

ダイバージェント型ガス切断火口の製作に関する研究

市川慎平** 竹花范平* 植松義量* 小林捷雄*

Study on a Production Method of a Divergent Gas Cutting Nozzle

By

Shinpei Ichikawa, Hanpei Takehana, Yoshikazu Uematsu and Hayao Kobayashi

It is generally well-known that gas cutting speed can be remarkably increased by using a divergent-type gas cutting nozzle instead of a normal straight-type one. In order to the peculiar curvature of its inner shape, however, it is considered to be very difficult to produce a divergent nozzle by simple machining.

Therefore, the authors have newly developed two kinds of methods to produce a divergent gas cutting nozzle; one is an electrolytic-forming and another is a swaging. In this paper, the detail of the methods and the processes related to the massproduction and the results of many investigations carried on the cutting performance of the divergent nozzles made by these two methods are described.

The following conclusions are summarized.

A divergent nozzle made by the electrolytic-forming method shows many advantages; such as a better accuracy, higher cutting capabilities and a lower production-loss, while by the swaging somewhat inferior only in an accuracy compared to the former.

However, it is confirmed that the both methods have an extremely higher economies and an easier production, and that, moreover, the gas cutting performance of the divergent nozzles made by these methods is increased 15% in cutting speed and 8% in cutting thickness of plate compared to straight nozzles.

1. 緒 言

船殻重量の約80数%を占める鋼板の切断はもとより溶接開先などのすべてはガス切断によつて加工されている。したがつて、ガス切断効率の向上は、工期の短縮および船価の低減に影響するところがきわめて大きい。

ガス切断にダイバージェント型火口を用いると、従

来のストレート型火口に対して切断速度を約15%増速し得る¹⁾。しかるにダイバージェント型火口の切断酸素噴出孔、すなわちノズル内面は断面積が連続的に変化し、また各部の寸法も高精度を必要とするうえ孔径が小さい(スロート径は0.9~2.1mm)ため従来の穿孔法による工作方法では曲面に合ったドリルやリーマを精度よく作ることのみならず、工作に当つても刃物の摩耗損傷などにより形状、寸法などが乱れ、精度の高い均一なノズルを作ることは困難である。そこで穿孔法による成形方法に代つて、孔の型と同じ型の心金をつくり、その外側に銅を密着させ、しかる後、心金を

** 元溶接工作部

* 溶接工作部

除いて所要の孔形のノズルを得る方法を検討した結果心金による電解鋳造およびスエーピングの2方法が有望であることがわかった。

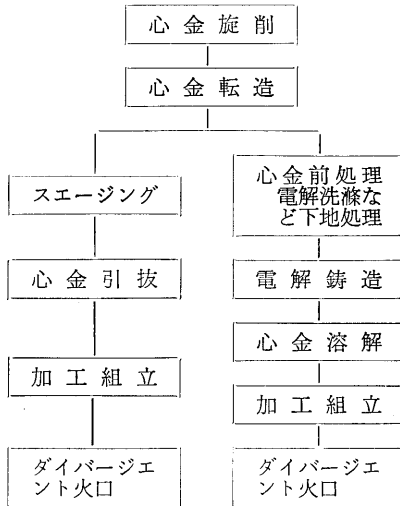


図 1・1 ダイバージェント型ガス切断火口の試作工程

この方式による工程は、図 1・1 の通りで、孔と同じ形状の心金に銅を被せた後、心金のみを溶解するか、または心金を引張つてスロート部で切断して抜き取つたノズルピースを加工し組立てるものである。

本研究は、切断酸素流量を 4,000, 5,000, 12,000 l/h、噴出速度を各流量につきマツハ数 (M) 1.8 (入口圧力約 5 kg/cm²)、2.0 (入口圧力約 7 kg/cm²)、2.2 (入口圧力約 10 kg/cm²) を組合せた 9 種類のノズ

ルを量産方式に準じて試作し、その過程および試作火口の性能を検討したものである。心金は、電解鋳造用 900 本、スエーピング用 400 本を作り、これより電解鋳造により約 800 個、スエーピングにより約 100 個のノズルを作り、さらにこれらのノズルから任意に抽出して火口に組立てたものは、電解鋳造約 270 個、スエーピング 15 個である。

試験の結果、電解鋳造による火口は精度、切断能力ともに良好であつて、製作工程中の歩留りも極めてよい。

スエーピングによる火口の精度は電解鋳造に比べると幾分劣るが、従来のスエーピングと全く同じ作業によつて充分実用に耐える火口ができる。

2. ダイバージェントノズルの形状

ノズルの形状寸法を決めるに当つては、この火口がガス切断に実用されるものとして設計の諸条件を選んだ。

切断酸素の所定噴出速度 (M) を得るためのノズル入口圧力は工場設備の現状、切断器機の性能など、現在のわが国の実情に合せて最大限を 10 kg/cm² とし、一方ダイバージェントの特性を発揮するには、圧力の高い方がよいので、最低を 5 kg/cm² とし、中間に 7 kg/cm² をとつて合計 3 種類とした。また切断する鋼板の厚さ 15~50 mm に適するストレート火口は No. 2~4 (切断酸素孔径 1.3~1.9 mm) で、その切断酸素流量は 3,000~6,000 l/h であり、特に厚板を切断する No. 5 (切断酸素孔径 2.3 mm) は切断酸素

表 2・1 ダイバージェントノズルの種類

ノズル番号	ガス速度 M	圧力 P kg/cm ²	導入部径 D mm	スロート径 Y_T mm	ダイバー部径 d mm
5-12	1.8	5.0	2.4	1.20	1.44
5-14	1.8	5.0	2.6	1.40	1.68
5-21	1.8	5.0	3.6	2.10	2.52
7-10	2.0	7.0	2.0	1.00	1.30
7-12	2.0	7.0	2.0	1.20	1.60
7-18	2.0	7.0	3.2	1.80	2.34
10-09	2.2	10.0	2.0	0.90	1.28
10-10	2.2	10.0	2.0	1.00	1.42
10-15	2.2	10.0	3.0	1.50	2.12

流量が 8,000~12,000 l/h となっている。

ダイバージェント型火口とストレート型火口とを比較し易くするため酸素流量を 4,000, 5,000 および 12,000 l/h の3種とし、噴出速度を各流量につきマ

ッハ数 (M) 1.8, 2.0, 2.2 を選び合計9種類のノズルを作った。

ノズルの寸法形状は、表 2.1 および 表 2.2 である²⁾³⁾。

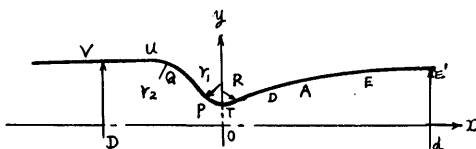
表 2.2 ダイバージェントノズルの縦断面寸法

M	1.8						2.2						2.2					
P ^{kg/cm²}	5						7						10					
φ _T mm	1.2		1.4		2.1		1.0		1.2		1.8		0.9		1.0		1.5	
座標	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
スロト	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
D 長	0.039	0.602	0.045	0.702	0.068	1.053	0.046	0.503	0.055	0.603	0.082	0.905	0.055	0.454	0.061	0.504	0.091	0.756
A 長	0.468	0.641	0.546	0.747	0.819	1.121	0.435	0.548	0.530	0.658	0.782	0.987	0.446	0.508	0.495	0.565	0.743	0.847
	0.478	0.641	0.557	0.748	0.836	1.122	0.489	0.554	0.586	0.665	0.880	0.998	0.533	0.523	0.592	0.581	0.888	0.871
	0.623	0.654	0.727	0.763	1.090	1.144	0.608	0.565	0.730	0.678	1.095	1.018	0.643	0.536	0.715	0.595	1.072	0.893
	0.785	0.665	0.916	0.776	1.373	1.164	0.742	0.578	0.890	0.694	1.335	1.041	0.763	0.548	0.847	0.609	1.271	0.913
	0.964	0.676	1.125	0.788	1.688	1.182	0.886	0.589	1.063	0.715	1.595	1.061	0.892	0.559	0.991	0.621	1.486	0.932
	1.162	0.685	1.356	0.799	2.033	1.199	1.043	0.600	1.251	0.720	1.877	1.079	1.031	0.570	1.145	0.634	1.718	0.951
	1.379	0.694	1.609	0.809	2.413	1.214	1.213	0.609	1.455	0.731	2.183	1.096	1.180	0.581	1.312	0.645	1.967	0.968
	1.616	0.701	1.885	0.818	2.827	1.227	1.397	0.618	1.674	0.741	2.514	1.112	1.341	0.590	1.490	0.656	2.225	0.984
	1.874	0.708	2.187	0.826	3.280	1.239	1.595	0.626	1.914	0.751	2.872	1.126	1.513	0.599	1.681	0.666	2.521	0.999
	2.156	0.714	2.515	0.833	3.772	1.250	1.810	0.633	2.172	0.760	3.258	1.139	1.697	0.608	1.886	0.675	2.829	1.013
	2.442	0.720	2.849	0.840	4.273	1.260	2.041	0.640	2.450	0.767	3.675	1.151	1.897	0.615	2.108	0.684	3.162	1.025
							2.291	0.646	2.750	0.775	4.125	1.162	2.107	0.623	2.341	0.692	3.511	1.038
							2.463	0.650	2.955	0.779	4.433	1.169	2.334	0.629	2.594	0.699	3.891	1.049
													2.579	0.636	2.865	0.707	4.298	1.060
													2.628	0.637	2.920	0.708	4.380	1.062
R = 入	0.431		0.503		0.754		0.398		0.478		0.717		0.395		0.439		0.658	

M: E長のマッハ数

P: 入口圧力(金圧)

φ_T: スロト径



OT: スロート半径

TD: 半径Rの円弧

DA: DとAで滑らかに連がる長さの線分

A: 湾曲点

E: ノズル出

EE': X軸に平行な任意の長さの線分。

PT: TDと滑らかに連がる曲線。

r₁ = Rとするが滑らかに連がればよい。

PQ: X軸と45°±10°位の線分。

QU: r₂で適当に連がる曲線。

UV: X軸と平行な直線。

D > 2√(OT × φ_T) にした方がよい。

表 3・1 心金の機械的性質

種類	組成 (%)										引弱強さ kg/cm ²	伸び %	硬さ ビツカース	備考
	Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	C	P	S				
ジュラルミン 17S	3.5~ 4.5	>0.8	>1.0	0.4~ 1.0	0.2~ 0.8	>0.1					45	22	71~74	
快削鋼		0.1~ 0.3		0.7~ 1.2				0.35~ 0.45	>0.045	0.1~ 0.2	58	4	260~ 270	
真 鍮	58~62					33~ 38.5					50	20	167	挽物用黄銅 Pb1.5 ~3.0% Fe+Sn <2.0
炭素工具鋼 SK 3		>0.35		>0.5				1.0	>0.03	>0.03	220	1.5	250~ 258	
炭素工具鋼 SK 5		>0.35		>0.5				0.8	>0.03	>0.03	150	2.5	190~ 200	
炭素工具鋼 SK 7		>0.35		>0.5				0.6	>0.03	>0.03	65	9	185~ 192	

導入部とスロートの面積比は大きいほどよいが、後に述べる心金の転造やスエージングの作業が困難になるので、空気力学的に許容し得ると考えられる範囲内で小さくとり、その比を3~5とした。また計算の便宜上マツハ数 (M) を整数としたため、入口圧力はわずかながら5, 7および10 kg/cm² に過不足があるが実用上ほとんど影響はない。

3. 心金成形

3-1 材 料

心金はノズル成形後に除去しなければならない。電解鋳造の場合には強アルカリ塩で溶解して流し、スエージングの場合には、引張つてスロート部からちぎって引き抜くものとして表3・1の材料について試験の結果、溶解除去にはジュラルミン17Sを苛性ソーダで煮沸するのが最もよく、引き抜くには高炭素鋼がよい。ただし旋削と転造には快削鋼が適していたので、スエージング用には快削鋼を使用した。これらの材料は市販の直径1~3mmの引き抜き線材である。

3-2 旋 削

心金成形の第1段階は旋削である。旋削はロクロと総型バイトによる1工程加工であつて、心金材料の線材から連続作業で約150本/時の速さで削り出すことができる。ロクロの回転数は約2,500 r.p.m. である。

総型バイトは板ゲージに合わせて研磨し、板ゲージは万能投影器で50倍に拡大して検査した。

旋削には、ナライ旋盤による方法も試みて良好な結果を得たが、ロクロの方が簡単であり精度も充分に得られた。

3-3 転 造

旋削した心金の表面はバイト目が残つて、写真3・1, 3・2の如く、相当なアラサである。また旋削のとき、線材がバイトの抵抗によつてたわむために削り上り寸法に多少のバラツキがでる。またスロート部の曲面が乱れたり、異なる恐れがある。これらを修正して表

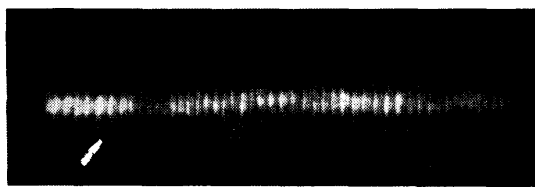


写真 3・1 旋削した心金の表面
万能投影器 50倍

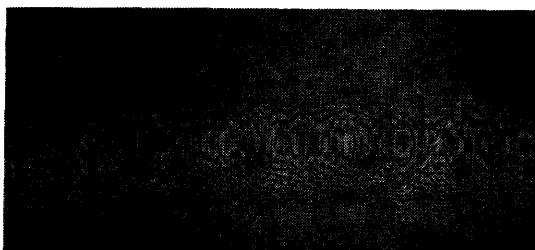


写真 3・2 旋削した心金の表面
干渉顕微鏡 200倍

面の平滑化と寸法形状の均一化をはかるために転造ダイスの間を通した。



写真 3・3 転造した心金の表面
万能投影器 50倍

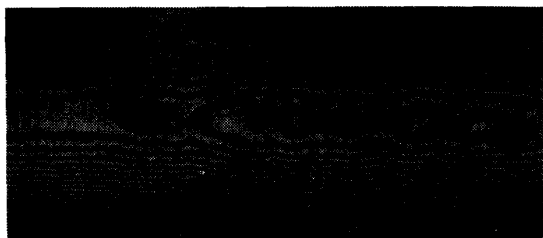


写真 3・4 転造した心金の表面
干渉顕微鏡 200倍

転造した心金の表面は写真 3・3, 3・4 の如く滑らかである。

転造機は明石製作所製のものを用いた(写真 3・5, 3・6)。この転造機はダイス軸が固定していて、心金
がダイス間隙を回転しながら強制的に転圧されて通り抜ける。ダイスの回転数は向つて左側は 54 r.p.m., 右側は 60 r.p.m. であつて、2つのダイスの相対周速度

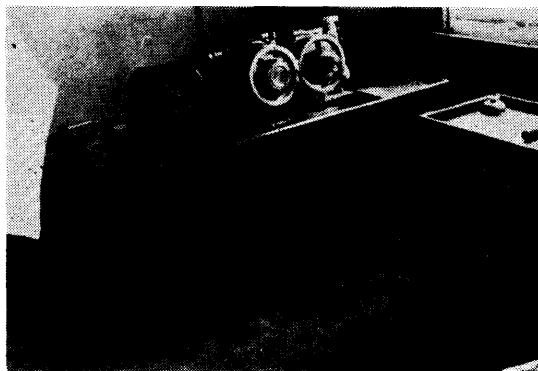


写真 3・5 転造機(明石式)

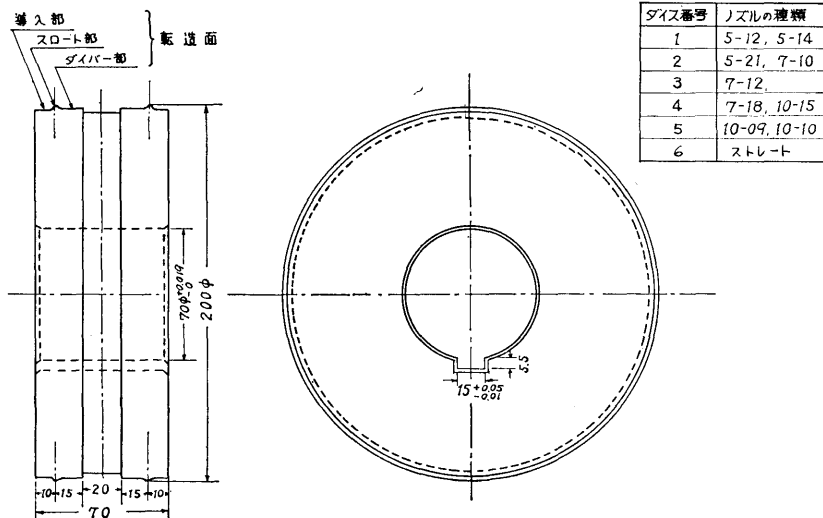


図 3・1 転造ダイス

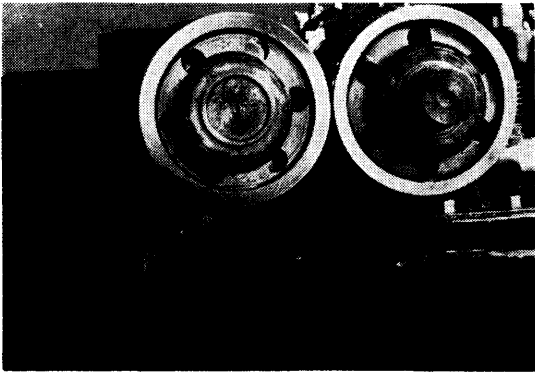


写真 3-6 ダイスの装着

は約 1,000 mm/min である。

転造ダイスは図 3-1 の通りの寸法形状のもので周囲には 2 組の転造型をつけてある。

ダイスの材質は工具鋼 S K 3 表面は焼入、研磨およびラツピング仕上げをし、その表面形状は精度 ± 0.001 mm の板ゲージに合わせて仕上げた。

転造作業に当つては、ダイス軸の位置を微動ねじて

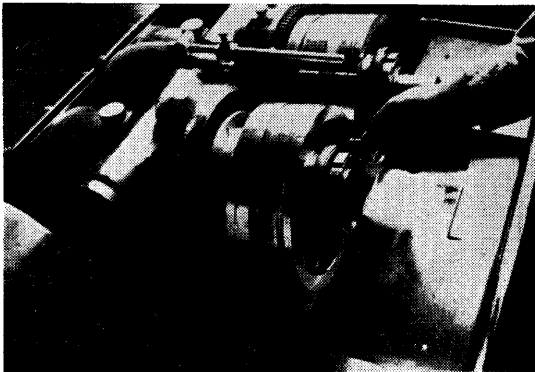


写真 3-7 転造作業

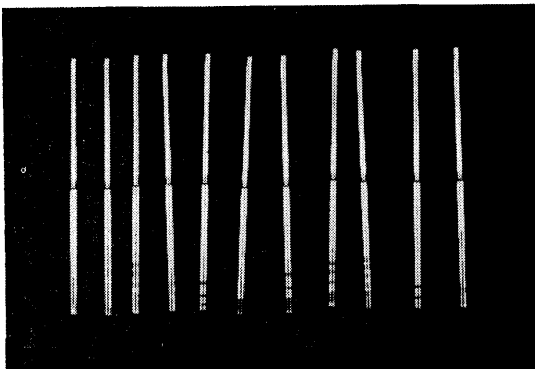


写真 3-8 転造ずみの心金

加減しながらダイス間隙を調節し、適当と思われるところで軸を固定する。通した心金を万能投影器で拡大して検査し、さらに微細な調節を繰返せば数回で所要のダイス間隙が得られる。

転造作業は写真 3-7 の如く、ダイスの間に心金を 1 本ずつ手で送り込んだ。心金が通過する時間は数分の 1 秒であつて、作業能率は調節の時間を除いて約 400 本/時であつた。転造ずみの心金を写真 3-8 に示す。

3-4 心金の製作実験

9 種の心金、各 100 本について旋削および転造の歩留りを調べた。旋削した心金のスロートならびにダイバー部の径は、指示マイクロメーターと万能投影器を使用して計測し、しかる後、旋削のままのものを一部サンプルとして除き、残りを転造した。試験の結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 心金成形試験成績

ノズル 番号	旋 削			転 造			
	数量	良品	不良品	数量	良品	不良品	未転造と 残した もの
5-12	100	100	0	90	87	3	10
5-14	100	100	0	90	84	6	10
5-21	100	100	0	90	84	6	10
7-10	99	98	1	88	77	11	10
7-12	100	99	1	99	87	12	0
7-18	100	100	0	90	82	8	10
10-09	100	100	0	100	96	4	0
10-10	100	100	0	99	90	9	1
10-15	100	100	0	99	96	3	1

3-5 精 度

ノズル孔の寸法精度は心金の精度に依存するものと考えられ、また電解铸造のノズル孔内面は心金の表面の状態がそのまま転写されるので、できるだけ心金は寸法精度と滑らかさが必要である。心金の表面を大越式表面アラサ検査機（触針移動式）（写真 3-9）で測定した結果は写真 3-10 のように、旋削のままでは $\pm 3 \mu$ のオオトツがあつたものが転造により $\pm 1 \mu$ に改善された。

心金のスロート部とダイバー部の末端の直径を万能投影器で測定し、直径の差 0.002mm ごとの頻度分布の例を図 3-2 に示す。

分布の中は、旋削の場合も転造の場合も約 ± 0.015 mm であつて、転造前の平均値から転造後の平均値の径が小さくなっているが分布の中は変らない。

転造の場合、軸方向の材料の伸びは極めて少なく、したがって外径の減少が困難である。またダイス間隙より心金の径が 0.03 mm 以上大きいと、ジュラルミン、真鍮および高炭素鋼のいずれも鱗片状の剝離がで

きて表面が荒れ、転造をつづけても平滑な表面が得られない。したがって旋削精度は $0 \sim \pm 0.03\text{mm}$ を必要とする。図 3・2 は旋削のパラツキの巾が約 0.03 mm であつて転造可能範囲内であることを示している。

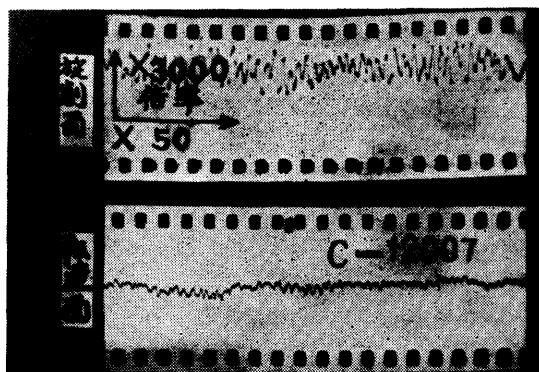
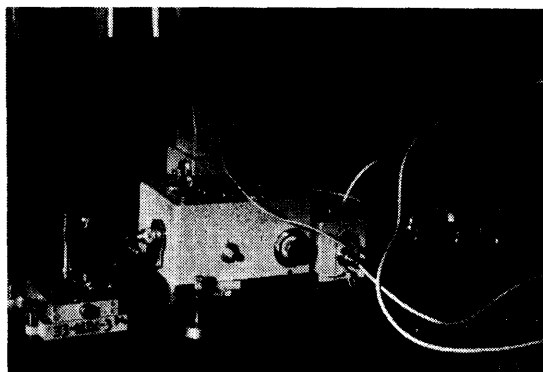


写真 3・9 大越式表面アラサ検査機

型式 触針移動式
 倍率 縦 3,000倍, 500倍
 横 100倍, 50倍
 測定範囲 0.2S~200S

写真 3・10 大越式表面アラサ検査機による心金表面のアラサ

縦 3,000倍
 横 50倍

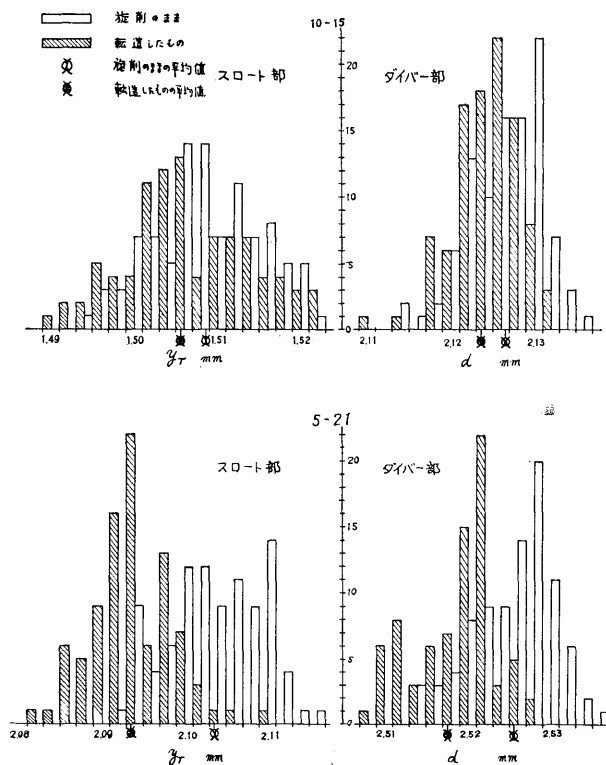


図 3・2 心金直径の頻度分布

4. 電解 鑄 造

4-1 電解鑄造の概要

硫酸銅など金属の塩類溶液のなかに、その金属の板あるいは棒を陽極とし、別の導電体を陰極として没して直流を長時間通せば折出金属の厚さは数 cm にもおよぶ。この折出金属から陰極を溶解または剥離して取り去れば、陰極と正反対な型ができる。これが電解鑄造である。

電解鑄造によれば銅、ニッケル、クロムなど種々の金属を使用して諸形状のものを成形することができるが、ガス切断火口として具備すべき条件、すなわち熱伝導度がよく過熱しない、耐久性がよい、価格も比較的安いなどの理由から銅を選んだ。

電解鑄造によつて折出する金属の均質性、硬さ、表面の精粗などには電流密度、液の攪拌、不純物の混入などが大きな影響をおよぼす。

本研究においては、ジュラルミン心金の表面に銅電解鑄造を施しノズルを作ることを主目的として実験を進めた。

なお電解鑄造に必要な諸条件を求める試験については付録（巻末）に述べてある。

4-2 電解鑄造装置

電解鑄造物の寸法、数量に応じて装置の規模は変わるが、本研究では図 4・1 および写真 4・1 のものを使用した。能力は、心金 1 本より 200 本までを適宜操作できる。

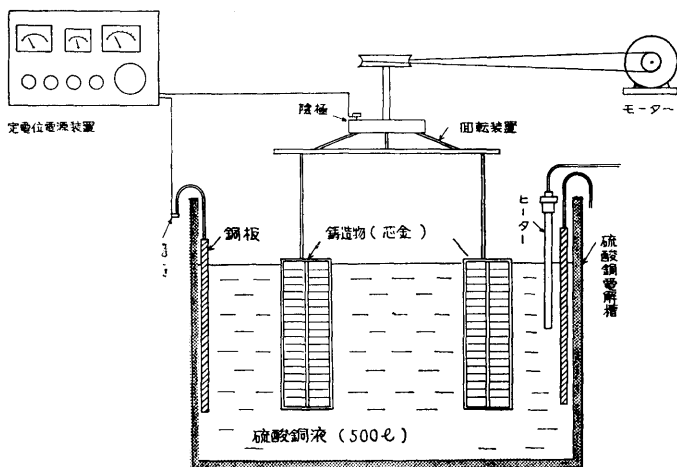


図 4・1 電解鑄造装置

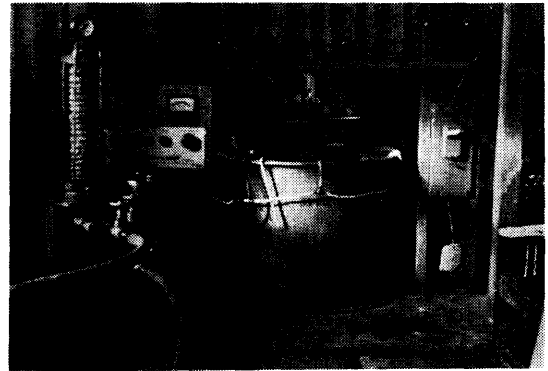


写真 4・1 電解鑄造装置
右から回転装置、硫酸銅電解槽、
定電位電源装置、濾過機

なお本装置の主要目は下記の通りである。

定電位電源装置;

様式	電子管自動平衡式
最大負荷電流	5 A
電解電圧計	38V
設定電圧電流	+0.5V~2.5Vおよび0~5A (切換)

感度	5 mV
入力電源	AC 100V

回転装置;

無段変速式	5~10 r.p.m.
-------	-------------

硫酸銅電解槽;

ポリエチレン塗装, 500 l, 濾過機付

硫酸銅電解槽は、鉄板製の円形槽にポリエチレンを厚く塗装したものである。電解槽の周囲にカネカロン布でゴミの付着を防いでいる銅板の陽極を 7~8 個等間隔に配置する。

回転装置は陰極を電解液中でゆっくり回転し、陰極表面の電解液濃度の低下を防いでいる。また、多数の心金に電着させる場合、陽極との関係位置によつて電着量に差があるから、回転してこれを平均化している。

濾過機は電解液の中に入ったゴミや油、あるいは沈澱物が陰極に付着して悪影響をおよぼさないために必要である。

その他に電解液の温度を一定に保つヒーターが電解槽の中に入れてあ

る。電解液の温度が低い場合には、硫酸銅が析出して液濃度が低下して効率を悪くし、高い場合には電着量は増すが表面が荒れてくる。電解液は硫酸銅の飽和溶液である。

写真4・1の右から回転装置、硫酸銅電解槽、定電位電源装置および濾過機である。

4-3 電解鑄造面の精度

表4・1のノズルピースの中から各種類ごとに、任意に選んだ3～7個について縦に切断して孔の内面を検査した。

表 4・1 ノズルピース製作試験

ノズル 番 号	電解鑄 造 数	ノズルピース数		備 考
		良	不 良	
5-12	85	81	4	断面検査 3
5-14	86	82	4	" 4
5-21	82	81	1	" 3
7-10	85	78	7	" 3
7-12	84	84	0	" 3
7-18	79	79	0	" 4
10-09	94	82	12	" 7
10-10	88	81	7	" 5
10-15	91	91	0	" 3
合 計	774	739	35	" 35

写真4・4は前処理終了後の心金表面と電解鑄造面とを表面アラサ検査機で記録したものである。これは約 0.3μ のオオトツを示しているが、写真3・10と比較して表面状態がほとんど変わらないと考えてよい。また写真4・5は干渉顕微鏡によるものであつて、極めて平滑

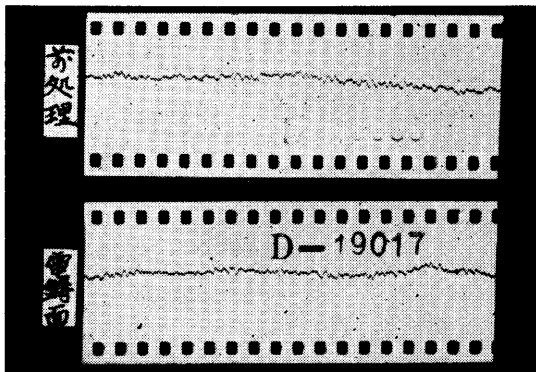
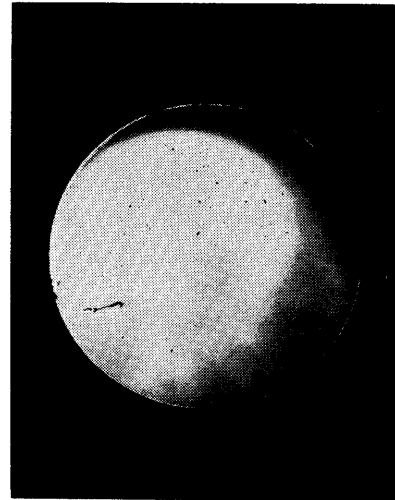


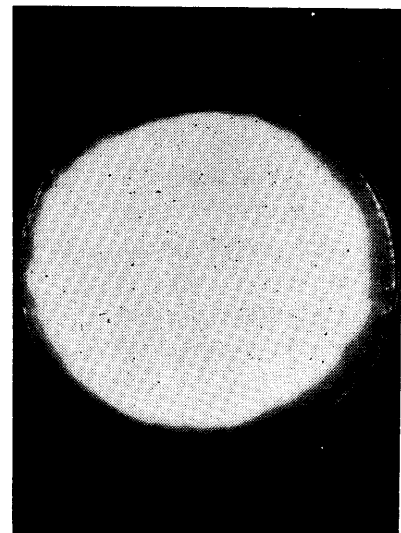
写真 4・4 前処理の終わった心金および電解鑄造面のアラサ
横方向 50倍 縦方向 3,000倍



写真 4・5 干渉顕微鏡による電解鑄造面
干渉縞間隔 3.2μ



スロート



ダイバー部出口

写真 4・6 電解鑄造ノズルの孔形状
万能投影器により撮影

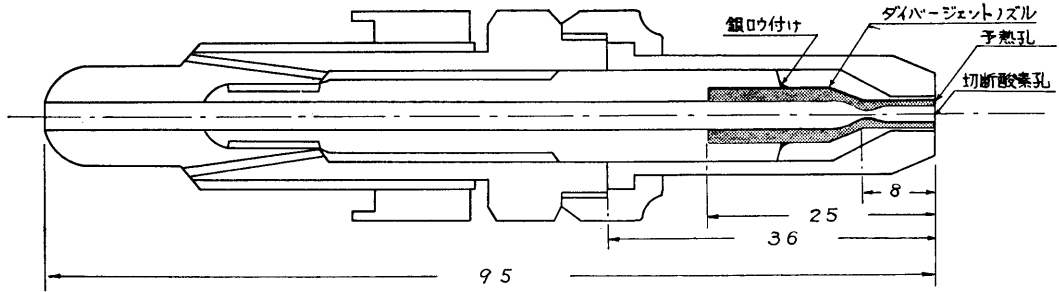


図 4.2 火口縦断面 (組立式)

表 4.2 電解铸造火口組立数

ノズル番号	組立数
5-12	30
5-14	31
5-21	32
7-10	32
7-12	31
7-18	32
10-09	27
10-10	29
10-15	28
合計	272

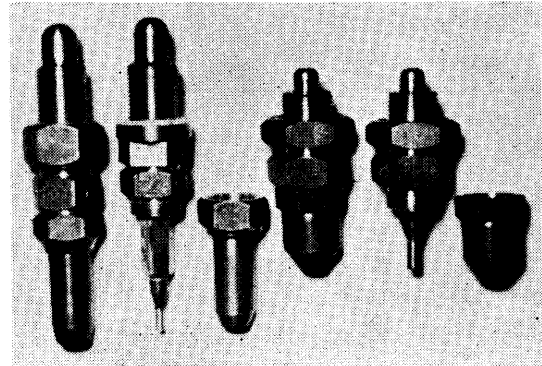


写真 4.7 電解铸造火口

組立型

一体型

である。写真 4.6は孔形状をダイバ一部分の側から万能投影器で撮影したものであるが、よく心金の形を転写していることがわかる。

また電着銅にはプロホール等の欠陥は全くない。

4.4 火口の組立

ノズルピースを表 4.2の通り火口に組立てた。火口は実際のガス切断用トーチに装着して試験するため、実用火口と同じものとし、切断酸素流量に適合する予熱焰をもつように設計した。組立の1例を図 4.2, 写真 4.7に示す。

5. スエーシング

5-1 スエーシングの方法および機械

スエーシングによるノズルの成形方法は図 5.1の通り銅ピースの切断酸素孔および予熱孔に心金を通した

(216)

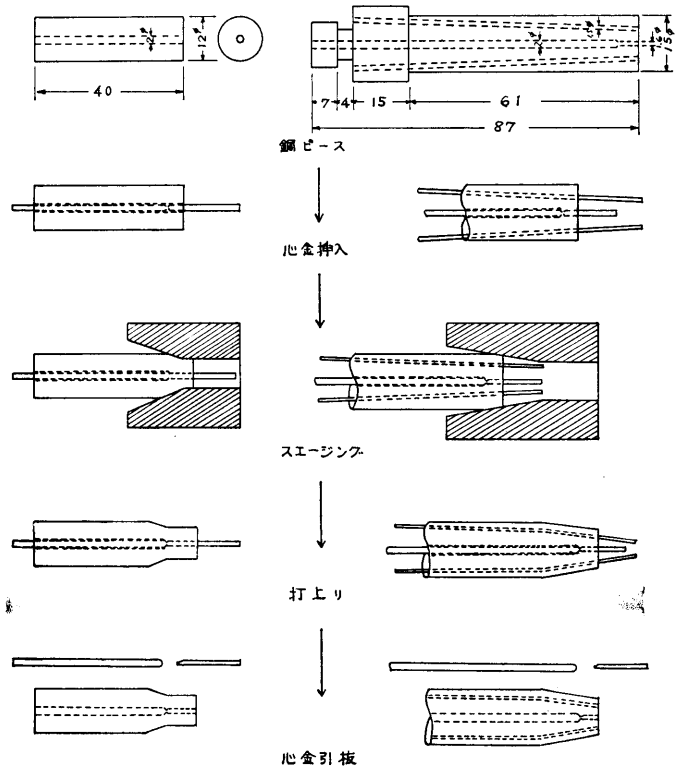


図 5.1 スエーシングの工程

ものを先端からテーパダイスで打撃して、心金に銅を密着せしめた後、心金を引き抜くことである。

銅材が塑性変形して心金に密着するまで打撃を与えるのであるから、心金は充分な硬さと引張強さが必要である。この目的には鋼線がよいので、ロクロの加工性を考慮して快削鋼を使用した。

スエージング終了後、心金の両端をチャックで挟み機械で引張ると、スロート部で切断するから、これを両方に抜き取ることができる。ただし、心金の切断形状はややもすれば図5・2の如く剪断破壊のために、ス

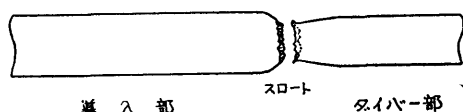
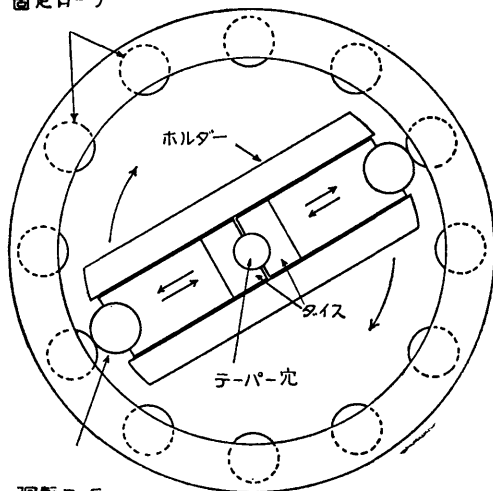


図 5・2 心金を切断したときの形状

ロート径より少し広がった部分が出て、心金を引き抜く際にノズルのスロート部を傷つけるおそれがあるので、心金材料はなるべく硬くてシャリツブの少ないものが望ましい。

固定ローラー



回転ローラー

図 5・3 スエージング機械の打撃部の機構

スエージングの作動を図5・3について説明する。回転ローラーとダイスを収めたホルダーは大きなフライホイールの付いた軸に取付けられている。ホルダーは固定ローラーの付いたケースの中で 50~150 r.p.m. の回転をし、回転ローラーが固定ローラーに接触するたびに内側にはじかれてダイスをたたき、ローラーの位置が対称であるからダイスは向い合つて銅ピースを

打撃し、またホルダーは銅ピースの周りを回りながら打撃するから一様に成形される。

5-2 スエージングの条件試験

スエージングに影響ある下記の6項目について最適条件を求めるため、ノズル番号7-12について試験をおこなつた(図5・4)。

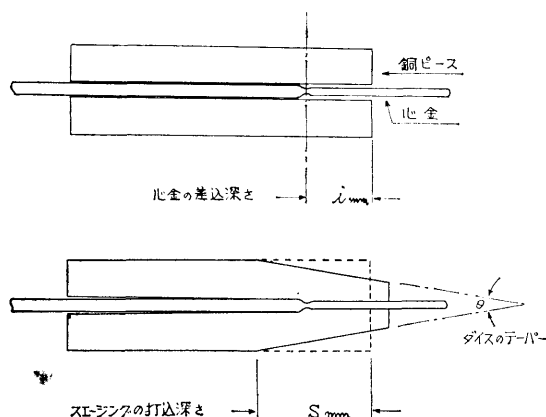


図 5・4 心金の差込深さとスエージングの打込深さ

- (1) ダイス穴のテーパ角度 (θ)
- (2) 心金スロート部の差込深さ (i)
- (3) 打込深さ (s)
- (4) 心金差込孔の形状
- (5) 銅材を焼鈍した場合と圧延のまま
- (6) ダイスと銅材の摩擦の有無

これら他にダイスの重量、打撃速度など機械の構造寸法によつて定まっているものは変えなかつた。

ダイスのテーパ角度 (θ) は20度、25度および30度について打込み試験をおこなつた。20度は打込みは容易であるが成形が不充分であり、30度になると中心軸方向への反力が大きくなって、よい打込みができなく、25度が最も安定した結果を示したので、以後のスエージングは全部この角度で実施した。

心金差込孔と心金との間に隙の少ないほど銅材と心金との肌付がよいことは明らかである。したがつてスロート部を境として、導入部とダイバー部の径に合わせた下孔をあけることが望ましい。しかし、この方法は2工程になるので全体を導入部の径と同一にした1工程の場合と比較した。

材料は JIS-H3401 銅棒2種を使用した。心金との肌付の難易をみるため材料を焼鈍した場合と圧延のままの場合についても比較をおこなつた。

ダイス穴に油を塗って銅材との摩擦を少なくすると外側だけが変形し、心金付近の内部まで絞りが浸透しないので、心金との肌付が悪い。これについては、従来の経験によりタルク粉末をうつつて油気を吸収させ、摩擦を大きくしてよい結果を得た。

以上の条件のもとに心金差込深さ (i) および打込深さ (s) を順次変えて、満足なスエージングのできる範囲を求めた。

試験片は組立型ノズルおよび一体型ノズルの2種類とし、その形状寸法は図5・1の通りである。

一体型は実用火口と同じであつて。スエージングの場合には、予熱孔もピアノ線の心金を入れて実際と同じ状態で打込みをおこなつた。組立型は予熱焔を別の火口から与えられる単一型ノズルをも兼ねるものとして、やや直径の大きいピースで試験した(写真5・2)。

試験の種類は表5・1の通りである。

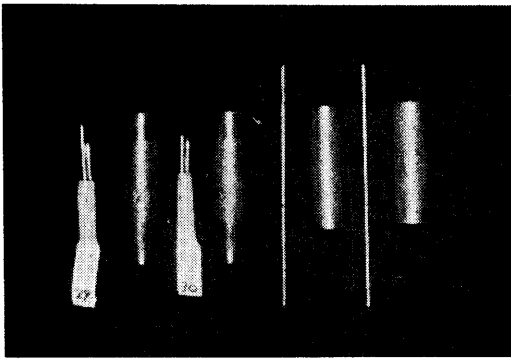


写真 5・2 スエージング試験片

右側 銅ピースおよび心金
左側 スエージング後心金を引き抜いたもの

表 5・1 スエージング試験の種類

火口型式	組立型			一体型
	段なし	段付	段付	段付
下孔形状	段なし	段付	段付	段付
熱処理の有無	圧延	焼鈍	焼鈍	圧延
差込深さ (i mm)	5~15	5~15	4~4.5	3~5
打込深さ (s mm)	0~5.5	0~5.5	3~6	5~9

スエージングの良否を判定するために、打込みの終わったピースを心金の付いたまま中心線で縦断して、心金との密着度、孔の表面の滑らかさ、孔形状の完全さを拡大鏡および万能投影器によつて観察した。これらの良否を数量的に表現することが困難であるから、表5・2のように区分して符号で表わして整理した。

試験片を縦断して内面を観察した結果を、試験の種類ごとに $i \sim s$ の関係で図示すると図5・5~図5・8となる。

図5・5は圧延材のまま下孔径を2.0mm、図5・6は焼鈍材を下孔径を2.0mm、図5・7は焼鈍材を下孔径を1.6mmと2.0mmの段付とした場合の組立型ノズルのスエージングの条件試験である。図5・8は、一体型のノズルを圧延材を用いて下孔径を1.6mmと2.0mmの段付とし、更にダイス打撃面に油の付着し

表 5・2 スエージングの良否の判定

区分判定	心金密着度	表面滑らかさ	内面形状
	良 ○	完全に密着して、隙のないもの	心金の表面と同程度に平滑なもの
稍良 △	稍緊密性を欠くもの	表面に皺や結晶の滑つたオオトツが少しあるもの	心金との一致が稍不十分のもの
不良 ×	明瞭な空隙のあるもの	皺や結晶の滑つたオオトツ又はドリル跡が多量にあるもの	心金の形と合わない部分が多く粗雑なもの

表 5・3 スエージングの適正範囲

火口型式	組立型			一体型
	段なし	段付	段付	段付
下孔形状	段なし	段付	段付	段付
熱処理の有無	圧延	焼鈍	焼鈍	圧延
差込深さ (i mm)	10	5	4	5
打込深さ (s mm)	3	5~5.5	4	5~8

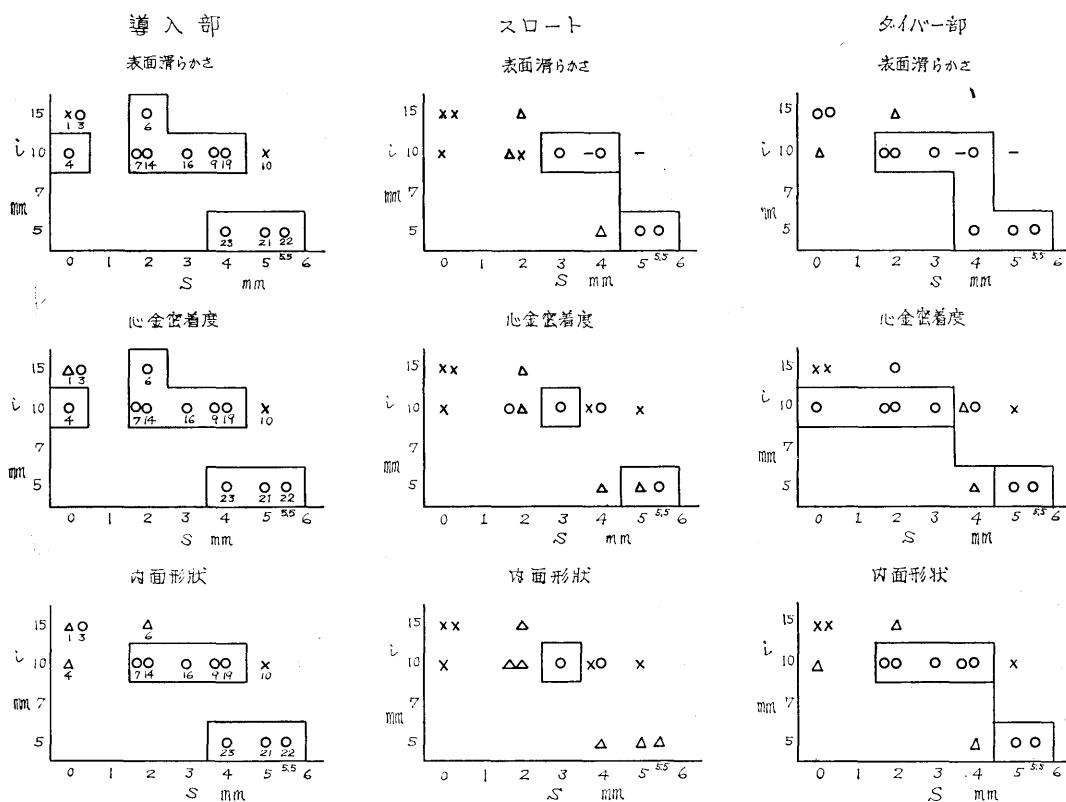


図 5.5 スエージングの条件試験—組立型
(圧延材, 下孔径 2 mm の場合)

(注)

○△×印の下の数字は, 試験片の番号を示す。

図 5.6, 5.7, 5.8 も同様。

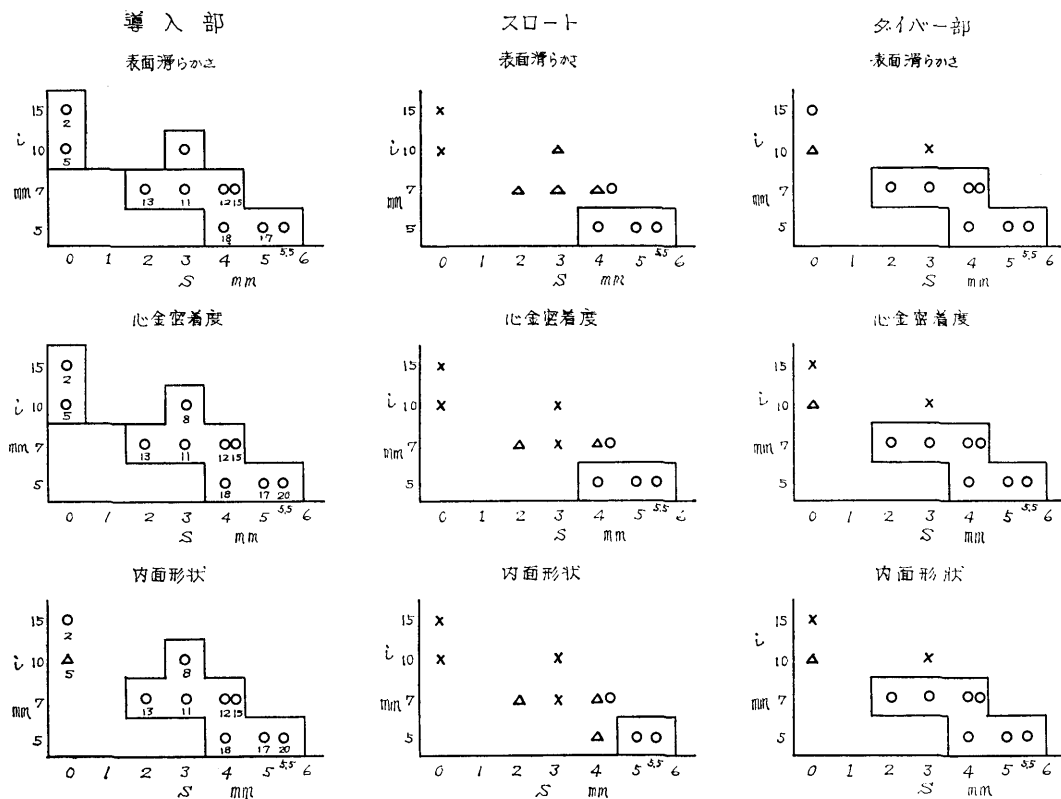


図 5.6 スエージングの条件試験—組立型

(焼鈍材, 下孔径 2mm の場合)

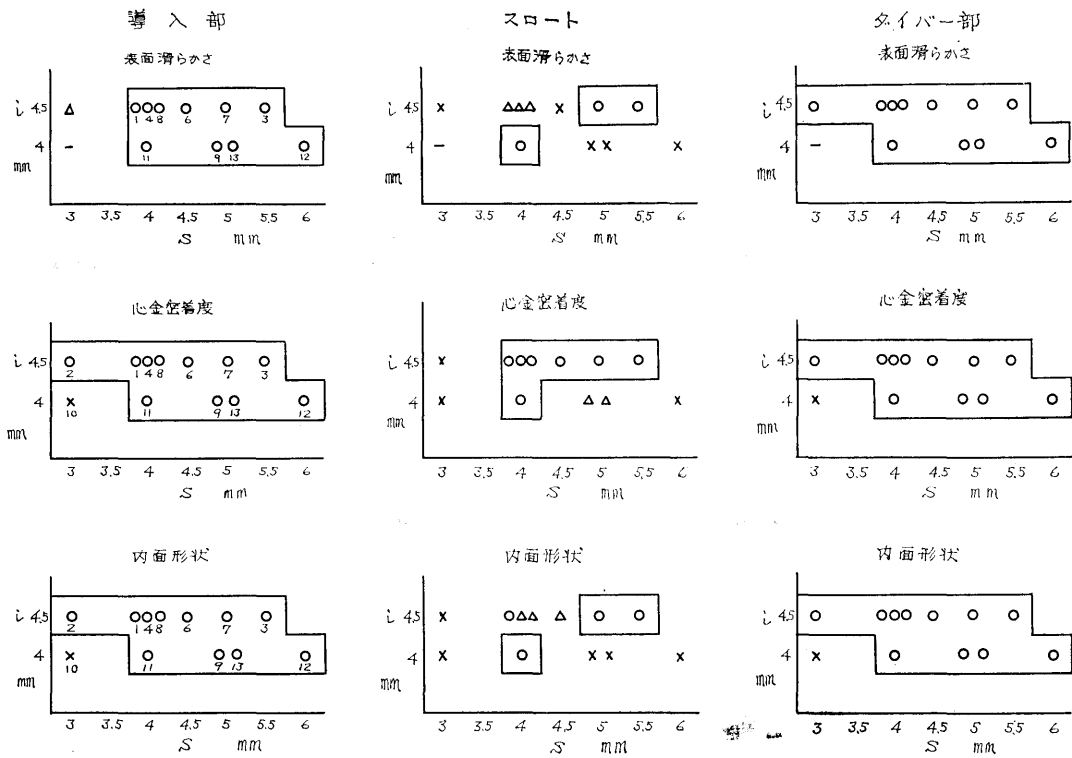


図 5.7 スエーシングの条件試験一組立型
(焼鈍材, 下孔径 1.6 mm と 2 mm の段付の場合)

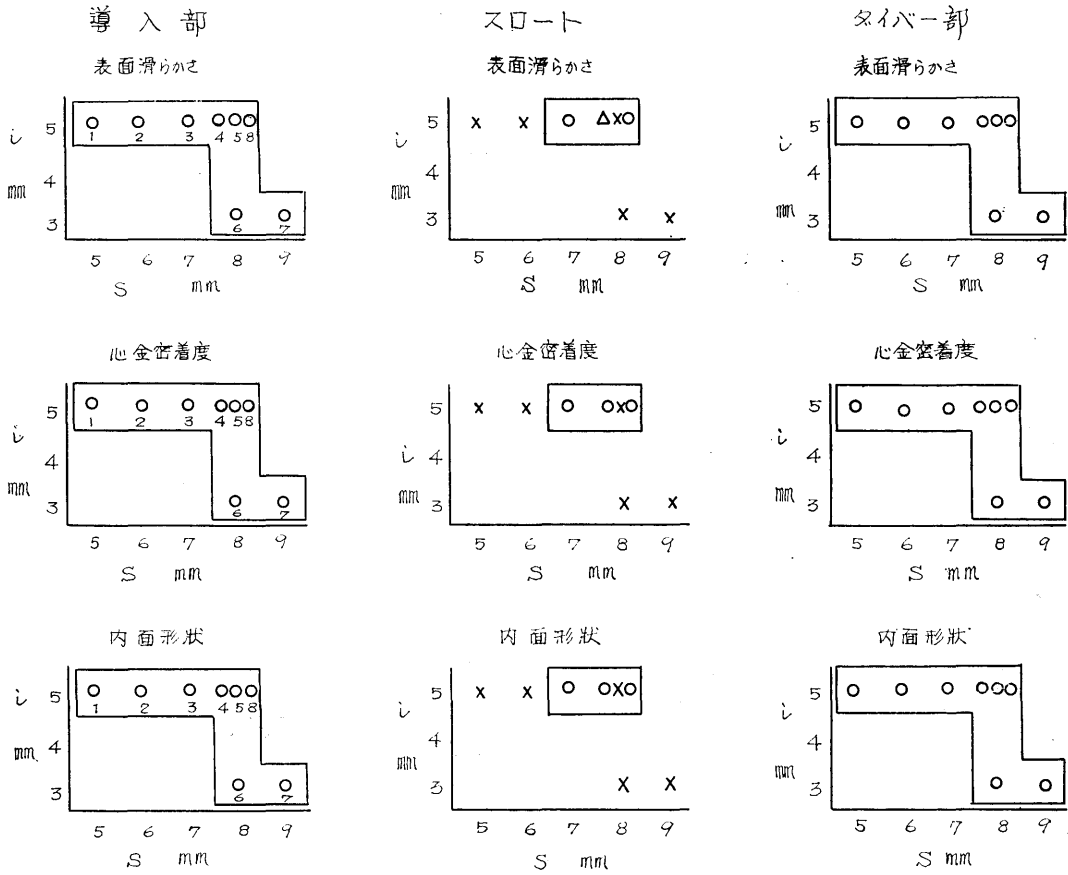


図 5.8 スエージングの条件試験 — 一体型
(圧延材, 下孔径 1.6 と 2 mm の段付の場合)

- 注
- 1, 2, 3, 4, 8 ダイス打撃
面に油なし。
 - 5, 6, 7 ダイス打撃
面に油あり。

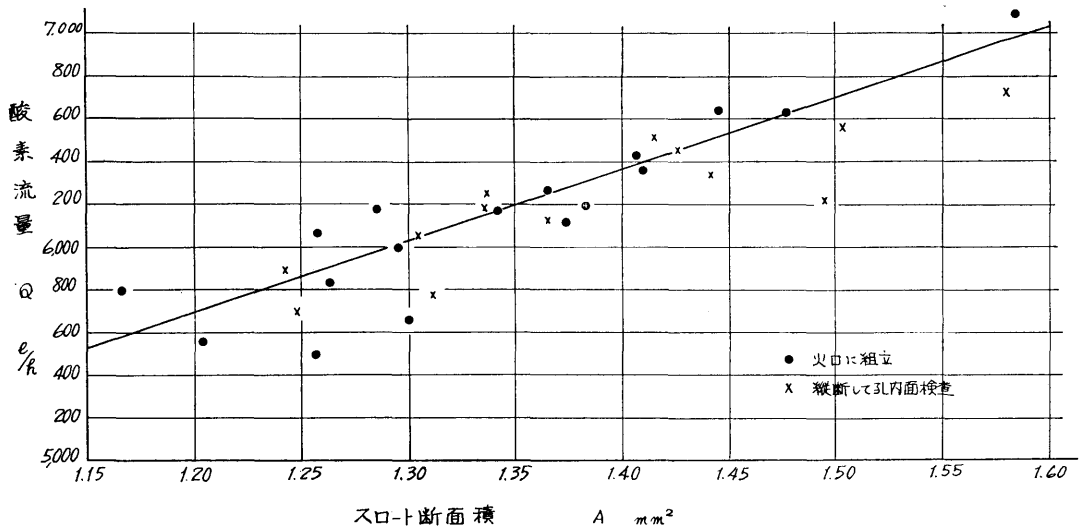


図 5.9 スエージングノズルのスロート断面積と酸素流量との関係 ノズル番号 7-12

ているか否かによる影響を調べたスエージングの条件試験の結果である。

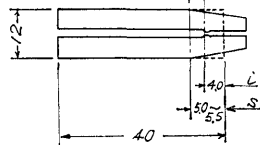
図 5.5～図 5.8 の○印は安定した良好な範囲で、これを一括して表 5.3 に示す。

5.3 ノズル製作

適正条件によつてスエージングした場合の製品の均

表 5.4 スエージング試験片の縦断面観察

心金番号 7-12
 $d = 4.0 \text{ mm}$
 $S = 5.0 \sim 5.5 \text{ mm}$
 スイス穴テーパ $= 25^\circ$
 材質: 金銅 焼鈍



一性およびノズルの性能をみるため表 5.3 の組立型、焼鈍材の条件で、31個のスエージング試験をおこなつた。

ノズル先端からスロートまでの距離は 8 mm である。ノズルのスロートの径を万能投影器で測定し、また所定圧力における酸素流量を測つて図 5.9 のスロート断面積と酸素流量との関係図を得た。

31個のノズルの中17個は火口に組立てた。残り14個を縦断して孔の内面を観察した結果は表 5.4 であり、スロート部に不良のものが少数あるが、その他は満足な状態であつた。

孔の内面の滑らかさは写真 5.3 の通りであつて、平滑な部分は $\pm 1 \mu$ 、粗い部分では $\pm 3 \mu$ である。スエージングの際に導入部およびダイバー部は心金と銅の

試験片 番号	ダイバー部			スロート部			導入部		
	滑らかさ	密着度	形状	滑らかさ	密着度	形状	滑らかさ	密着度	形状
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	△	△	△	○	○	○
10	○	○	○	△	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	○	○	○	△	○	○	○	○	○
14	○	○	○	○	○	○	○	○	○
16	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19	○	○	○	△	△	△	○	○	○
22	○	○	○	△	○	○	○	○	○
25	○	○	○	△	○	○	○	○	○
27	○	○	○	○	○	○	○	○	○
29	○	○	○	○	×	△	○	○	○
30	○	○	○	△	×	×	○	○	○
31	○	○	○	○	○	○	○	○	○

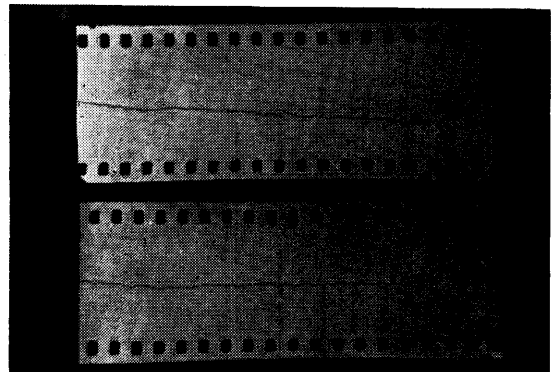


写真 5.3 スエージング面のアラサ
 横方向 50倍 縦方向 3,000倍

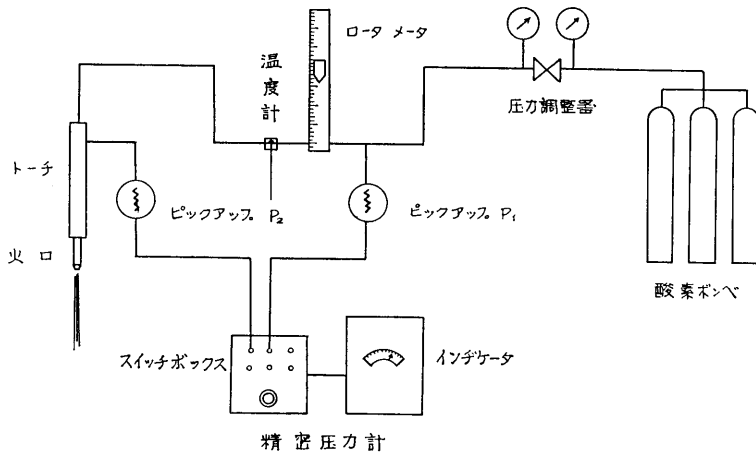


図 6.1 酸素流量測定装置

6-1 測定装置

スロート径の測定および形状の観察には万能投影器を用いた。

酸素流量は図6.1の如き装置によつて酸素の圧力、温度およびロータメータの読みから算出した。ブルドン管式の従来の圧力計は、歯車の抵抗などのため、指示にズレがあり、また最小目盛がアラク 0.5 kg/cm² 程度であり、正確な圧力を知ることができにくいので電気抵抗線歪ゲージを用い

相対的滑りによつて滑らかになり、スロート部は滑りがないので粗いと考えられる。

6. 試作ノズルの性能

表4.2および表5.4の試作ノズルについてスロート径および形状ならびに酸素流量を測つて、製品の均一性とダイバジェントノズルとしての性能を調べた。

ピックアップとインジケータで読む精密圧力計を考案して使つた。本器のピックアップは圧力試験器で正確な圧力を 0.5, 1, 2……15 kg/cm² を与えてインジケータの読みが圧力の ×5, ×10, ×20などの倍数になるように、アテネータで調整した。最小目盛は 0.1

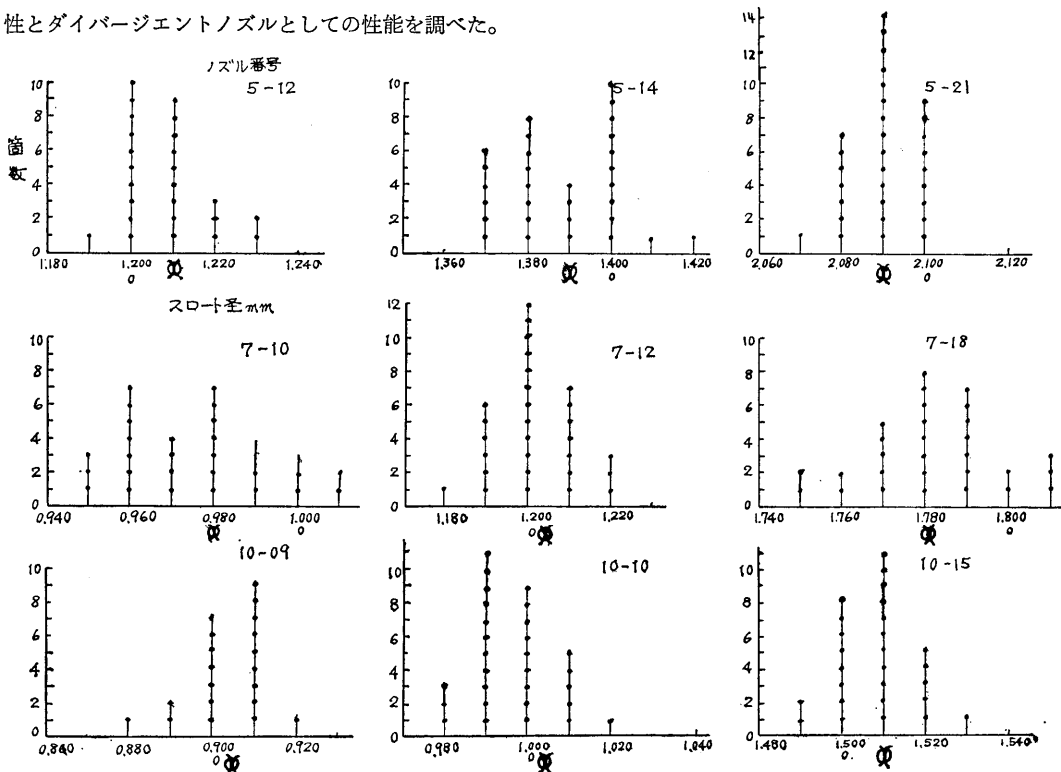


図 6.2 電解 casting ノズルのスロート径分布

kg/cm² である。

酸素の流量計測にはロータメータを使った。一般にガス流量は絶対圧力 1kg/cm²、温度 0°C を標準状態とした場合の単位時間に流れる容積で表わす。任意の圧力と温度のときのロータメータの読みから標準状態の容積を換算するには下式による。

$$Q_0 = Q \sqrt{\frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}}$$

- Q_0 : 標準状態の酸素流量 (l/h)
 Q : ロータメータの読み (l/h)
 p_1 : ロータメータの目盛をした時の圧力 (4.033 kg/cm)
 T_1 : ロータメータの目盛をした時の絶対温度 (293°K)
 ρ_1 : ロータメータの目盛をした時の酸素の比重 (g/cm³)
 p_2 : 測定時のロータメータ内の圧力 (kg/cm²)
 T : 測定時のロータメータ内の絶対温度 (°K)

ρ_2 : 測定時の酸素の比重 (g/cm³)

酸素用のロータメータの最小目盛は 50l/h である。

6-2 ノズルの均一性

ノズルのスロート径を各種類ごとにヒストグラムに表わすと、電解铸造ノズルは図 6・2、スエージングノズルは図 6・3 の通りである。図 6・2 のバラツキの最大巾は平均値 (\bar{x}) に対して $\pm 0.02 \sim 0.03$ mm であつて、図 3・2 の心金のバラツキに較べて 0.005 \sim 0.015 mm 大きくなつている。また設計値と平均値との差は 9 種類のうち 3 種類は 0, 4 種類は 0.01 mm, 2 種類は 0.02 mm である。

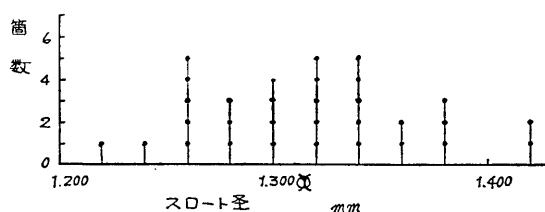


図 6・3 スエージングノズルのスロート径分布
ノズル番号 7-12

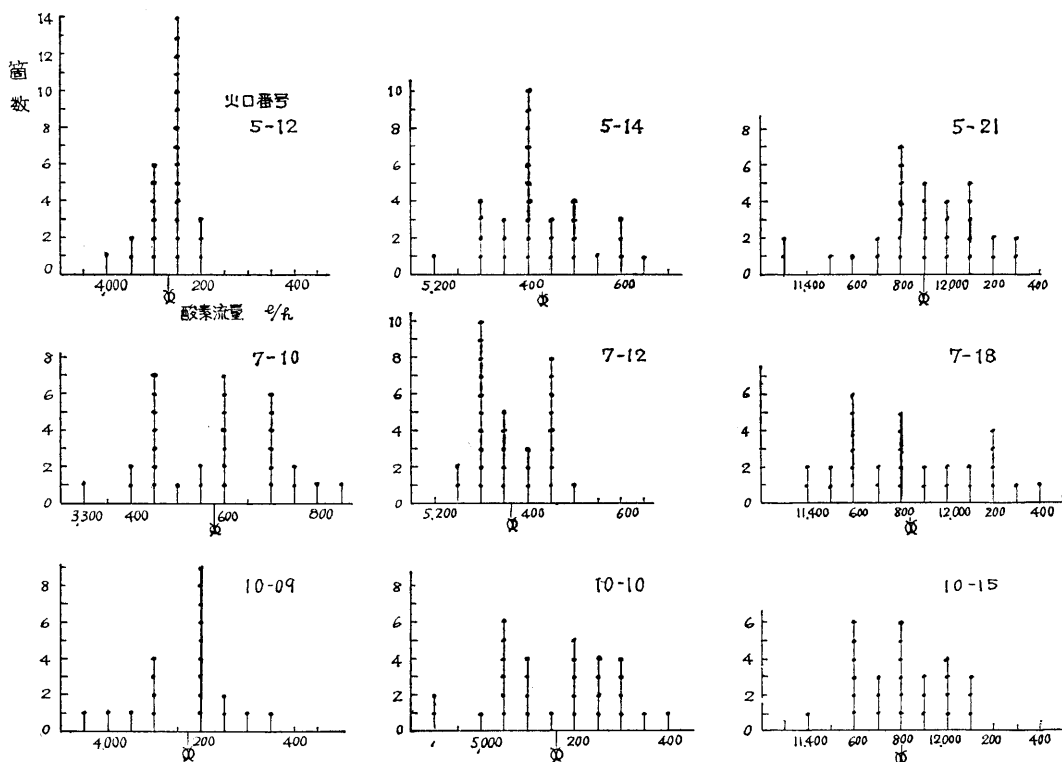


図 6・4 電解铸造ノズルの酸素流量分布

表 6・1 スロート断面積と酸素流量のパラツキ

ノズル番号	5-12	5-14	5-21	7-10	7-12	7-18	10-09	10-10	10-15
スロート断面積のパラツキ%	3.3	3.6	0.7	6.0	3.3	3.3	4.4	4.0	2.7
酸素流量のパラツキ%	2.4	5.0	4.2	6.9	2.3	4.2	4.8	4.9	3.4

図 6・3 ではパラツキの最大巾が $\pm 0.10 \text{ mm}$ 、平均値は設計値より約 0.12 mm 大きい。したがって、スロートの断面積のパラツキの巾は電解鋳造ノズルでは約 1~6% であるがスエーピングでは約 17% である。

酸素流量は図 6・4 および図 6・5 である。スロート断面積と酸素流量のパラツキの巾を比較すると表 6・1 の通りであつて、計測誤差を考慮すればほぼ一致する。

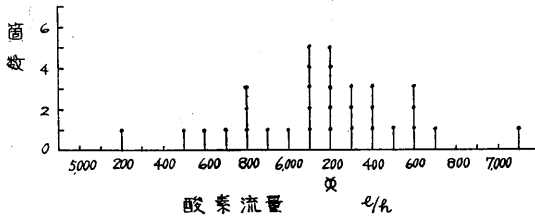


図 6・5 スエーピングノズルの酸素流量分布
ノズル番号 7-12

スエーピングのパラツキの両端を捨てて均一性を高めるために、パラツキの巾を 10% とすれば、不合格率は 20% となり、電解鋳造と等しく 4% に抑えると、約 40% を不合格として切捨てることになる。

6-3 ノズルの特性

試作ノズルの空気力学的特性を確めるため、ノズル入口までの通路による圧力降下が極力少なくなるように作った図 6・6 に示す約 36 l の貯気槽にノズル取付筒を設け、これにノズルを装着した。使用気体は酸素で貯気槽へは数本連結した酸素ボンベから注入し、常に酸素温度と貯気槽圧力を一定に保持して実験をおこなつた。なおノズルからの噴出酸素は大気中に放出せしめた。

ノズル出口の圧力測定はノズル出口より約 1 mm 内側のノズル壁に 0.05 mm の小孔をあけ、この場所の静圧を水銀柱に導いて、ノズルの入口圧（貯気槽のゲージ圧力 kg/cm^2 ）と、ノズルの出口圧力との関係を求めた結果を図 6・7 (a) (b) (c) に示す。ノズル出口圧力 p_2 は入口圧力 p_1 によつて変化し、 p_1 が設計圧力に達するまでは p_2 は大気圧力 p_0 以下であるが

p_1 が設計圧力になると p_2 は p_0 に等しくなり、さらに p_1 が高くなると p_2 は p_0 より高くなる。

これと同じ方法でストレートノズルについて測定した結果は図 6・8 に示す通りである。 p_1 が 2 kg/cm^2 で p_2 は p_0 に大体等しく、 p_1 が 3 kg/cm^2 以上になると直線的に p_2 が増加する。

以上の実験結果から、ノズル出口の酸素の噴出速度を等エントロピの流れと仮定して次の式 (1) および (2) より求めた。

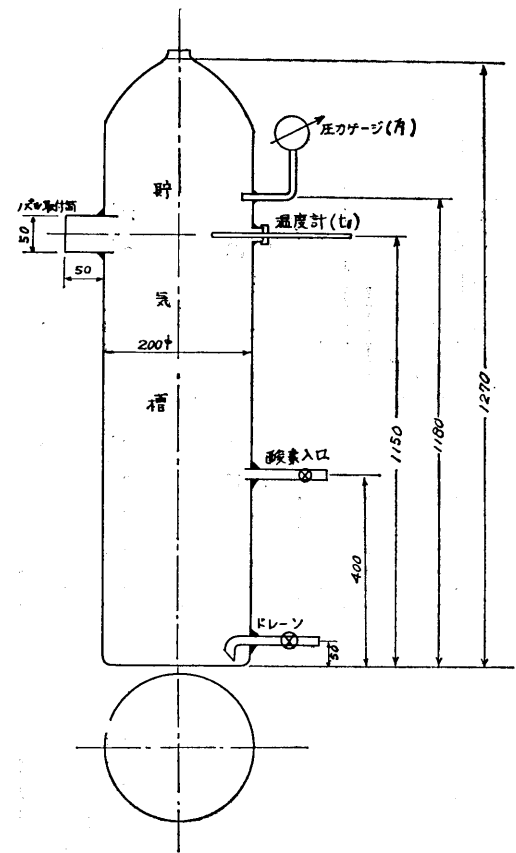
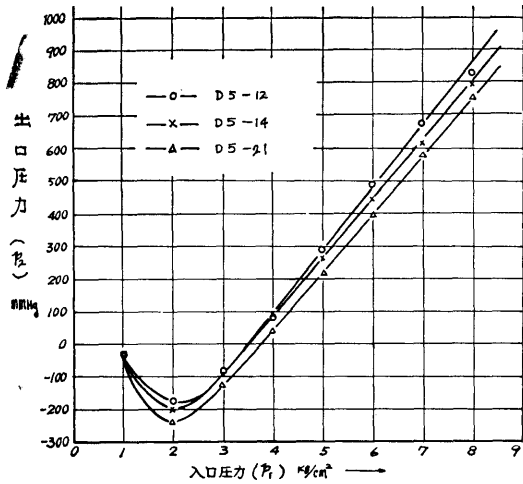
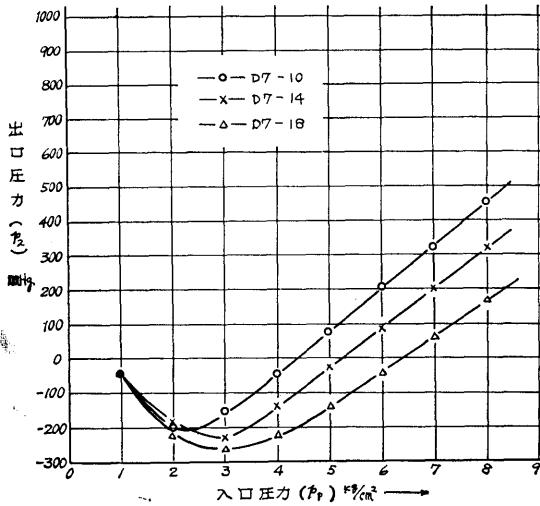


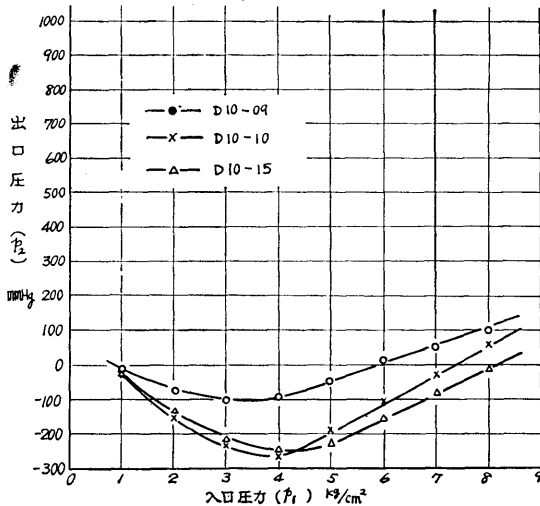
図 6・6 実験装置



(a) 5 kg/cm² 型の場合



(b) 7 kg/cm² 型の場合



(c) 10 kg/cm² 型の場合

図 6.7 ダイバージェントノズルの入口酸素圧力と出口圧力との関係

$$u = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} \left(\frac{p_1}{\rho_1}\right) \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}\right]} \quad (1)$$

$$M = u/a \quad (2)$$

- u : 酸素の噴出速度 (m/sec)
- p_1 : ノズル入口の絶対圧力 (kg/m²)
- ρ_1 : ノズル入口の酸素の密度 (kg sec²/m⁴)
- p_2 : ノズル出口の絶対圧力 (kg/m²)
- γ : 酸素の Cp/Cv
- M : マッハ数
- a : 音の速度 (m/sec)

試作ノズルの入口圧力 p_1 と式(1)および(2)より求めた出口の酸素噴出速度 M との関係を図示すると図 6.9 (a) (b) (c) の通りで、各々ノズルの入口における設計圧力 P_1 の場合、 $D5$ は $1.6 \sim 1.7M$ (計算値 $1.8M$)、 $D7$ は $1.6 \sim 1.9M$ (計算値 $2.0M$)、 $D10$ は約 $2.1M$ (計算値 $2.2M$) となり、いずれも計算値よりやや下廻るが、これは酸素の粘性の影響であろうと考えられる。

何れにしても図 6.7 (a) (b) (c) ならびに図 6.9 (a) (b) (c) で明かのように試作ノズルはダイバージェントの特性を有し、ストレートノズル(図 6.8)と著しく異なっている。

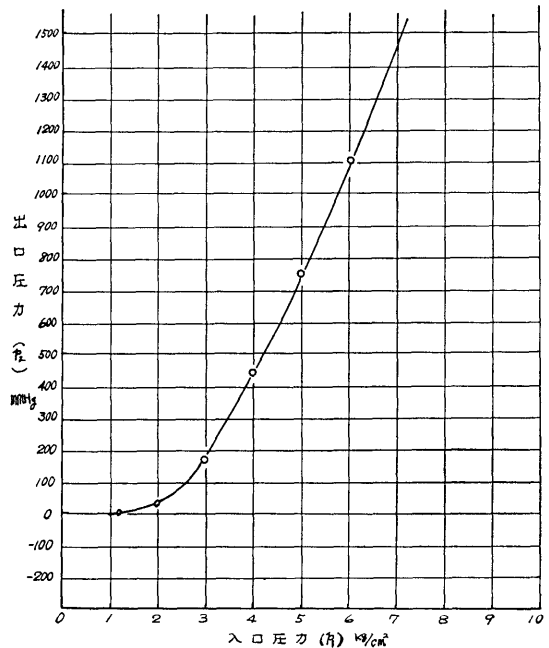
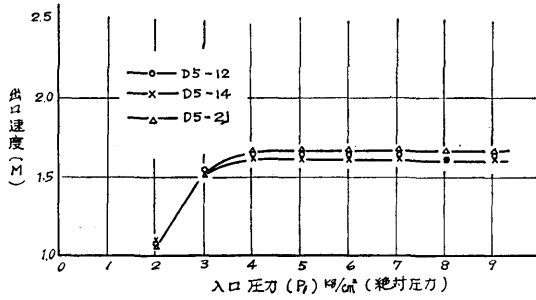
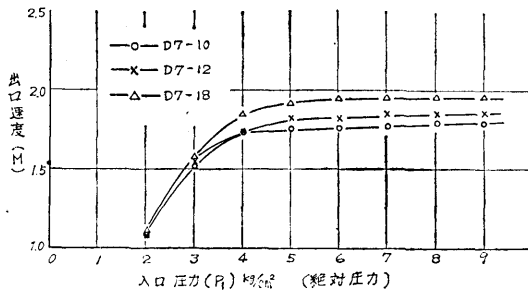


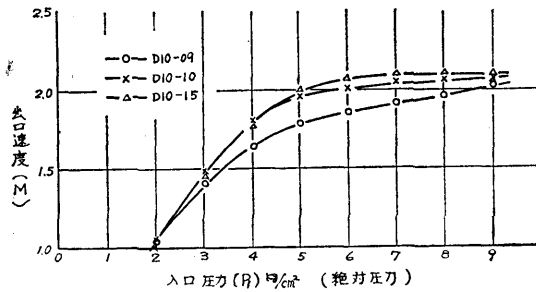
図 6.8 ストレートノズルの入口酸素圧力と出口圧力との関係



(a) 5kg/cm²型の場合



(b) 7kg/cm²型の場合



(c) 10kg/cm²型の場合

図 6-9 ダイバージェントノズルの入口酸素圧力と出口噴出速度との関係

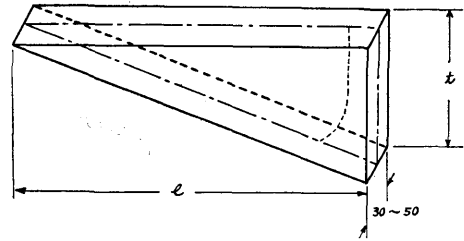
7. 切断試験

試作火口の切断能力を酸素流量を基準として切断速度と切断厚さについて比較した。

7-1 試験の方法

切断酸素の圧力、流量、予熱酸素とアセチレンの流量および火口距離を一定として、低速より切断を始め100~200mm 進行することに順次速度を増し、切断不能にいたるまで連続的に切断をおこない、良質切断速度、最高切断速度を比較した。

また切断厚さについては図7-1の如き傾斜比 1/8~



$l = 300 \sim 600 \text{ mm}$
 $t/l = 1/8 \sim 1/3$

図 7-1 切断試験用三角板

1/3 の三角板を、薄い方から一定速度で切断を始め、切断停止のときを最大切断厚さとした。本実験の被切断材は造船用鋼板である。

なお切断厚さの能力を求めるにはこのような三角板を用いると板厚が連続的に変化するので便利である。

7-2 切断酸素圧力と切断速度

図7-2は板厚 33mm の鋼板を火口 D5-12 および D7-12 で試験したものである。設計圧力の 5kg/cm² および 7 kg/cm² までは良質切断速度も最高切断速度も上昇するが、それ以上に圧力を増しても切断速度は変わらず、かえって下降し、設計圧力が最も適切であることを示している。

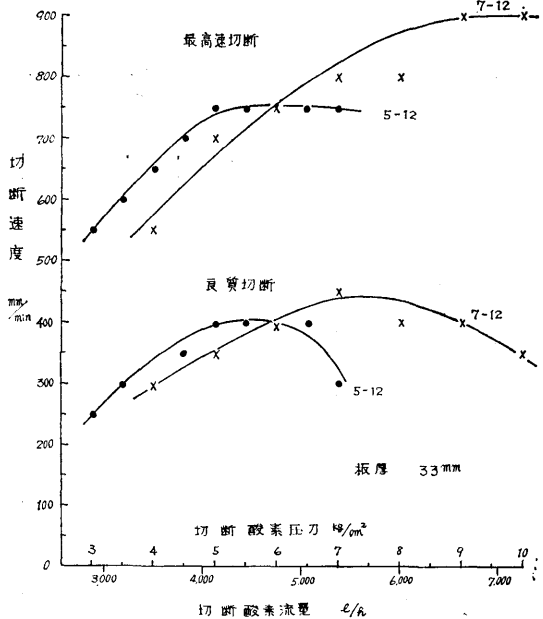


図 7-2 ダイバージェント火口の切断酸素圧力および流量と切断速度との関係

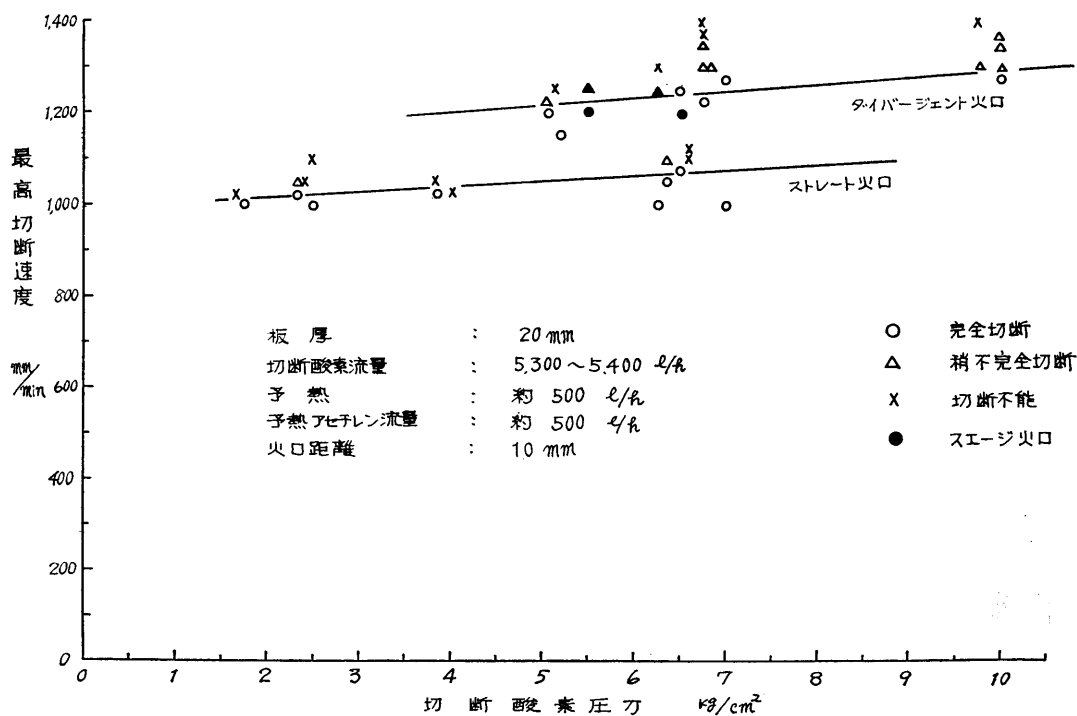


図 7.3 ダイバージェント火口とストレート火口の最高切断速度比較
(等しい切断酸素流量の場合)

7-3 最高切断速度

図 7.3 は D 5-14, D 7-12, D 10-10 の電解鋳造火口のなかから酸素流量の極めて近似のものを選び、これと同量の酸素が流れるようにストレート型火口 No. 1 ~ 5 の圧力を加減して、厚さ 20 mm の鋼板を切断した比較実験結果である。

圧力の上昇とともにダイバージェント型火口もストレート型火口も最高切断速度が増し、圧力が 5kg/cm^2 に上ると約 100 mm/min 速くなる。またダイバージェント型火口はストレート型火口より約 150 mm/min 速い。

7-4 切断厚さ

三角板による切断速度と最大切断厚さの関係を D 5-14, D 7-12 およびストレート火口について試験した結果を図 7.4 に示す。この場合もストレート火口に較べてダイバージェント火口は約 8% すぐれている。

8. 結 論

本研究の成果および所見を次に要約する。

(1) 電解鋳造用にはアルミニウム合金、スエージン

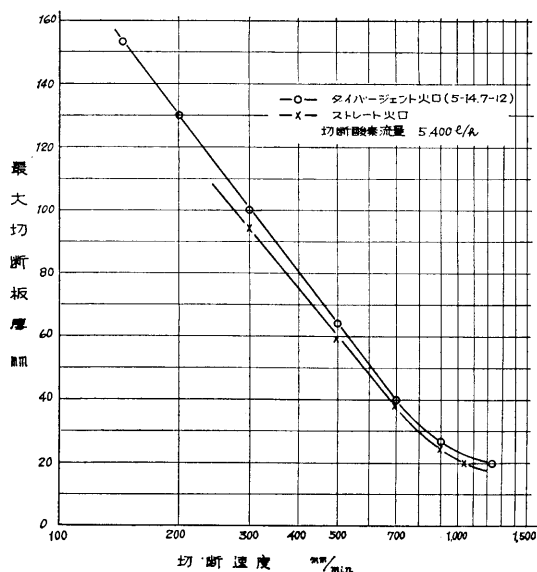


図 7.4 切断速度と最大切断板厚との関係

グ用には炭素鋼の心金を用いてよい。

(2) 心金の径のバラツキは旋削において $\pm 0.02\text{mm}$ 転造によつて $\pm 0.015\text{mm}$ に収まり、転造された表面は鏡面に近い。

(3) 電解鋳造および心金溶解の工程は安定しているため、電気的結合に誤りがなければ、ノズルはほぼ全数が良品として得られる。

(4) 電解鋳造ノズルの精度は心金の精度に等しい。

(5) 電解鋳造による電着銅のビツカース硬度は、圧延銅の約 120Hv に較べて 100Hv であつて、柔らかく、加工の際には多少の注意を要する。

(6) スエージングの適正条件は心金の差込深さ、打込深さなどで求められるが、適正範囲はかなり狭い。

(7) 組立型および一体型ともスエージングできる。一体型は予熱孔も同時にスエージングしてさしつかえない。

(8) スエージングノズルの精度はやや低く、電解鋳造と等しいバラツキに限定すれば、歩留は約60%である。

(9) 試作ノズルはダイバージェントノズルの性能を持つている。

(10) 試作火口はストレート型火口に較べて同一酸素流量に対して、切断速度は板厚 20mm の場合約15%切断厚さは約8%大きい。

(11) 以上のほかに試作の過程から推定すると

(a) スエージングによる場合、ダイバージェント型火口はストレート型火口より心金を多く消耗するほか、スエージング失敗もまたストレート型火口より多いが、心金の価格は火口コストの1~2%であり、スエージングは技術の習熟でストレート型火口と大差ないところに近づくと考えられる。

(b) 電解鋳造によつてノズルピースを作れば、従来のストレート型火口と同様に、ダイバージェント型火口を容易に量産することができる。

あとがき

ノズル形状の設計は石川島播磨重工業株式会社技術研究所、正田行男氏に、転造は株式会社明石製作所に多大の御協力を頂いた。電解鋳造については理科学研究所、木下直治所員および故渡辺正夫氏に、また結果を検討して頂いた日本溶接協会ガス工作法委員会の各位に厚く感謝の意を表する。

付録 電解鋳造の条件試験

電解鋳造法は古くから種々研究され、すでに精密工法として一般的に認められているものの、材料、寸法、形状のすべてについて開発されているわけではない。筆者等が研究対象としたダイバージェントノズルのような形状のものに対する電解鋳造法は現在まで確立されていながつたので、心金の材質による前処理、電解鋳造、心金の除去などについて種々実験をおこなつた結果、次にのべる方法により最良の成果を得た。

1. 心金の前処理

ジュラルミン心金の表面に直接銅を電着することが困難であるから、銅電着の下地として次に述べる(1)~(7)の如き前処理をおこなつた。(1)~(3)は心金の加工中に付着した油脂、表面の酸化被膜、転造によつてできる Beilby's layer を除去して、心金表面を活性化せしめるためである。(4)~(7)は銅が確実に電着するための下地処理である。

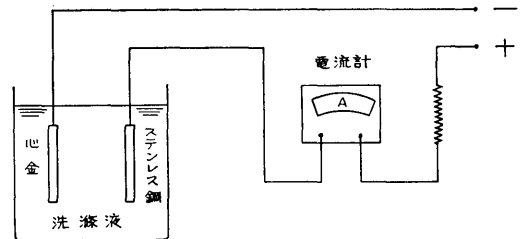


図 I・1 電解洗滌装置

(1) 電解洗滌

図 I・1 の如く洗滌液の中で心金を陰極、ステンレスあるいは銅板を陽極として直流を通すと、心金の表面はわずかながら溶解して新しい金属面が表われる。図 I・2 は電解洗滌時間とジュラルミン17Sの溶解量の関係である。心金の表面状態は時間とともに次第に粗になり、15分後には黒褐色の皮膜 (Fe, Cu, Cr などの析出と思われる) ができ次の(2)の5%塩酸浸漬および(3)の50%硝酸浸漬では完全に除去することが困難である。また心金の径の減少は約 0.017mm である。最適電解洗滌時間は約5分であつた。

電解洗滌液成分 (1ℓにつき)

苛性ソーダ	34.8g
青化ソーダ	34.8g
炭酸ソーダ	16.9g

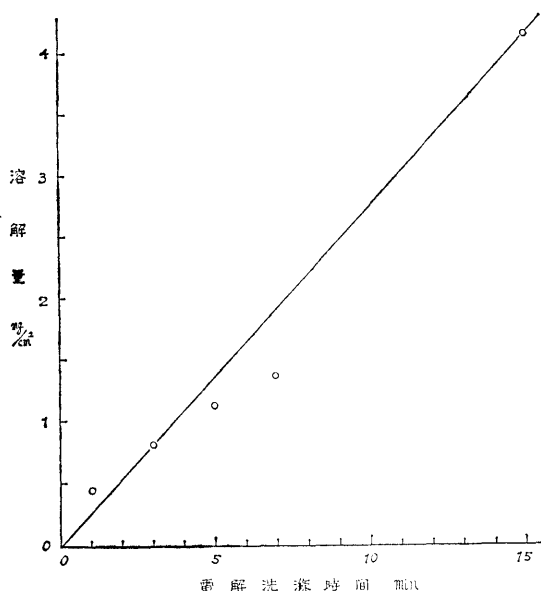


図 I-2 電解洗滌による17Sの溶解

電流密度 2 A/dm²
 洗滌時間 約5分
 液温度 常温

(2) 塩酸浸漬

電解洗滌が終つたら心金を軽く水洗し、直ちに常温の5%塩酸溶液に約5秒浸漬して、再び水洗する。塩酸浸漬は電解洗滌で除き得なかつた析出物を溶解することを目的としている。1~10秒の範囲内の浸漬時間では悪影響があつたと考えられるような表面状態の変化はなく、また減量は微少のため測定できなかつた。

(3) 第1回硝酸浸漬

塩酸浸漬の終つたものを常温の50%硝酸液に約5分浸漬し直ちに水洗する。硝酸浸漬も電解洗滌でできた析出物が塩酸で溶解しきれなかつたものを除くためである。

浸漬時間を1~10秒に変えた場合の表面状態は、3~5秒で被膜が除去され、7秒で微少な斑点ができて、さらに10秒では斑点が増えて平滑度を低下させる恐れがある。したがつて5秒がほぼ適当である。

(4) 第1回亜鉛浸漬

心金の表面に亜鉛を析出せしめるために、次の成分の液に浸漬する。

亜鉛浸漬液成分 (1 lにつき)
 苛性ソーダ 525 g

酸化亜鉛 100 g
 塩化第二鉄 1 g
 ロッセル塩 10 g
 温度 40°C

(苛性ソーダの溶解熱で液温が約80°Cになる)

浸漬時間 約3分

浸漬時間と析出量との関係は図 I-3 の通りである。2~3分で亜鉛被膜がほぼ形成され、5分で完全に被覆される。この結果から浸漬時間は3~5分で充分である。

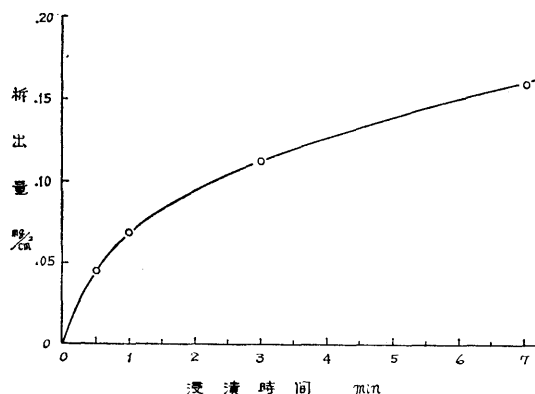


図 I-3 第1回亜鉛浸漬による析出

(5) 第2回硝酸浸漬

第1回目の硝酸液に再び浸漬する。これは電解洗滌の際できたへこみに析出している亜鉛を残して、他の亜鉛被膜を除くためである。このようにして心金の表面のオオトツを等しくして平滑ならしめる。顕微鏡観察によれば1秒でへこみ部のみを残して他の亜鉛被膜は除去されるが、以後5秒程度までは変化がない。したがつて2~4秒浸漬して直ちに水洗すればよい。10秒になると表面に微少斑点ができて、平滑度に影響があるようである。

(6) 第2回亜鉛浸漬

第2回目の硝酸浸漬の終つた心金を、第1回目の亜鉛浸漬と同じ液に約1分入れて、第2回目の亜鉛浸漬をおこなう。第1回目の亜鉛浸漬と硝酸浸漬で心金表面の微少なへこみ箇所を亜鉛で埋めておいて、滑らかになつたものに再度一様に亜鉛被膜をコーティングするためである。

顕微鏡で観察すると、1分で完全に被膜が全面にできる。浸漬時間と析出量との関係は図 I-4 の通りであつて、1分間に沈着する被膜の厚さは約70 μm であ

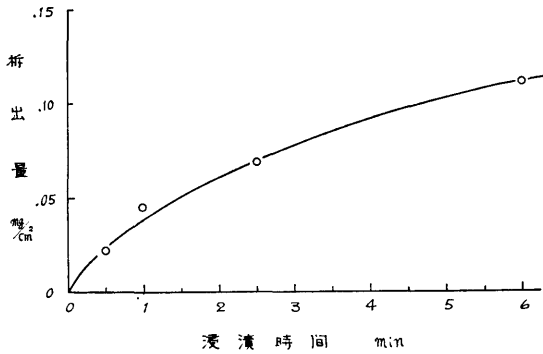


図 I-4 第2回亜鉛浸漬による析出

るからノズル積度には影響しない。

(7) ロツセル銅メッキ

電解鑄造の最初の析出銅が均一に心金表面に付着しないと以後の電着がよくないので、亜鉛の上にさらにロツセル銅メッキをおこなつて銅の初層を安定ならしめる。

次の成分の溶液中に心金を陰極に、銅板を陽極として電着する。

ロツセル銅メッキ液成分 (1lにつき)

- 青化銅 26g
- 青化ソーダ 35g
- 炭酸ソーダ 30g
- ロツセル塩 45g

これを約 60°C の蒸留水に溶かす。

- 電流密度 1 A/dm²
- 温度 40~60°C
- 電着時間 5~10分

以上で前処理は終るが、各工程ごとに水洗して液の混入しないことに留意する必要がある。また油脂などの付着にも特に注意しなければならない。

2. 銅電着

銅電解鑄造用液には酸性銅メッキ液と青化物液があるが、前者の方が作業および管理が容易であるのみならず、電流密度が大きく電流効率が高い。本研究では前者に属する、次の硫酸銅と硫酸との混合液を使用した。

銅電解鑄造液成分 (1lにつき)

- 硫酸銅 200g
- 硫酸 70g

これを蒸留水に溶かす。

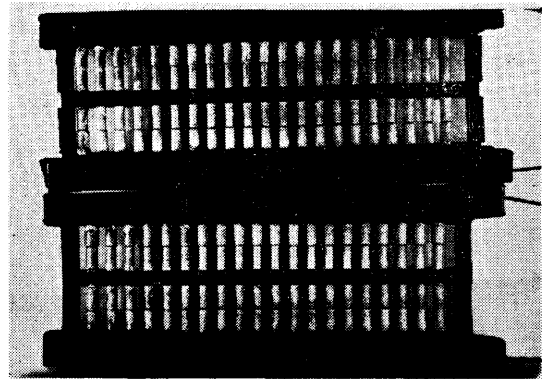


写真 I-1 ベークライト枠で電解鑄造を終つたところ

電流密度 3 A/dm²
温度 27°C

前処理を終つた心金を写真 I-1 の如く、ベークライトの枠に装着し、回転装置に取付けて電解液中に浸す。枠1個について心金40個を装着した。

心金に銅が電着して太くなると、表面積も増すので電流密度を一定に保つためには順次電流を増さなければならぬ。電流密度と電着量との関係は図 I-5 の通り比例する。また電流密度を増すと次第に電着面に

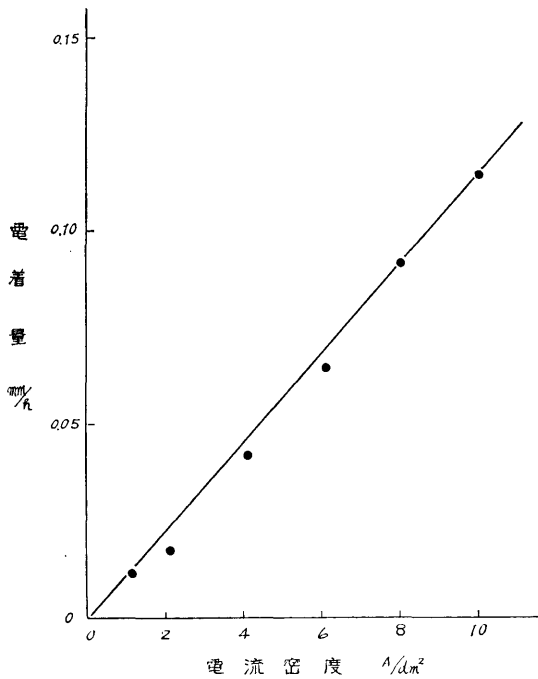


図 I-5 電流密度と銅電着量との関係

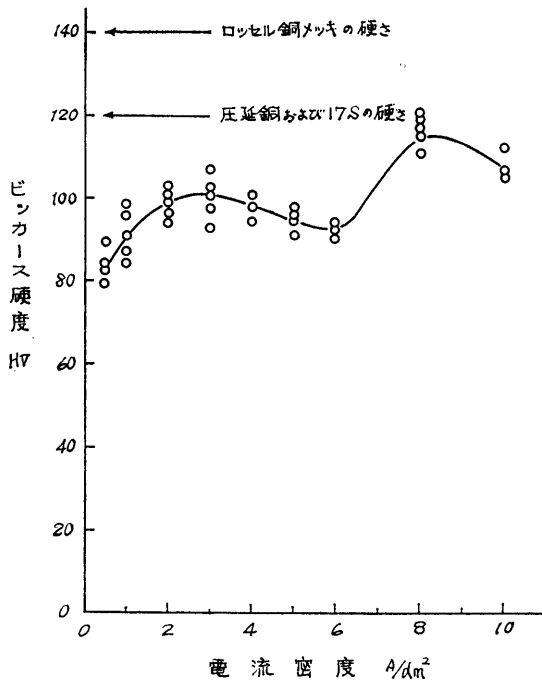


図 I-6 電流密度と電着銅の硬さ

ぼつぼつとこぶ状のものできて形状を損うが、滑らかな電着をする電流密度の最大限は $2 \sim 3 \text{ A/dm}^2$ である。

図 I・6 は電流密度と電着銅の硬さの関係である。電解鑄造銅は圧延銅 (120HV) に較べて柔らかく (約 100HV), 加工には注意が必要である。

電着量は陰極の突端に特に多くなる傾向があつて、枠の端の心金は他のものより太く、またこぶ状のものでき易い。枠の位置などすべて対称的にして、様な電流密度となるように注意しなければならない。

3. 心金の除去

心金と電着銅とは緊密に接着していて機械的方法では容易に除去できないので、化学的に溶解して取除く方法を用いた。水 1 l に苛性ソーダ 200 g を溶解したものを、硝子ビーカーに満し、電解鑄造したピースを吊り下げて煮沸する。心金が溶解した後にアルミニウム水酸化物が残存するので、5%硝酸液で洗滌し、

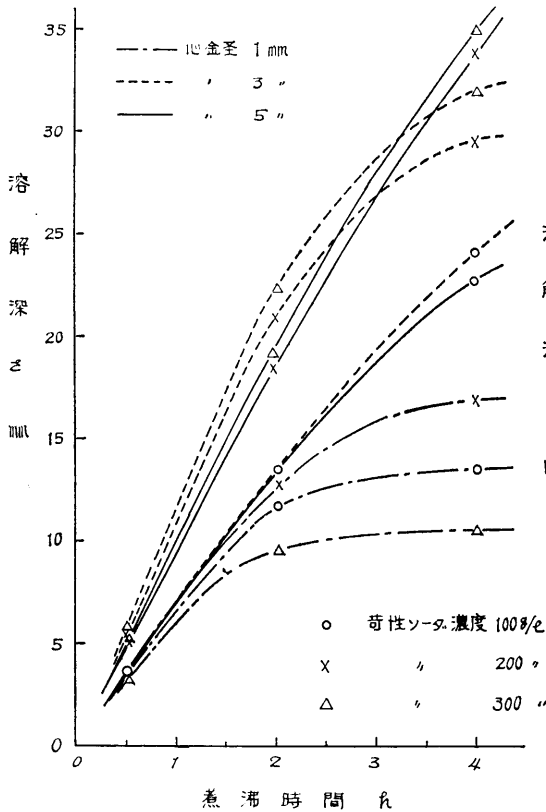


図 I-7 溶解液の濃度と17S心金の溶解速度の関係

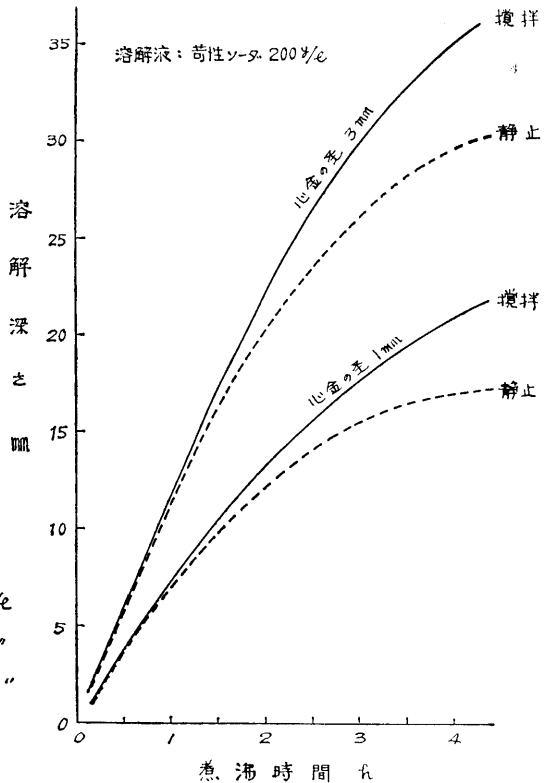


図 I-8 溶解液攪拌による17S心金の溶解速度

50 g/l の青化ソーダで洗滌する。更に水洗後熱湯を通して乾燥する

心金の溶解は苛性ソーダ液の濃度，温度，攪拌の度合によつて速さが異なる。図 I・7 は 17S 心金の太さを 1, 2 および 3 mm とした場合の液濃度と溶解したノズル孔の深さとの関係である。図 I・8 は攪拌の効果を示すものである。

参 考 文 献

- 1) 中村虔一, 中村古宗。ガス切断に関する研究(第一報) 可視気流の長さとも末広ノズルについて。溶接学会誌, 第12巻第4号。
- 2) Foelsch, K. The Analytical Design of an Axially Symmetric Laval Nozzle for a Parallel and Uniform Jet. Journ. Aero. Sci., Vol. 16, No. 3, March, 1949.
- 3) 河村竜馬, 正田行男, 小口伯郎, 野口糸子。Foelsch の方法を用いて計算した超音速測定筒(二次元および軸対称)の数表とこれに関する若干の実験結果。航空学会誌, 第3巻, 第20号