X				X	
13			X					X				X	○
14			X					X				X	○
15			X	○	○	○	○	X		○	○	X	4
16			X					X				X	○
17			X	○				X				X	1
18			X	○				X				X	2
19			X					X				X	
20			X	○	○	○		X		○	○	X	6
21			X		○			X				X	1
22			X	○	○	○		X		○		X	5
23			X	○	○	○		X		○		X	2



も計畫したのであるが、費用其他の點で其も出來ず、羽口の尖端即ち約 2 吋位の肉の間に熔解温度の高き金屬板を鑄込んで見たい希望で種々研究したのであるが、製作が非常に困難であつて其も出來ず遂には鋳鑄爐冷却水の水壓を計り、水壓が下るとベルが鳴る様にして、若し斷水の起る前減水してベルが鳴ると銅製羽口の場合やつて居た通り鋳鑄爐の風壓を下げるか、又は斷水の期間が長い場合には休風すると、假令へ斷水しても銅製羽口の場合と同様破損しない事を知る事が出來、初めて使用上何等の心配も無い様になつたのである。銅とアルミニウムとの合金を造るには、先づ半々位の合金を造り熔解點を下げ漸次所要の合金を造らねばならぬので、手數がかかるので試みに純アルミニウムで羽口を鑄造し實際鋳鑄爐に使用して研究した結果、アルミニウムと銅との合金製羽口の場合と同様、操業上何等の心配も無い事が明かに成り、加ふるにアルミニウム製羽口を使用する以前最も懸念して居た即ち大破の場合其中に熔銑が流入して大爆發を起す様な事は全然ない事を知る事が出來たのである。銅製のものは斯かる場合に大爆發を起す事があるのであるがアルミニウム製の場合に

第 9 表 アルミニウム製羽口と銅製羽口との耐久力比較試験表

第 2 鋳 鑄 爐 自大正 15 年 5 月 20 日
至同 年 6 月 30 日

月日	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	破損数
5.20	○	●	○	●	○	●	○	●	1
21									
22							○		1
23							○●	●	3
24									
25									
26								●	1
27									
28			○		○		○		4
29									1
30								●	1
31									
6.1							○		1
2					○				1
3							○	●	3
4	○								1
5			○						1
6									
7								●	1
8									
9									
10					○				1
11									
12									
13			○						2
14					○				1
15	○		○						2
16			○						2
17			○	●			○		2
18									
19				●			○		2
20							○		2
21							○		1
22									
23									
24							○		1
25									
26									
27							○		1
28							○		1
29									
30									

● アルミニウム製羽口
○ 銅製羽口

五月二十日 羽口配置

六月七日 羽口配置

六月十七日 羽口配置

アルミニウム製羽口破損数=9
銅製羽口破損数=29
合計=38

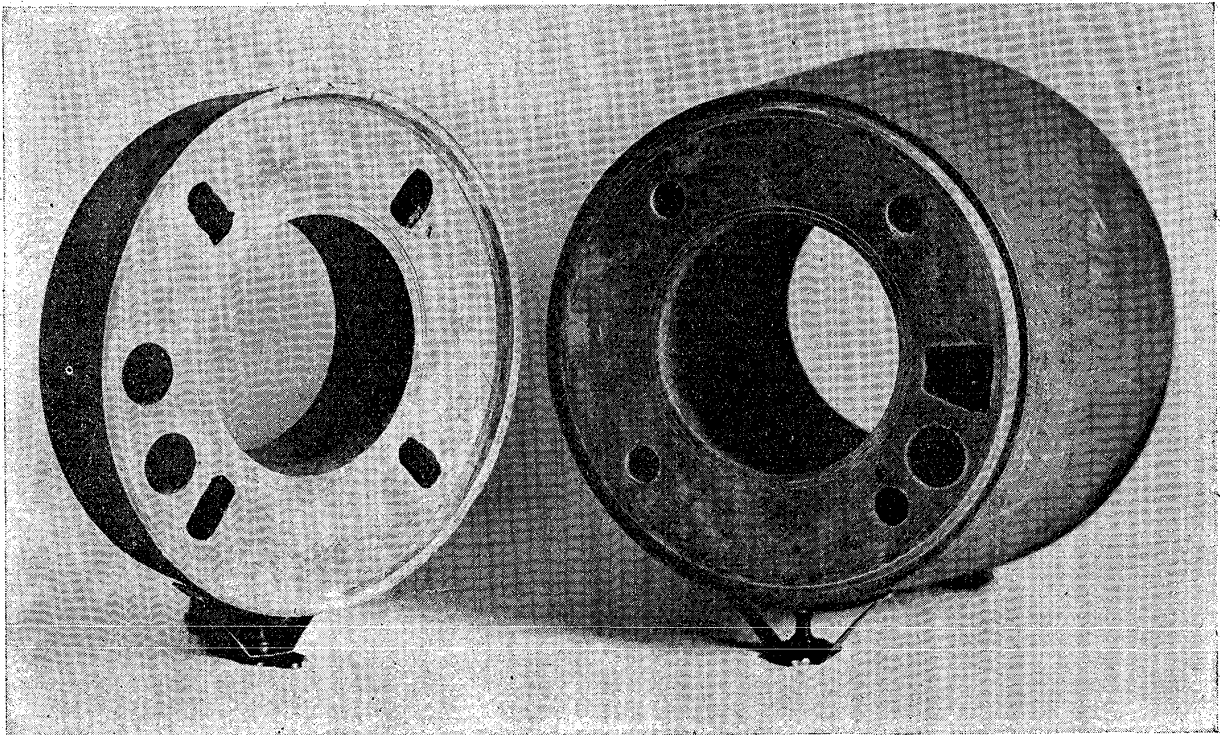
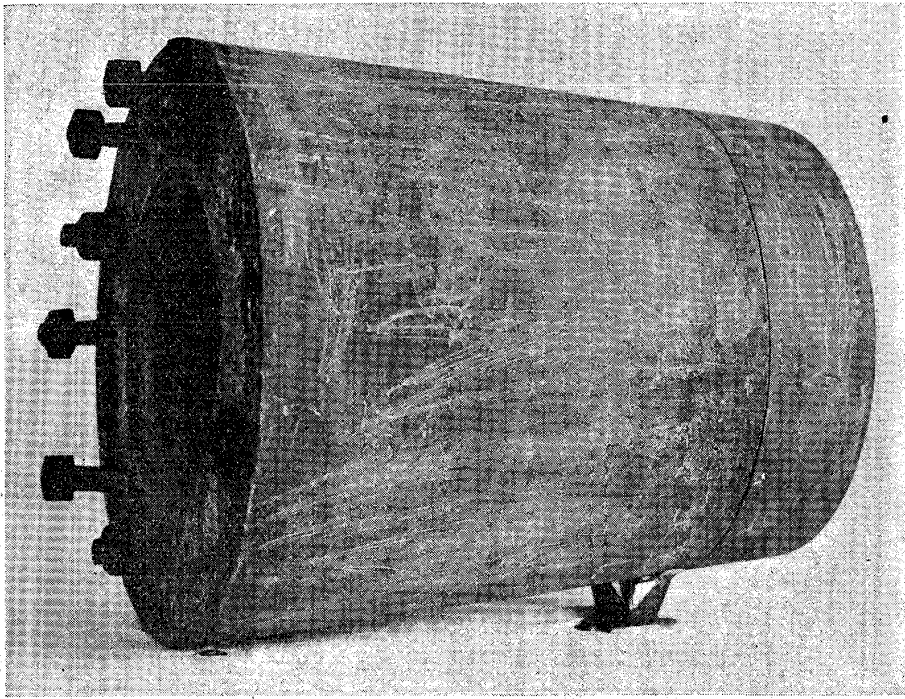
は、假令破損した場所に熔銑が流入しても銅製に比し、其材質が非常に弱いので爆發力は輕微であつて何等の心配も無く、銅製のものよりかへつて安全である事を知る事が出來た。

附言 歐米に於て使用せられて居る銅板製羽口の製作は特殊な技術を要し、製作非常に困難であつたが漸く製作して第 2 鋳鑄爐に使用した結果 1 個は使用後 4 日目に破損し、他の 1 個は 31 日目に破損し其耐久力に於て製鐵所の鑄造製銅羽口と大差無い事を知る事が出來た。

VIII アルミニウム製羽口と銅製羽口の材質試験

第 4 鋳鑄爐に於ける使用試験の際には其硬度を銅製羽口に接近せ

しむる爲め、銅を4%内外加へて砂型にて鑄造したので、前述の通りアルミニウムに銅を配合する場合には熔解點に大差があるから銅とアルミニウムと各50%位のものを作り、漸次所要の配合量にしなければならぬので、可なり手数を要するから試みに純アルミニウムで鑄造し、大正15年5月20日より第2鑄造爐に於て裝入量、風量其他一切を一定にして、銅製羽口との耐久力比較試験を始めたのである。第6表に示せる通りアルミニウム製羽口と銅製羽口とは其位置を交互に配置し、爐況は時期に依り差があるので成る可く連続して5月20日から6月30日迄40日間に亘り試験し



第6寫眞 アルミニウム製特殊羽口

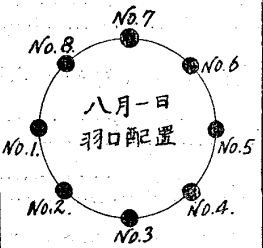
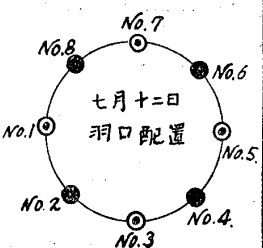
た結果、其間に於けるアルミニウム製羽口の破損数は第 9 表に示せる通り、合計 9 個なるに反し銅製羽口の破損数は合計實に其 3 倍強即ち 29 個の多きに達し、詰る所アルミニウム製のもの 1 個に對し銅製のものは 3 個の割合で破損したわけである。次ぎに第 6 寫眞に示せる通りアルミニウム製特殊型とアルミニウム製普通型との比較試験に移つたのである。前述の通り羽口破損の場所は一定で尖端 2 吋位迄の下部に限られ、全く熔銑の接觸に依りスーパーヒートされて水の循環する内壁に氣泡が連続發生して、其場所だけ熔解して破損するのであるから、特殊型即ち第 6 寫眞並に第 11 圖 A に示せる通り羽口を尖端と母體との 2 個に分離し、ボルトとナットとに依り締め付けて連結する様にし先づ給水は直に尖端を一周して初めて母體に流入して循環する様に設計し、スーパーヒートされて生ずる氣泡を成るべく速かに除去する様にしたのである。第 10 表に示せる通りアルミニウム製普通型は、其まゝとし連続して第 2 鋳鑄爐に於て、7 月 1 日より銅製羽口の代りにアル

第 10 表 アルミニウム製羽口普通型と特殊型との耐久力比較試験表

第 2 鋳鑄爐 自大正 15 年 7 月 1 日
至同 年 8 月 11 日

日付	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	破損数
7.1	◎	●	◎	●	◎	●	◎	●	
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13			◎		◎		◎	◎	3
14			●		●		●		1
15									
16									
17									
18									
19							●		1
20							●	●	2
21									
22						●			1
23				●					1
24									
25									
26									
27									
28									
29							●		1
30									
31	◎								1
8.1	●								1
2									
3									
4									
5									
6									
7				●					1
8									
9					●				1
10									
11									

● アルミニウム製羽口普通型
◎ 特殊型



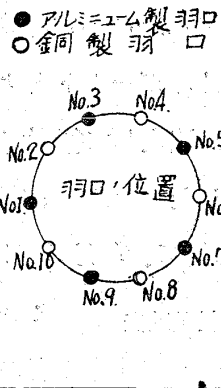
羽口破損数合計=13.

ミニウム製特殊型を入れ、兩者の耐久力比較試験を開始したのである。但し普通型と特殊型とは給水量に於て大差があつたので、普通型の給水管は径 1 吋のもの 2 個なりしに反し、特殊型の給水管は同径のもの 1 個を使用したので、給水速度を大ならしむれば給水量は減じ得ると言ふ考へから、試験したのである。試験の結果は第 10 表に示せる通り 7 月 12 日迄 12 日間は 1 個も破損しなかつたのであるが、同 13 日に水圧が急に下がつたので普通型の 1/2 の水量を使用して居た特殊型の羽口は 4 個の内 3 個迄破損したのである。然るに水圧が常時の場合には特殊型の羽口は 1/2 の水量にても破損しないのであるから有効ではあるが、何しろ製作

に手数を要するので、唯試験だけに止めたわけである。7月13日からは羽口總數8個の内7個まで純アルミニウム製普通型にし、8月1日よりは全部純アルミニウム製普通型にしたのである。第10表に示せる通り7月1日より8月11日迄都合42日間連続して試験した結果、破損數合

第11表 アルミニウム製羽口と銅製羽口との耐久力比較試験表 (大正15年) 第5銻鑪

月	アルミニウム製羽口破損數	銅製羽口破損數	合計
11	14	10	24
12	1	2	3
1	1	3	4
2	7	6	13
3	15	19	34
4	10	39	49
5	16	24	40
6	7	9	16
7	21	26	47
計	92	138	230



計僅かに13個に止まつたのである。前述の通り第4銻鑪に於ける使用試験竝に第2銻鑪に於ける耐久力比較試験等に於てアルミニウム製羽口は銅製羽口に比し、其耐久力遙かに強大なる事を知る事が出来たから、今度は今迄使用して破損した合金製羽口と純アルミニウム製羽口とを一所に再熔解して鑄造し、銅の含有量1.5%内外のものを鑄造し第11表に示せる通り、第5銻鑪に於て第2銻鑪に於ける場合と同様に銅製羽口と交互に配置して大正15年11月より昭和2年7月迄、都合滿9箇月間に亘り連続して比較試

験をやつた結果、アルミニウム製羽口の破損數は合計92箇なりしに反し、銅製羽口の破損數は合計138個の多數に上り、詰る所アルミニウム製羽口の破損數2個に對し、銅製羽口は3個の割合で破損したわけであつて、以上述べし各種の場合に於ける耐久力比較試験は材質の強さを増す爲めアルミニウム製の場合は尖端の肉の厚さを銅製の2倍にせし場合であつて、アルミニウム製羽口は銅製羽口に比し、遙かに耐久力偉大なる事を知る事が出来たから、従つて唯今では製鐵所の銻鑪は總べてアルミニウム製羽口のみを使用して居るのである。

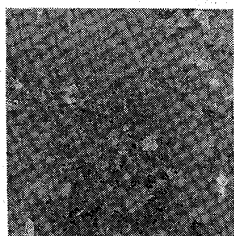
IX 羽口の材質試験とアルミニウム製羽口の耐久力

アルミニウムと銅との材質試験は、既に御承知の通り文獻に明かになつて居るのであるが、アルミニウム製羽口の鑄造竝に其耐久力研究の参考用として製鐵所で實際鑄造し使用して居た銅製羽口純アルミニウム製羽口、竝にアルミニウムと銅との合金製羽口等、即ち第12表に示せる通りA. B. C. D 都合4種の羽口の材質試験をやつた結果は第7及び第8寫眞竝に第13表の通りであつて第13表に示せる通り銅製羽口と純アルミニウム製羽口、竝にアルミニウムと銅との合金製羽口とは其比熱、熔解點、融解熱、含有熱量、熱傳導率、抗張力、抗壓力等の點に於て大差があり、殊に銅製羽口とは非常に差があるので、従つて銻鑪用羽口として使用の場合大差の生ずるのは理の當然であつて、單に材質の強度竝に冷却率の點からのみ考察する場合にはアルミニウム製羽口より銅製羽口の方遙かに優秀なるべき筈であるが、實際銻鑪に使用試験の結果は、第8表、第9表第10表、第11表等に示せる通り何れの場合に於ても、其耐久力の點に於てアルミニウム製羽口

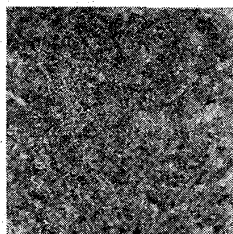
第12表 羽口材の化学成分

	Al(差引%)	Cu(%)	Fe(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	C(%)	Sn(%)
A	99.227	0.007	0.36	0.36	0.015	0.001	tr.	0.03	—
B	96.644	1.610	1.38	0.31	0.012	0.004	tr.	0.04	—
C	94.753	4.409	0.45	0.35	0.013	0.004	tr.	0.02	—
D	—	97.28	1.76	—	—	—	0.05	—	0.46

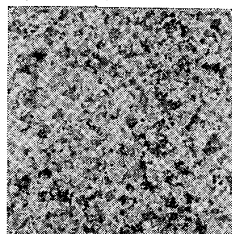
第7寫眞 肉眼的鑄造組織 (傾斜照明)



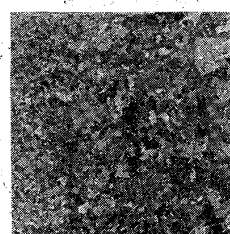
第一圖 A.
腐蝕液 HF-HCl
×1½



第二圖 B.
腐蝕液 HF-HCl / HNO₃
×1½

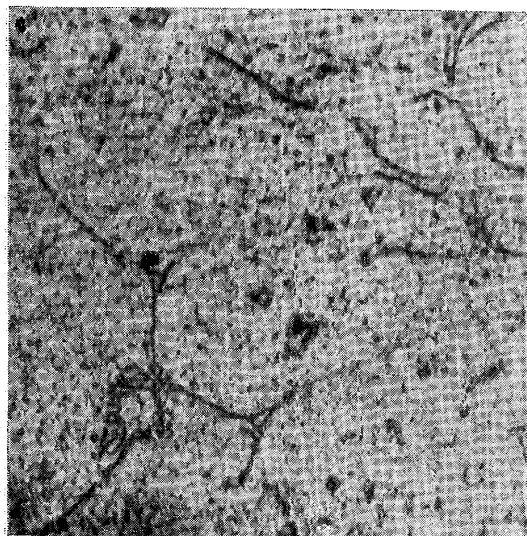


第三圖 C.
腐蝕液 HF-HCl / HNO₃
×1½

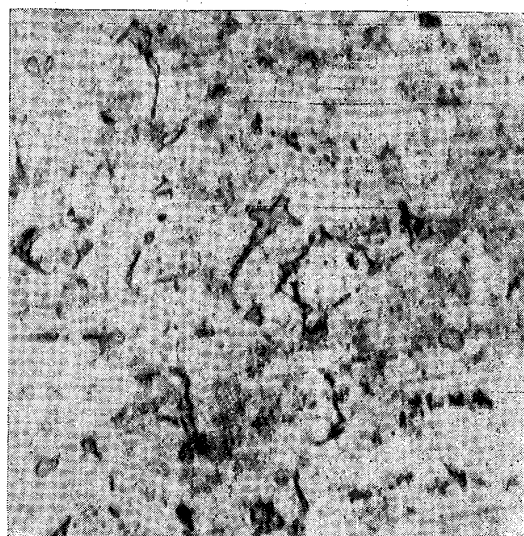


第四圖 D.
腐蝕液 Ammonium-
Bisulphate. ×1½

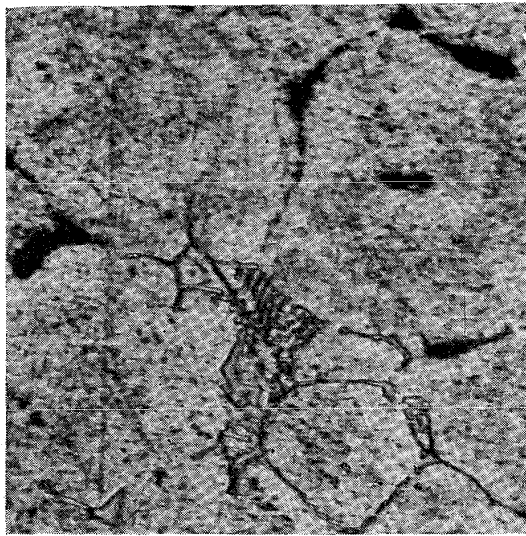
第8寫眞 顯微鏡的組織



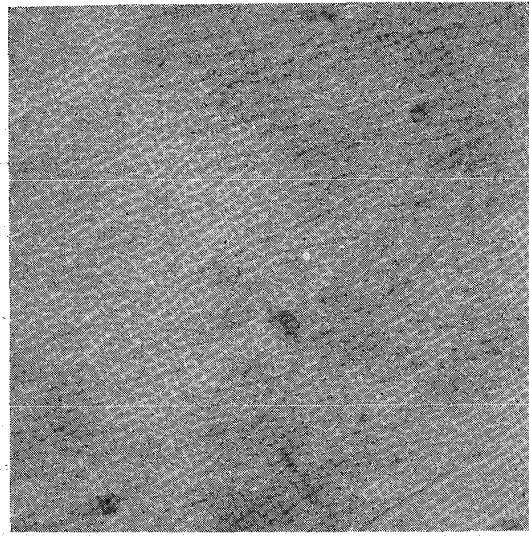
第一圖 A.
腐蝕液 NaOH ×400



第二圖 B.
腐蝕液 NaOH ×400



第三圖 C.
腐蝕液 NaOH × 400



第四圖 D.
腐蝕液 FeCl₃-HCl × 400

第 13 表 羽口材の物理的及機械的性質比較表

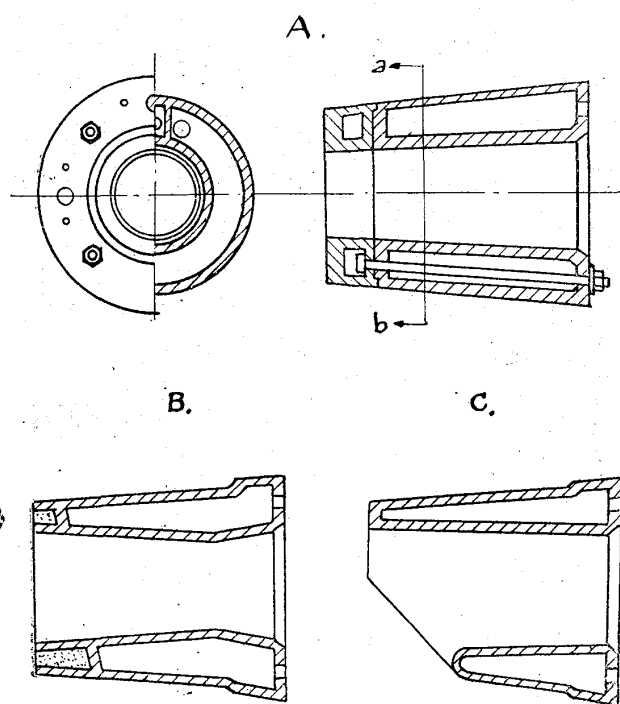
材 質	A 純アルミニウム	B アルミニウム破損羽口を再熔解せしもの	C アルミニウムに銅を4%加へたるもの	D 銅
0°C に於ける比重	2.7048	2.7262	2.7772	8.8765
熔 融 點 °C				
開 始 點	655	642	584	1,063
終 結 點	655	647	645	1,079
融解熱 カロリー	98	88	98	43.3 by Richards
平 均 比 熱				
500°C 迄の値	0.2344	0.2351	0.2331	0.0972
900°C 迄の値	—	—	—	0.0992
含 有 熱 量				
500°C 迄の値	110.43	110.38	109.58	46.672
700°C 迄の値	264.09	253.97	260.90	66.504
900°C 迄の値	—	—	—	87.131
70°—100°C に於ける熱傳導率電氣銅の熱傳導率を0.91とせる時の比較値	0.497	0.409	0.417	0.721
抗張力 kg/mm ²	8.8	12.7	12.7	23.7
抗 張 力 圓柱狀の試験片を最初高さの半分迄壓縮するに要する壓力を以て表す kg/mm ²	29.25	46.9	55.5	89.4

の方が遙かに強大であつて、一見非常に不思議の様に感ぜらるゝのであるが、羽口破損の原因より考察する時は當然の事であつて、前述の通り羽口破損の原因は熔銑が羽口の金屬に接觸して局部的にスーパーヒートされ、水の循環する内壁に氣泡が連続發生し、第 3 圖 A. B に示せる通りスーパーヒートされる中央部、即ち最高熱の場所は終には氣泡の膜にて蔽はれ循環水にて全く冷却されず、従つて爐内無限の熱は熔銑より傳導して直に熔解點に達し、小徑の孔が明いて破損するのである。夫で熔銑が接觸してから後の状態を考察する場合には、羽口破損の難易は全く材質の熔解點、融解熱、含有熱量、並に熱傳導率等に支配される譯けである。殊に主として融解熱、含有熱量並に熱傳導率等に支配される譯けである。例へばアルミニウム製の如く、其熔解點低くゝても尖端の肉厚くして含有熱量多く、且熱傳導率悪しき

ものは從來使用せし銅製羽口の如く尖端の肉薄くて含有熱量少なく熱傳導率良きものに比し、熔解破損する迄に多くの熱量と時間とを要する譯けであるから、従つて尖端の肉厚きアルミニウム製羽口は從來使用せし銅製羽口より其耐久力に於て遙かに強大なる譯けである。

Ⅹ 羽口破損の豫防法

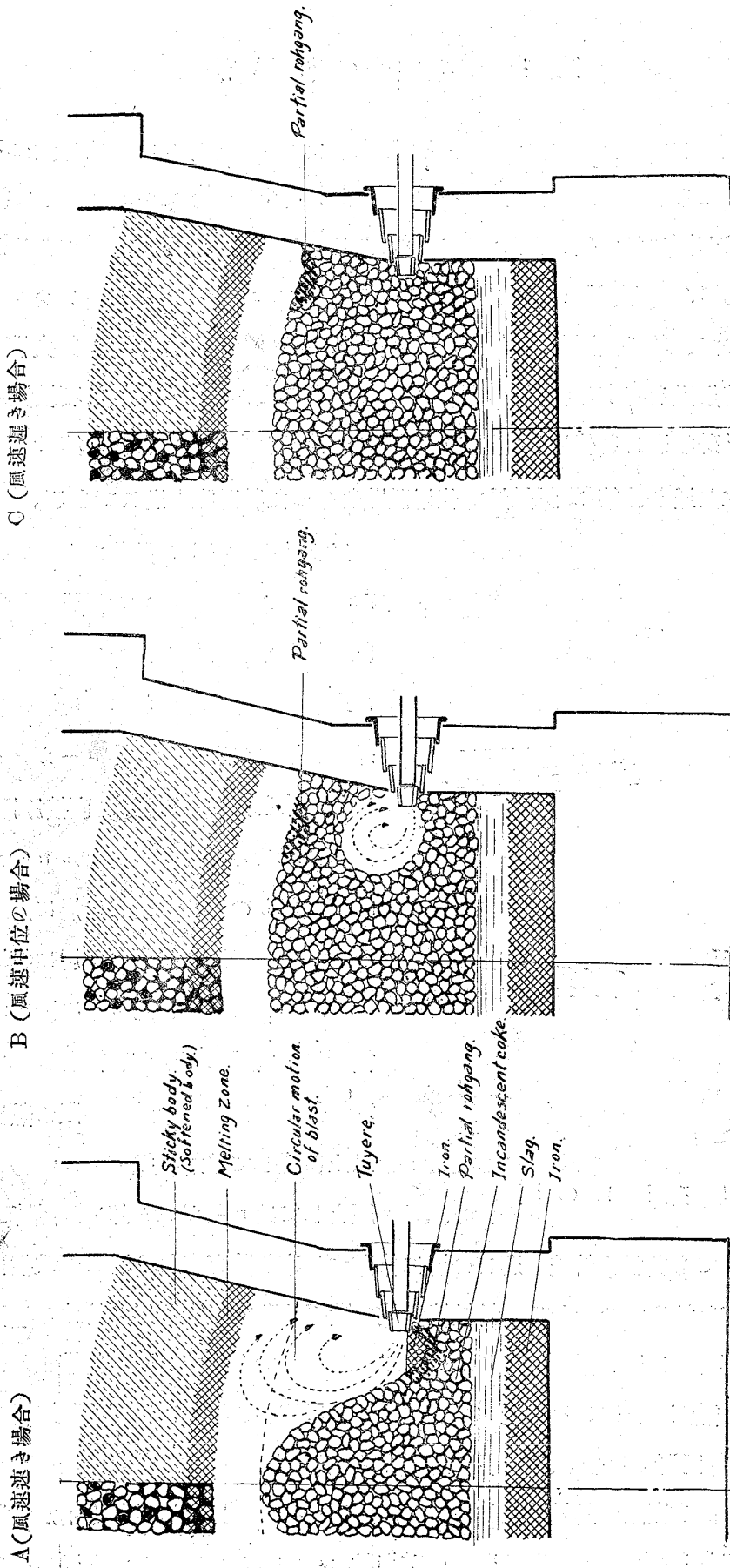
羽口破損の豫防法としては、今日迄材質は銅に限られて居るから唯其製作方法並に其形状等の研究に没頭し、歐米に於ても鑄物又は銅板をプレスするか、打ち延ばしてウエルドして製作し、鑄造製のもの主として我が國に於て使用されて居るのである。又其形状に於ても種々あるが、特に面白く感じたのは最近即ち 1,929 年発行の雑誌プラストファーン・エンド・スチールプラントに載せて居る特殊型の羽口であつて、第 11 圖 B に示せる通り先端の徑を擴大し、加ふるに其尖端には熔銑の熔解點より遙かに高き熔解點を有する物質をスタンプして居るのである。又最近釜石製鐵所では第 11 圖 C に示せる通りの特殊型羽口を使用して居るのであるが、何れも銅製である。第 11 圖 A は製鐵所で製作して、前に述べた通り、第 2 銻鑛爐で使用試験をやつた特殊型の羽口である。



第 11 圖 特殊羽口の圖

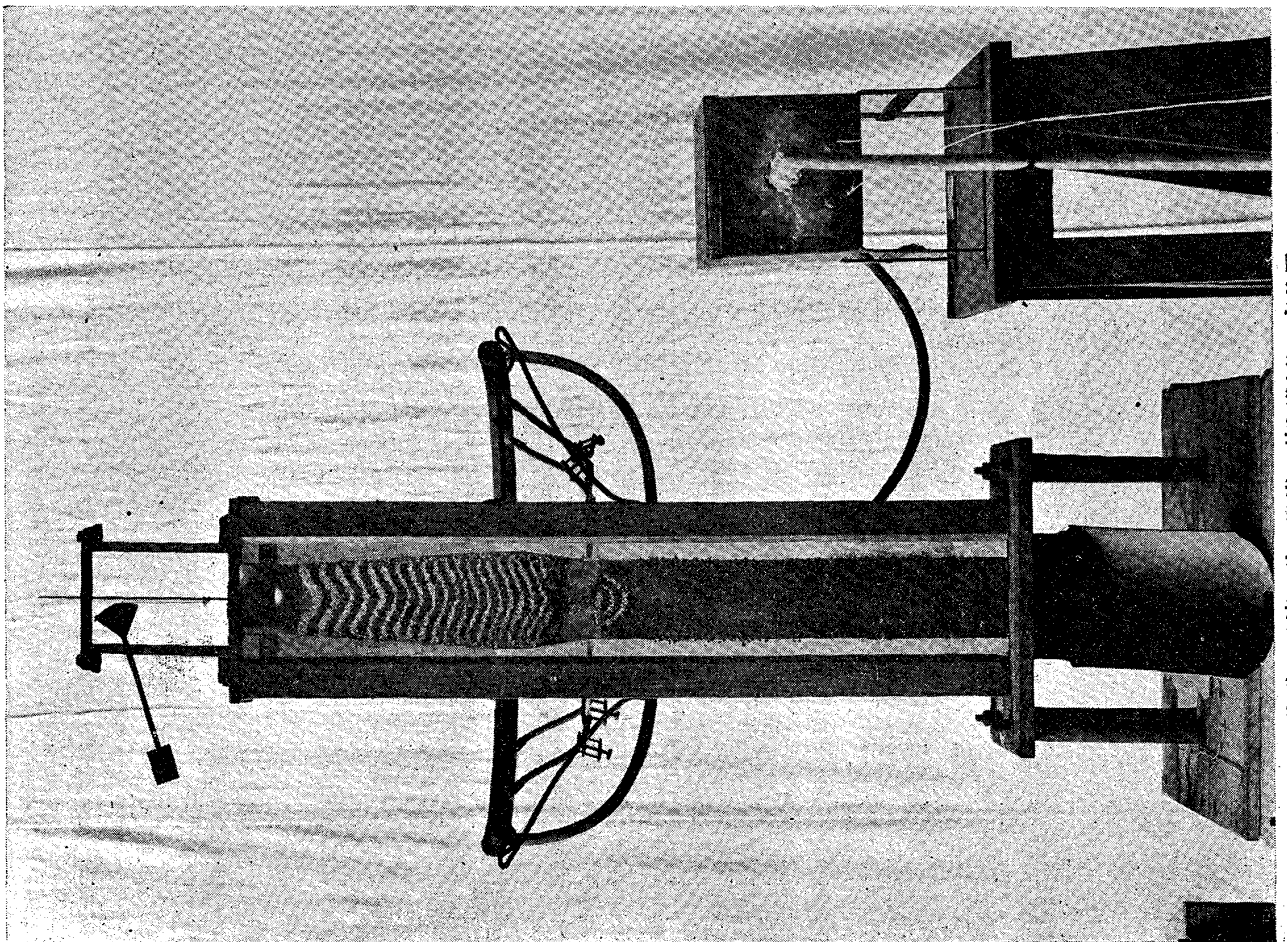
以上述べし通りの状態であつて、今日迄羽口の破損原因の除去法即ち銻鑛爐の操業法に就ての文献は絶無と言つても過言ではないのである。然るに著者は多年銻鑛爐操業と關聯して研究して來た結果、羽口の破損は全くローガン即ち生鏽降りに依る事を知る事が出来、直接原因としては第 12 圖 A に示せる如くパーシャルローガン即ち局部的生鏽降りの爲め、羽口の層に熔銑の停滯を來たし、其熔銑が羽口尖端の金屬に接觸して局部的にスーパーヒートされ、第 3 圖に示せる通り水の循環する内壁に氣泡が連続發生して、金屬自身の熱の傳導力に依り、爐内無限の熱は直に其熔解點以上に達して熔解破損するのであるから、根本問題としてはローガン即ち生鏽降りを防ぐ事、又

假令生鏽降りが起つても其爲め熔銑が羽口の層に停滯する事を防ぎ得れば羽口の破損は完全に防ぎ得るわけで、次の研究を始めたのである。銻鑛爐操業の實際的研究並に研究室に於ける學術的研究等に依り、銻鑛爐内の熔解層並に羽口附近は第 12 圖に示せる通りであつて、羽口尖端上部のインカンデツセントコーク即ち白熱骸炭は羽口を通過する風速に依り風速早き場合には實驗装置、即ち第 9 寫真並に第 12 圖 A の如く旋回運動をやり、風速遅き場合には第 12 圖 C の如く骸炭は全く静止の状態に成る事を知る事が出来、而も實際の銻鑛爐操業に於て風速速き場合、即ち送風量を増加し装入物の降下時間を速くして急速操業をやればやる程、羽口の破損數を増加するのであるから羽口の破損と風速とは

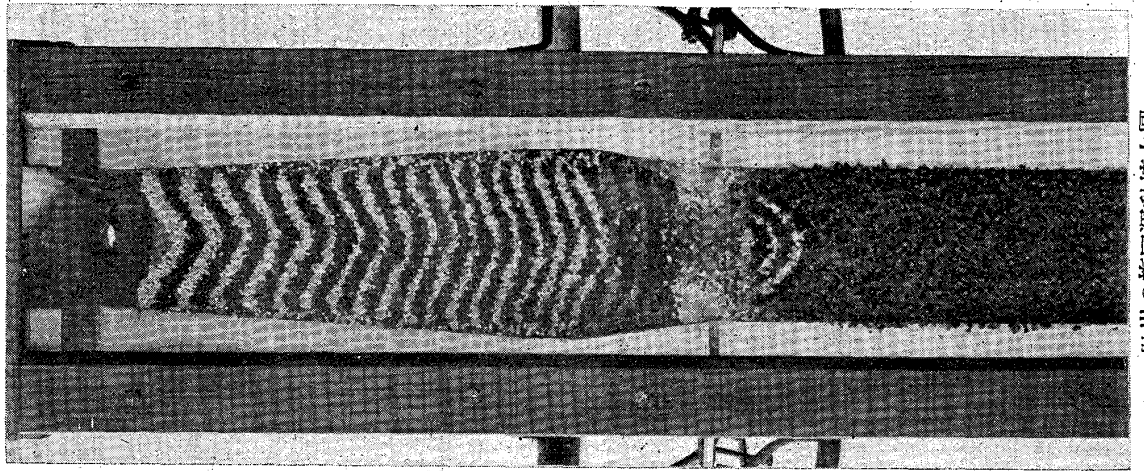


第12圖 羽口附近に於ける鑄鑛爐の圖

第 9 圖 寫 眞



羽口尖端の風速に依る骸炭の旋回運動研究装置



骸炭の旋回運動擴大圖

密接な關係がある譯けである。従つて羽口の破損は風速より起る骸炭の旋回運動とも亦密接な關係がある譯けである。例へば風速速き場合、即ち第 12 圖 A に示せる如く、若し急速操業をやり羽口尖端の骸炭が上方に吹き上げられ居る場合、装入物の降下時間が短くなり過ぎて局部的生鏝降りが起つたとすれば、生鏝は羽口の層以下に在る白熱骸炭上に停滯し、軟化して、熔銑は一時其軟化物の上に停滯して羽口尖端の金屬に接觸し、スーパーヒートされて直に熔解破損するのである。第 12 圖 B に示せる如く羽口の風速中位な場合には羽口尖端の骸炭は一部旋回運動をやつて居ても、白熱骸炭の大部分は圖の如く靜止状態にあつて、假令局部的に生鏝降りが起つても、生鏝は一時靜止せる骸炭上に支へられて豫熱され且つ還元されて熔解し白熱骸炭の間を通過して沈下するのであるから、羽口の

第 14 表 鎔鑛爐羽口の風速 (昭和 3 年 9 月調)

爐別	風 壓 gr	溫 度 °C	1 分間 送風量 Cub.m.	出銑量 ton	羽口徑 m.m.	羽 口 使用數	風 速 m/sec	備 考
I	550	560	1,100	229.900	130	通常 10 増設 4 10	108.5	9月12日午前8時 8月以前の狀態
					130		138.2	
					130			
II	500	560	1,005	267.000	130	通常 8 増設 4 8	105.2	9月12日午前8時 8月以前の狀態
					130		157.8	
					130			
III	770	590	1,440	364.000	130	10	180.9	9月12日午前8時
III	710	570	1,319	342.000	130	12	138.0	9月13日午前8時
V	680	600	1,389	344.060	130	10	174.5	9月12日午前8時
VI	740	730	1,322	331.000	130	通常 10 増設 5	110.8	9月12日午前8時

第 15 表 羽口の風速 (昭和 4 年 10 月 10 日現在)

爐別	送 風 量		送風壓 gr	送風溫度 °C	1 日出銑 量 ton	羽 口			羽口先端に 於ける風速 m/sec
	1 日總量 Cub.m.	平均 1 秒 間Cub.m.				使用 羽口 數	口 徑 m.m.	羽口面積 m ² .	
I	1,083,820	12.54	535	652	251	通常 10 増設 5	130 100	0.1720	146.68
II	864,000	10.00	468	624	250	通常 8 増設 4	130 130	0.1594	127.79
III	1,411,900	16.34	714	600	338	通常 10 通常 12	140 130	0.1539	180.87
III	1,449,810	16.78	706	565	344	(11使用) 通常 10	130 160	0.1461	181.80
V	1,267,616	14.67	656	690	294	増設 5 通常 5	100 160	0.2404	118.61
VI	1,211,622	14.02	620	620	327	通常 5 増設 5	130 100	0.2062	125.23

層に熔銑の停滯する恐れ少くなり、従つて羽口の破損數は少くなる譯けである。第 12 圖 C に於ける如く風速を遅くして骸炭の旋回運動を全く靜止して操業する場合には、假令生鏝降りが起つても生鏝は靜止狀の骸炭上に停滯し、羽口の層迄降下するには相當の時間を要し、従つて豫熱還元等の作用は充分に行はれて熔解するので羽口の層に熔銑などの停滯する事は全く無くなるのである。夫で一方には著者の所謂熔解層と羽口の層とを接近せしめて生鏝降りを防ぎ、他方に於ては羽口の數を増加する

か、又は羽口の徑を大にして羽口の總面積を大ならしめ、充分風速を減じて、第 12 圖 C に示せる如く骸炭の旋回運動を靜止して操業する時は羽口の破損を完全に防ぎ得るわけである。其で昭和 3 年 8 月 1 日より使用鑛石、裝入量竝に送風量等は前月と全く同様にして、第 1、第 2 兩鎔鑛爐に於て、上下 2 段の羽口を同時に使用し、第 16 表に示せる通り第 1 鎔鑛爐に於て、風速 1 秒間約 140m. のものを急に減じて 1 秒間約 110 m. とし、第 2 鎔鑛爐に於ては風速 1 秒間約 170m. のものを前者と同様急に減じて 1 秒間約 105 m. とし、共に羽口尖端に於ける骸炭を靜止して操業せし第 16 表に示せる通り、前月羽口の破損數第 1 鎔鑛爐は 2 個、第 2 鎔鑛爐は 19 個であつたものが兩者共

第 16 表

羽口の風速と其破損數 (昭和 3 年)				
日	第 1 鎔鑛爐		第 2 鎔鑛爐	
	A(7月)	B(8月)	A(7月)	B(8月)
	約每秒 140 m.	約每秒 110 m.	約每秒 170 m.	約每秒 105 m.
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	—	—	3	—
5	1	—	—	—
6	—	—	4	—
7	—	—	1	—
8	—	—	2	—
9	—	—	—	—
10	—	—	4	—
11	—	—	—	—
12	—	—	—	—
13	—	—	2	—
14	—	—	1	—
15	—	—	—	—
16	—	—	—	—
17	—	—	—	—
18	—	—	—	—
19	—	—	1	—
20	—	—	—	—
21	—	—	—	—
22	—	—	—	—
23	—	—	—	—
24	—	—	—	—
25	—	—	—	—
26	1	—	—	—
27	—	—	—	—
28	—	—	1	—
29	—	—	—	—
30	—	—	—	—
31	—	—	—	—
計	計 2	計 0	計 19	計 0

第 17 表

羽口の風速と其破損數 (昭和 4 年)				
日	第 5 鎔鑛爐		第 6 鎔鑛爐	
	A(5月)	B(6月)	A(7月)	B(8月)
	約每秒 175 m.	約每秒 120 m.	約每秒 170 m.	約每秒 125 m.
1	3	—	—	1
2	—	—	—	1
3	1	—	—	—
4	3	1	2	—
5	1	—	—	—
6	1	—	2	—
7	1	1	—	—
8	2	—	2	—
9	—	1	—	—
10	1	—	1	—
11	3	—	1	—
12	5	—	1	—
13	1	—	—	—
14	—	—	—	—
15	—	—	—	—
16	7	—	—	—
17	1	—	1	—
18	4	—	2	—
19	3	—	—	—
20	4	—	—	—
21	7	—	1	—
22	6	—	—	—
23	—	—	1	—
24	—	—	—	1
25	—	—	—	—
26	3	—	—	—
27	—	—	—	—
28	2	—	—	—
29	—	—	5	—
30	1	—	1	—
31	1	—	—	—
計	計 61	計 3	計 20	計 3

備考 A: 風速速き場合 B: 風速遅き場合

備考 A: 風速速き場合 B: 風速遅き場合

にゼロになり、従つて骸炭の旋回運動を靜止して操業すれば羽口の破損は完全に防ぎ得る事を確むる事が出来、加ふるに爐況を害せずして同一風量に依り裝入回數はかへつて増加し得る事を知る事が出来た。第 1 鎔鑛爐と第 2 鎔鑛爐とは全く同形同大の鎔鑛爐である。次に第 17 表に示せる通り昭和 4 年 6 月 1 日から先づ第 5 鎔鑛爐に於て原料の種類、竝に裝入量、風量等其他一切を前月即ち 5

月と同様にして、唯羽口の徑を今迄 130 mm. のものを急に 160 mm. にし、羽口尖端の風速を今迄 1 秒間約 175 m のものを 1 秒間約 120 mm. にして操業した處が 5 月の破損數合計實に 61 個なりしものが、6 月 1 日即ち風速を減ぜし當日より破損數急に激減して中旬以後は破損數皆無となり、第 17 表に示す通り月間破損數合計僅かに 3 個に止むる事が出来たのである。尙ほ續いて第 6 銻鑛爐に於ても第 5 銻鑛爐の場合と同様に昭和 4 年 8 月 1 日から原料の種類竝に裝入量、送風量等其他一切を前月即ち 7 月と同様にし羽口の徑竝に其數を増加して羽口尖端の風速を今迄 1 秒間約 170 m. のものを急に 125 m. として操業した處が、第 5 銻鑛爐の場合と同様 7 月の破損數合計 20 個なりしものが、第 17 表に示せる通り 8 月には月間破損數合計僅かに 3 個に止むる事が出来たのである。第 5、第 6 兩銻鑛爐は同形同大の銻鑛爐であつて前兩者の場合と異なり、試験中は尙ほ羽口の尖端に於ける骸炭の旋回運動は靜止する迄には至らなかつたにも不拘、斯くも破損數を激減する事が出来たのは、全く銻鑛爐内の状態が第 12 圖 B に示せる状態であつたからである。以上述べし通り第 1、第 2 並に第 5、第 6 等都合 4 基の銻鑛爐に於ける實驗に依り銻鑛爐羽口の破損數は羽口尖端の風速に比例し、風速減するほど其破損數を減少し、羽口尖端に於ける骸炭の旋回運動を靜止する位迄風速を減じて操業する時は其破損を完全に防ぎ得る事を知る事が出来た。

(1) **羽口の破損と銻鑛爐の内形** 銻鑛爐羽口の破損は全くローガン即ち生鑛降りより起るのであるから、生鑛降りさへ防ぐ事が出来れば前述の通り羽口の破損を完全に防ぎ得る譯である。夫で朝顔部の高さが低く朝顔の角度が大で湯溜の徑が大なる銻鑛爐ほど同一風量に對しては著者の所謂熔解層は下部に出来て羽口の層に接近する様になり、従て熔解層上部の軟化體は完全になり、生鑛降りを防ぎ易くなるから、羽口の破損も少くなる譯である。製鐵所の第 3、第 4 等の銻鑛爐即ち朝顔の角度大なる銻鑛爐は假令羽口尖端の風速大なる場合でも其破損數は他の銻鑛爐に比し非常に少いのである。

(2) **羽口の破損と銻鑛爐の原料** 銻鑛爐操業に於て富鑛で而も還元し易き鑛石を使用し、骸炭の堅さが大なる場合には假令急速操業をやつてもローガン即ち生鑛降りの故障は非常に少くなるので従つて斯る場合には羽口の破損は非常に少くなるのである。

(3) **羽口破損と給水量** 第 2 圖の實驗に於て羽口内の循環水は水壓並に熱源の溫度にも依るのであるが、其排水溫度が 45°C 位になるとスーパーヒートされ居る部分に氣泡を生じ 60°C になると氣泡は連續發生するのみならず内壁の全面に小氣泡附着し、60°C 以上になるとスーパーヒートされ居る場所は遂に氣泡の膜にて蔽はれる事を確むる事が出来たから、羽口の排水溫度は出来るなら 45°C 以下を理想とすべきである。排水溫度が 60°C に達すると若し銻鑛爐の裝入物降下時間が速や過ぎて一寸でもローガン即ち生鑛降りが起り羽口の層に熔銑の停滯を來たす時は直に羽口は破損するものである。羽口の循環水中に發生する氣泡は羽口内の水壓に比例し、低壓なるほど氣泡は速かに發生するのであるから羽口内の循環水は壓力大なるほど良く、排水の溫度は 45°C 以下が理想的である。然し羽口破損の原因即ち局部的にスーパーヒートされて居ない場合は假令排水溫度が 60°C 以上に

なつても破損しないわけである。此考へを基礎として次の試験をやつたのである。目下第 2 鎔鑪は上、下 2 段の羽口即ち上段 4 個、下段 8 個、都合 12 個の羽口を全開して使用し羽口尖端に於ける骸炭の旋回運動の静止する位迄風速を減じて、詰る所、羽口破損の原因を全く除去して操業して居るので、數ヶ月に亘り、羽口の破損皆無であるが、第 18 表に示せる通り製鐵所に於ける鎔鑪の羽口循環水の水壓は普通 20 封度内外であつて、8 月 17 日より羽口の水壓を漸減して、8 月 30 日迄に 12 封度にし羽口の場所に依りては排水温度 60°C 以上に成りしにも不拘、其まゝ 1 ヶ月以上を經過しても尙ほ羽口は 1 個も破損しないのであるから、前述の通り假令水壓を半分近くにし、第 19 表並に第 20 表等に示せる通り水量として其 30 %を減じて居るにも不拘、尙ほ羽口は破損しないの

第 18 表 第 2 鎔鑪通常羽口の水壓と排水温度 (昭和 4 年)

月 日	水 壓	給水温度	羽 口 の 排 水 温 度							
			1 番羽口	2 番羽口	3 番羽口	4 番羽口	5 番羽口	6 番羽口	7 番羽口	8 番羽口
8 17	封度 21	°C 30.5	°C 41	°C 49	°C 54	°C 42	°C 42	°C 46	°C 37	°C 43
"	19	30.5	41	51	52	53	46	50	47	49
18	19	30.5	40	52	50	53	39	51	37	48
19	19	30.5	—	—	54	53	43	—	35	—
20	19	30.7	38	45	49	49	45	48	48	48
"	17	31.0	41	49	50	55	44	48	49	49
21	17	30.5	39	52	49	54	43	47	53	48
22	17	31.0	40	50	53	57	45	49	48	52
"	15	31.5	41	46	53	55	45	52	50	50
23	15	31.5	46	59	45	66	38	43	44	52
24	15	30.0	42	59	61	67	57	53	58	53
"	14	30.4	46	59	52	69	50	49	49	55
25	14	31.0	43	63	61	66	54	60	54	58
26	14	30.0	46	54	54	58	48	69	50	51
"	13	30.0	43	57.5	60.1	58	48	47	53	52
27	13	29.0	45	61	68	65	48	57	58	62
"	13	31.0	45	62	62	64	51.5	63	59	51
28	13	30.0	45	52	65	65	51	61	55	54.5
"	13	29.0	45	58	64	65.5	54	60.5	60.5	57.5
29	13	29.5	44	58	45.8	67	50	67	58	56.3
"	13	31.0	44	63	57	66	52	59	54	59
30	13	29.0	45	58.5	51	63	52	56	55	52
"	12	30.2	44	59	57.5	64.5	54	69	61	60.5

第 19 表 第 2 鎔鑪通常羽口給水量及温度測定表 (昭和 4 年 9 月 17 日調)

測定時間	水 壓	給水温度	給水量				21 ポンドに 對する %	第 6、7 番羽口 間 給 水 摘 要
			1/8 m ³ 満水時間	1 分間 放水量	1 時間 放水量	24 時間 放水量		
A. m	封度	°C	分秒	m ³	m ³	m ³	%	放水管内径 1 吋
10-00	21	26.2	1:04	0.117	7,020	166	100	
10-05	20	26.0	1:06	0.114	6,840	164	97	
10-10	19	25.9	1:09	0.109	6,540	155	93	
10-15	18	26.0	1:11	0.106	6,360	153	91	
10-20	17	25.9	1:13	0.103	6,180	148	88	
10-25	16	25.9	1:15	0.100	6,000	144	85	
10-30	15	25.8	1:21	0.093	5,580	134	79	
10-35	14	25.7	1:27	0.086	5,160	124	74	
10-40	13	25.7	1:30	0.083	4,980	120	71	
10-45	12	25.7	1:31	0.082	4,920	108	70	

第 20 表 第 2 鑄鑄爐給水及排水量測定表 (昭和 4 年 9 月 5 日調)

水 壓		Lb			水 壓		Lb		
		12	16	19			12	16	19
第一 番 通 常 羽 口	$\frac{1}{8}m^3$ に對する所 要時間	2分25秒	2分40秒	1分48秒	第七 番 通 常 羽 口	$\frac{1}{8}m^3$ に對する所 要時間	4分39秒	4分04秒	3分27秒
	温 度	40°C	40.5°C	38.5°C		温 度	58°C	56°C	50°C
	1 分間排水量 $1m^3$ 排水に要する 時間 19ポンドの場合を 1.00としての割合	0.052m ³ 19分20秒 0.75	0.061m ³ 16分32秒 0.88	0.069m ³ 14分24秒 1.00		1 分間排水量 $1m^3$ 排水に要する 時間 19ポンドの場合を 1.00としての割合	0.027m ³ 37分12秒 0.75	0.031m ³ 32分32秒 0.86	0.036m ³ 27分36秒 1.00
(小) キ ュ ー ル カ ス テ ン	$\frac{1}{8}m^3$ に對する所 要時間	2分50秒	2分18秒	2分01秒	(小) キ ュ ー ル カ ス テ ン	$\frac{1}{8}m^3$ に對する所 要時間	4分15秒	3分41秒	3分22秒
	温 度	35°C	32°C	33°C		温 度	40.5°C	39°C	37°C
	1 分間排水量 $1m^3$ 排水に要する 時間 19ポンドの場合を 1.00としての割合	0.044m ³ 22分40秒 0.71	0.054m ³ 18分24秒 0.87	0.062m ³ 16分08秒 1.00		1 分間排水量 $1m^3$ 排水に要する 時間 19ポンドの場合を 1.00としての割合	0.029m ³ 34分00秒 0.78	0.034m ³ 29分28秒 0.92	0.037m ³ 26分56秒 1.00
(大) キ ュ ー ル カ ス テ ン	$\frac{1}{8}m^3$ に對する所 要時間	2分07秒	1分52秒	1分40秒	(大) キ ュ ー ル カ ス テ ン	$\frac{1}{8}m^3$ に對する所 要時間	3分54秒	3分33秒	3分06秒
	温 度	31.5°C	31°C	31°C		温 度	33.8°C	33°C	33°C
	1 分間排水量 $1m^3$ 排水に要する 時間 19ポンドの場合を 1.00としての割合	0.059m ³ 18分36秒 0.78	0.067m ³ 14分56秒 0.89	0.075m ³ 13分20秒 1.00		1 分間排水量 $1m^3$ 排水に要する 時間 19ポンドの場合を 1.00としての割合	0.032m ³ 31分12秒 0.80	0.035m ³ 28分24秒 0.88	0.040m ³ 24分45秒 1.00

で、要するに羽口の破損は其原因を除去する事が根本問題である事を一層確むる事が出来た譯である。

XI 羽 口 の 設 計 法

今日迄鑄鑄爐羽口の數に對しては、御承知の通り設計の方法があるのであるが、羽口の徑即ち其面積に就ては理論的に設計の方法なく、唯ローカルコンディションに依り經驗上定めて居るので、従つて歐米に於ても其口径には非常の差があり、米國では其口径、送風量に對し、非常に小さく、獨逸では遙かに大である。然るに著者の研究に依り骸炭の物理的性質竝に爐況にも依るのであるが、羽口尖端の風速を1秒間約100m内外にすると、骸炭の旋回運動は殆んど靜止の状態となり、同一風量に對し裝入回數はかへつて増加し、而も羽口の破損を完全に防ぎ得るのであるから、今後は羽口の口径を容易に決定する事が出来るのである。例へば製鐵所に於ける洞岡の新設500吨鑄鑄爐に於て、次に示せる通り羽口の口径を182.6mmにすれば出鉄量を増加し羽口の破損を完全に防ぎ得る譯けである。

**Determination of Tuyere Number for Kukioka
500 Tons Capacity Blast Furnace.**

Formula by Osann;
$$N = \frac{P}{1.5} + n$$

Where N = Number of Tuyeres, P = Circumference of Hearth in meter = πD ,
 n = Large furnace = 3. Small furnace = 1

For Kukioka 500 tons capacity Blast Furnace. $D = 5.400$ meters $n = 1$.

Then
$$\frac{5.4\pi}{1.5} + 1 = 11.3 + 1 = 12.3 \approx N = 12.$$

Calculation of Tuyere Diameters at Kukioka's Blast Furnace.

Assumption;

- Number of tuyeres 12
- Coke Consumption; Pig : Coke 1 : 1
- Wind velocity at tuye head 100m/sec.
- Wind temperature at tuyere head 550°C
- Wind pressure ,, ,, 900gr/cm².
- Out put per day 500tons/day.

$$Q = \left\{ \frac{\text{Coke} \times \text{Total } C - (C \text{ in pig} + C \text{ in dust})}{\text{Weight of } O_2 \text{ 1 m}^3} \right\} \left(\frac{Q^2}{2C} \right) \\ \times \left(\frac{\text{Air}}{O_2 \text{ in Air}} \right) \left(\frac{T+t}{T} \right) \left(\frac{760}{760 - \text{Vapour tension}} \right) \\ = \frac{1,000 \times 0.8 - (40 + 20)}{1,429} \times \frac{32}{24} \times \frac{100}{21} \times \frac{293}{273} \times \frac{760}{760 - 17.4} = 3,610 \text{ m}^3$$

Where Q = Wind volume in m³/ton pig (at 760 mm. 20°C)
 T = Absolute temperature in °C, t = Atmospheric temperature in °C.

Wind volume per minute = $\frac{3,610 \times 500}{60 \times 24} = 1,253.5$

Wind volume per second = $\frac{1,253.5}{60} = 20.9$

Therefore
$$D = \sqrt{\frac{20.9 \times \frac{273 + 550}{273 + 20} \times \frac{1,033}{1,038 + 900}}{12 \frac{\pi}{4} \times 100}} = 0.1826 \text{ m.}$$

$D = 182.6 \text{ mm} = \text{Diametere of tuyere when wind velocity 100 meter/sec.}$

XII 結 論

(1) 鎔鑛爐操業と關聯して、羽口の破損状態を研究し其の特徴を知る事が出来、即ち羽口の破損は下部尖端約 2 吋位迄の間に限られて、恰かも蟲でも食つた様に小徑の孔が開き、羽口内の循環水量、肉の厚さ、熱傳導率等に依り夫々破損状態に特徴ある事を知る事が出来た。

(2) 羽口の破損状態等より研究して羽口破損の原因を明かにする事が出来、羽口の破損は全く熔銑の接觸に依り局部的にスーパーヒートされ、水の循環する内壁に氣泡が連續發生して其部分が水にて冷却されず熔解して破損する事を知る事が出来た。従つて羽口材(メタル)はかへつて熱の傳導悪しく、且つ水の循環する内壁が滑かであつて、尖端の肉厚きものほど耐久力大なる理けである、

(3) 鎔鑛爐羽口は銅製に限られて居るにも不拘、著者は羽口破損の原因等より研究して、アルミニウム製羽口を鑄造し。金屬の冷却速度に起因する收縮差を利用して、絶對不可能と稱せられて居た金型での鑄造に成功する事が出来た。従つて銅製の場合に比し材料費は約 1/3 工作費は 1/8 以下にする事が出来る様になつた。

(4) 實際鎔鑛爐に於ける使用試験、竝に耐久力比較試験に於てアルミニウム製羽口の耐久力は銅製羽口の耐久力に比し遙かに強大なる事を知る事が出来た。

(5) 使用の目的にて實際鑄造した羽口材の材質試験をやり尖端の肉厚きアルミニウム製羽口の耐久力が従來使用して居た銅製羽口の耐久力に比し、遙かに強大なる原理を明かにする事が出来た。

(6) 鎔鑛爐操業と關聯して、羽口破損の豫防方法を研究し羽口破損數は羽口尖端に於ける風速に比例し、風速大なるほど其破損數を増加し、従つて羽口の數又は其口徑を増大して、羽口尖端の風速を減ずる時は羽口の破損數を減ずる事が出来結局は羽口尖端の風速を減じ其の尖端に於ける骸炭の旋回運動を靜止状態にして操業する時は、羽口の破損を完全に防ぎ得る事を知る事が出来た。

(7) 羽口内に於ける循環水の壓力は、高いほど良く、排水溫度は 45 °C 以下が理想的で 60 °C を越へてはならない事を知る事が出来た。

(8) 今日迄、羽口の面積即ち其口徑を理論的に設計する方法は發見されて居なかつたのであるが、著者は鎔鑛爐操業と關聯して研究の結果、爐況を害せずかへつて好結果を來たし、而も羽口の破損を完全に防ぎ得る風速を知る事が出来たから、従つて羽口の口徑を理論的に設計する事が出来る様になつた。

最後に本研究中終始御指導を辱ふせし恩師京大教授齋藤先生及製鐵所研究所長野田技監閣下に深甚なる感謝の意を表し、又多大なる援助を與へられし製鐵所技師海野三朗氏、竝に製鐵所技手白石幾次氏に對し厚く感謝の意を表す。(昭和 4 年 10 月脱稿 同 5 年 1 月補正)