

プラズマ切断の実用化

Applicated Actual Working of Plasma Cutting

妹 島 五 彦*
Itsuhiko Sejima

光 沢 富 雄*
Tomio Mitsuzawa

富 岡 恵 二*
Keiji Tomioka

内 容 梗 概

プラズマ切断の研究は数年来、国の内外を問わず非常に盛んであり、その実用化も相当進んでいる現状にある。筆者らは2, 3年前よりこの実用化研究を開始し当初の目標を達成した。

特にプラズマ切断法による型切断 (shape cutting) に非常に効果をあげている。本報告は基礎実験を含めてプラズマ切断の実用化についてその概要を述べたものである。

1. 緒 言

非鉄金属ステンレス鋼などの溶接法が確立された現在、良質・高速度、かつ容易な切断法を確立するためにプラズマジェットによる切断法が、社内外において種々研究され、実用化の方向に向かっている。

筆者らはアルミニウム・銅・ステンレス鋼などの切断用にアメリカ Linde 社製プラズマーク装置と自家製の特殊直流溶接機を併用して実用化に成功し非常に効果をあげている。

本方法は純然たる物理的切断方法であるためアルミニウムはもちろんステンレス鋼、銅および軟鋼などの高速切断も可能であり切断面もきわめて美麗である。

また従来の機械切断や粉末ガス切断に比較して3～4倍の能率向上を達成することができた。

2. 切断原理と本切断の性能

本切断法は周知のようにタングステン電極と母材の間に直流正極性のアークを発生させ、このアークをアルゴン、水素の混合ガスとともにノズルを通過させる。このアークは高温高速ガスジェットの性質をあわせ持ち、材料の狭い帯状部を急速に溶融し高速ジェットにより溶融部を連続的に吹き飛ばして除去する。

切断として採用しているのは電極と導電材料の間にアークを出す移行式と呼ばれるもので第1図に本切断法の電気回路を示す。

次に本切断機の性能を示す。

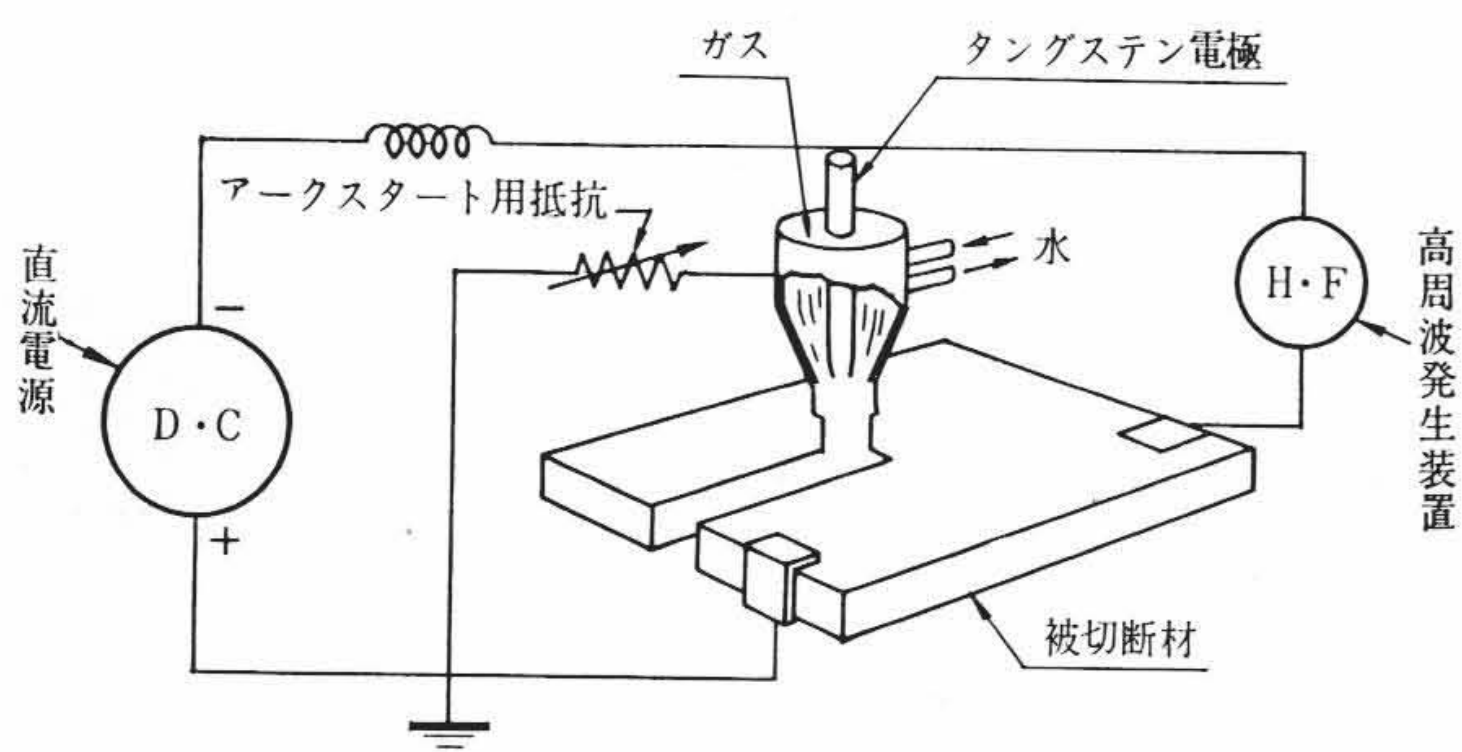
性 能

(1) 切断速度がきわめて早い。

Al 材の板厚 6 mm の切断に1分間数メートルの速さで切断可能である。標準切断条件でも特に Al 材切断の場合には他の機械切断に比較して約10倍の速度で切断可能である。

(2) 切断可能板厚が大きい。

Al 材の場合一般に 38 mm まで、ステンレス鋼の場合 25 mm ま



第1図 切断電気回路

で高速度で切断可能であり一部の部品を交換し電源の電流・電圧・ガス流量を増加することによりステンレス鋼 60 mm の板厚も切断可能である。

(3) 切断面が美麗である。

切断面は非常に美しく、一般的にわずかのドラグラインが残る程度である。

(4) 切断費用が安い。

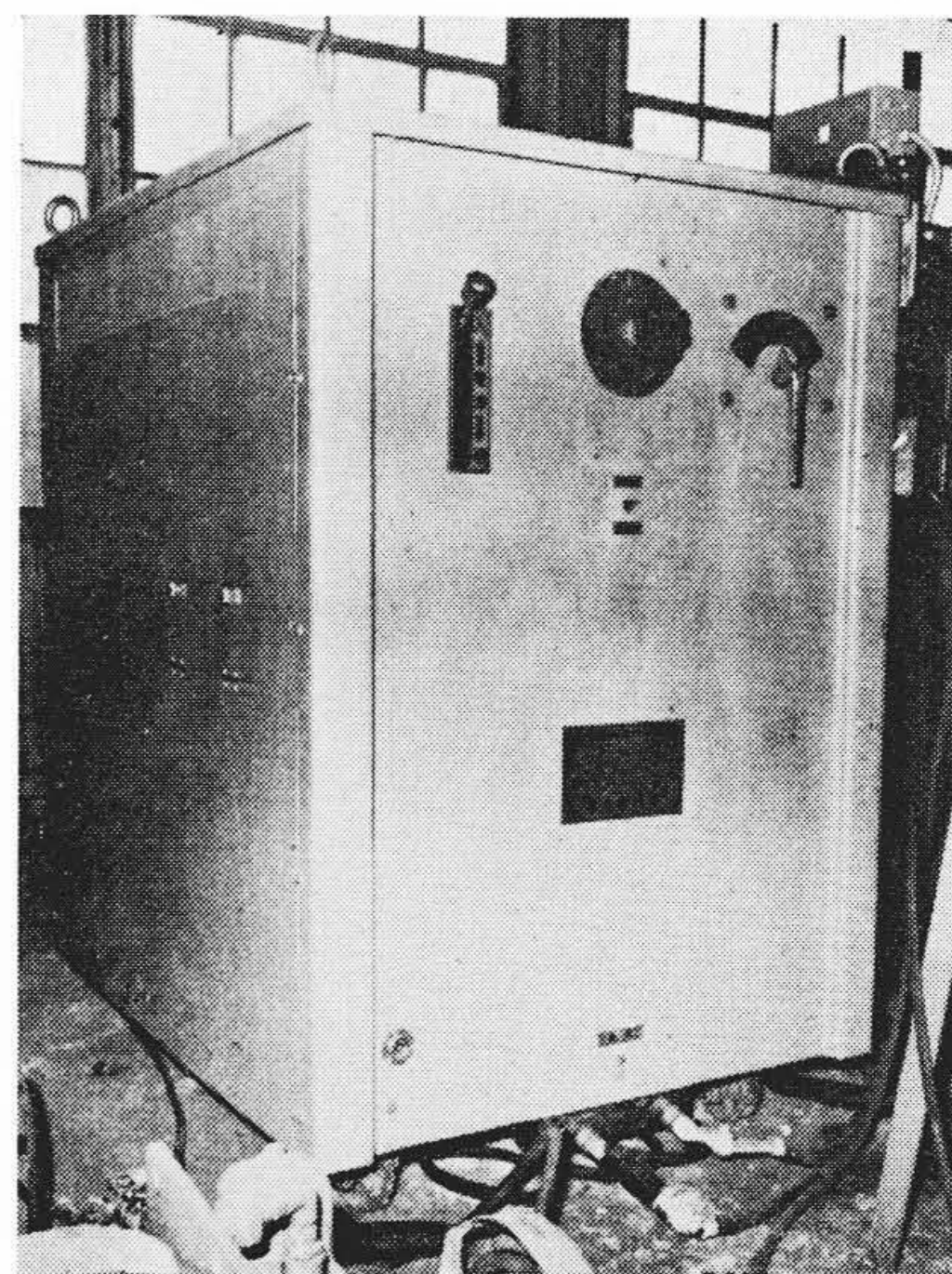
切断速度が非常に速く、かつ一般的に切断後の処置を必要としないため工数が著しく節減される。

3. 基礎実験 (電気的特性試験)

3.1 電流・電圧特性

アーク回路に流れる電流は外部回路の抵抗または電気特性を変えることによって広範囲に増減が可能である。本切断機は移行式であるため材質板厚および速度によって異なり電圧・電流をは握しがたいため下記条件のもとに電圧・電流特性を測定した。

- (1) ノズル端と電極端の距離 約 3 mm
- (2) ノズル端と母材表面までの距離 8 mm
- (3) 切 断 ガ ス $\text{Ar} + \text{H}_2$ (15%)

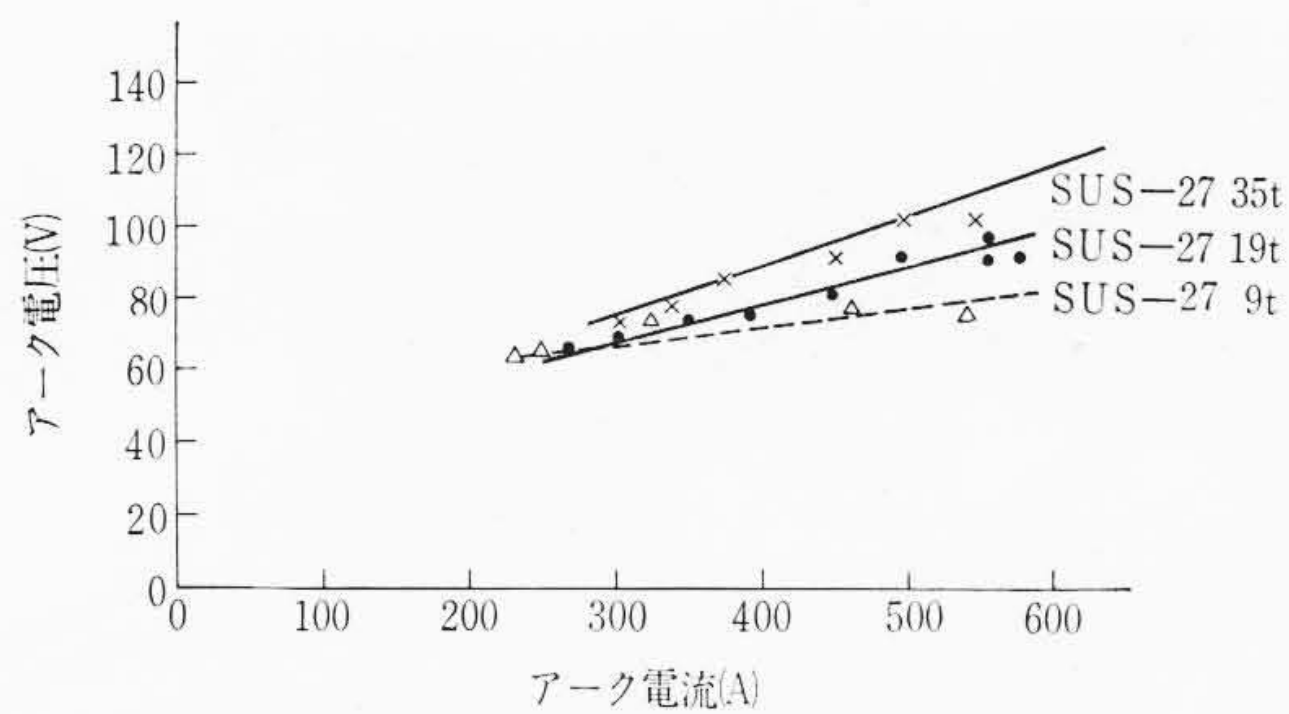


第2図 直流溶接機

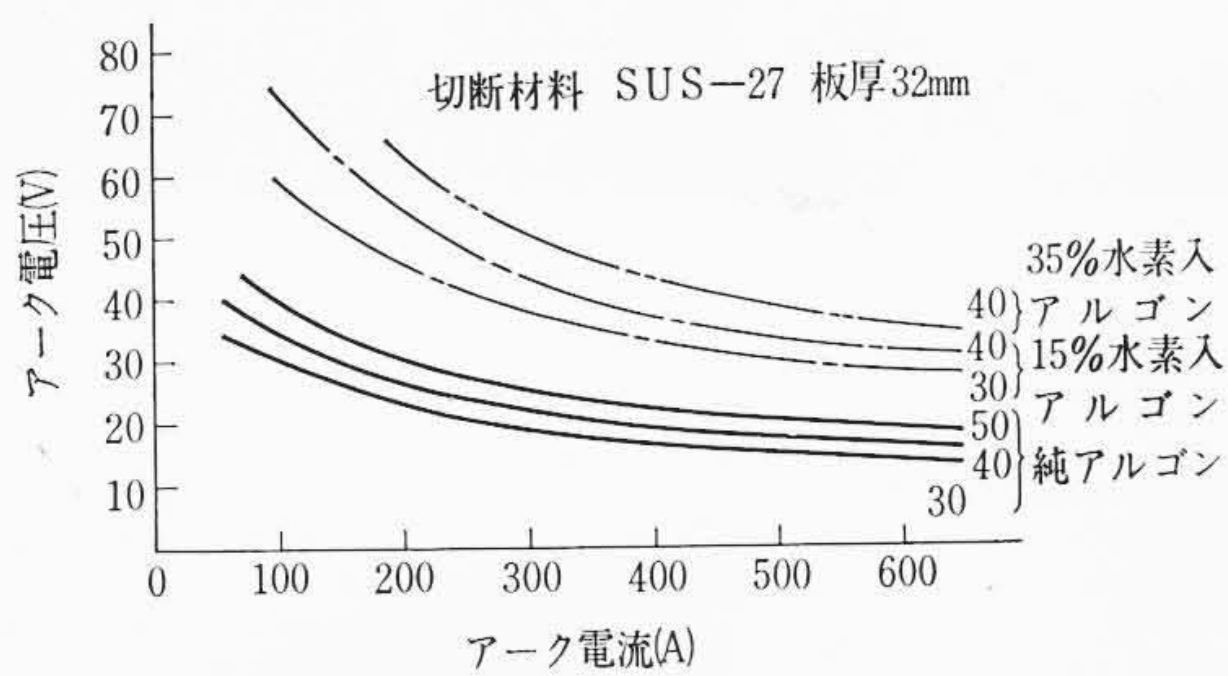
第1表 直流溶接機仕様

種 別	DW-750	定格1次入力	約 55 kVA 約 44 kW
定格1次電圧	200 V $\pm$ 20 V	電 流 調 整 範 囲	750 ~ 75 A
定格出力電流	750 A	整 流 器	シリコン整流器
定格負荷電圧	45 V		

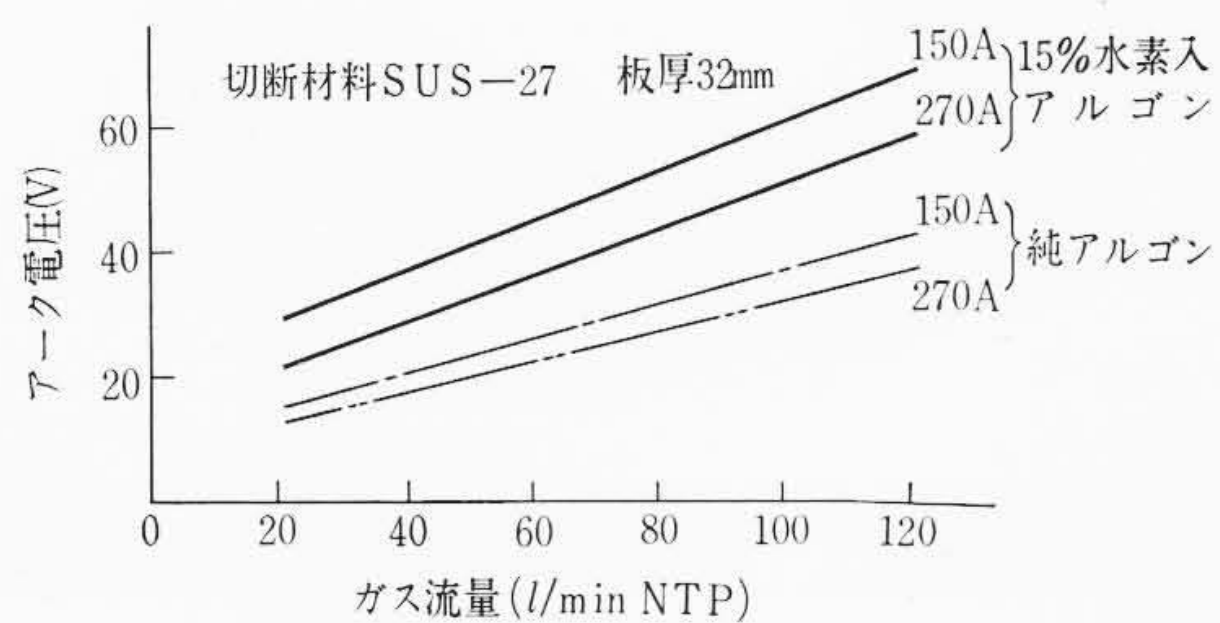
* 日立製作所日立工場



第3図 電流電圧特性 (その1)



第4図 電流電圧特性 (その2)



第5図 ガス流量アーク電圧特性

(4) ガス流量 40 l/min

(5) 切断速度 一定

電源は日立製作所日立工場製 750A シリコン整流式直流溶接機 2 台を直列に接続し使用した。アーク電圧が相当高いため(80~90V) 電源に無負荷電圧の高い直流電源が必要なわけである。第2図は直流電源の外観を、第1表は直流電源のおもな仕様を示す。

測定の結果を第3図に示す。

次に第4図は電流電圧特性を気体の種類流量をパラメーターとして試験した結果を示す。

図からわかることは持続放電領域では電流電圧特性は負性抵抗性を示すことである。かつ気体の種類流量によりある一定の形を示す傾向にある。すなわち水素のような2原子分子気体が混入すると、分子の解離エネルギーに相当する電圧の上昇がみられる。また気体流量が増加することでも電圧は上昇する。

3.2 気体流量と電圧

気体流量とアーク電圧の間にも相関関係がある。

測定の結果を第5図に示す。

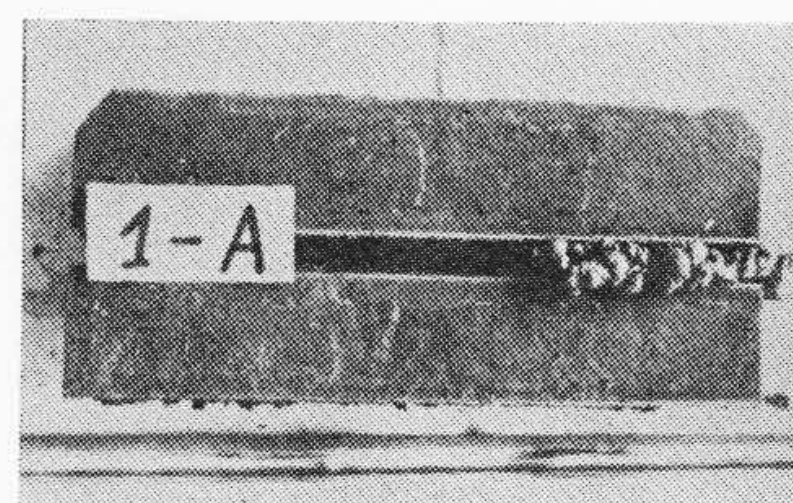
測定の結果電圧が流量の一次関数として表わされることおよび気体の種類によってそのこう配常数が多少異なっているということである。

4. 切断条件の変化による切断面への影響

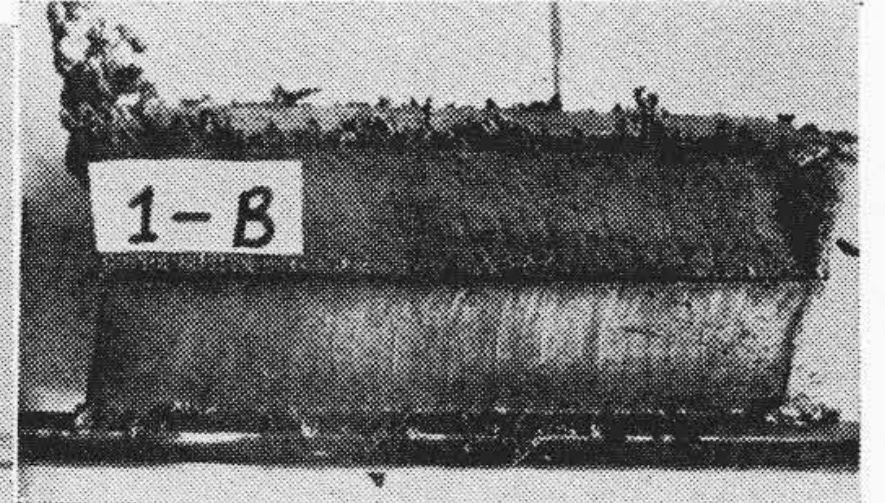
ステンレス鋼非鉄金属の標準切断条件を定めるために行なった実験結果を以下に示す。これらの一連の実験に使用した材料はすべて SUS-22 板厚 32 mm×50×200 である。

第2表 試験片切断条件表

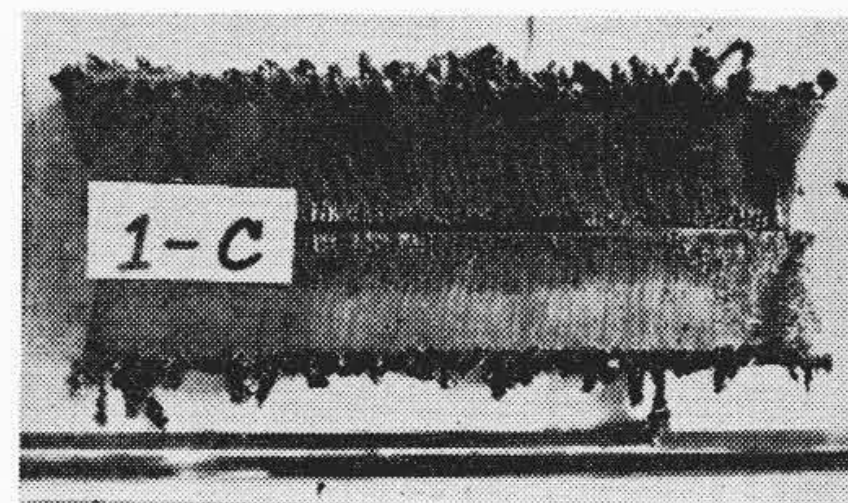
試験片番号	電 流 (A)	アーク電圧 (V)
1 - A	330	74
1 - B	430	83
1 - C	550	92
1 - D	590	98



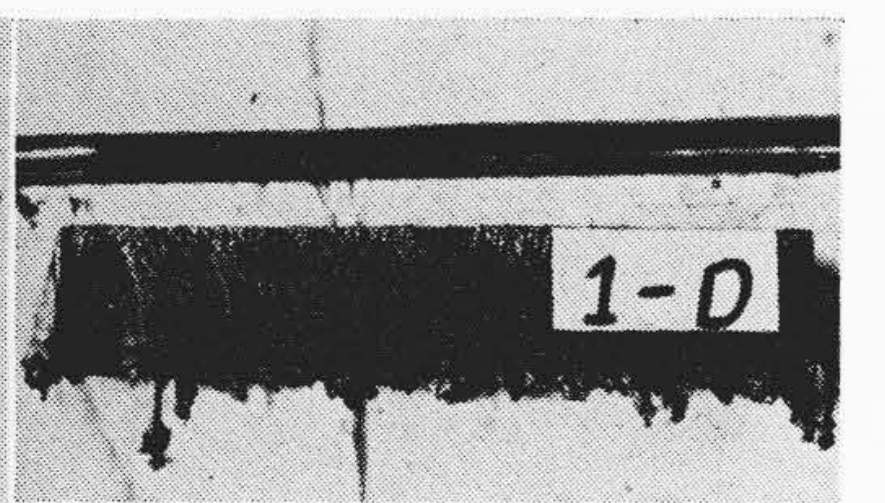
切断不可・切断面きわめて美麗



終端部一部切断不可・面美麗・ドロス多し



ドロス多く条痕あるも面良好



ドロス多く面に条痕あり,中央部凹面状を呈す

第6図 切断面の電流の変化による影響

第3表 試験片切断条件表

試験片番号	速 度 (mm/min)	電 流 (A)	電 圧 (V)
2 - A	160	540	100
2 - B	200	580	96
2 - C	310	620	92
2 - D	430	670	88
2 - E	470	650	86
2 - F	530	670	85

4.1 電流変化の影響

水素混合 15% のガスを使用して電流の変化による切断状況を調査した。

第6図に切断面の電流による影響を示す。

傾向として電流の増加とともに切断面は荒くなり切断幅は広くなる。あまり高くするとノズル電極の消耗を誘起する。さらに電流が過大になると溶融量が多くなり、切断面中央部に凹みを生ずる傾向がある。

4.2 切断速度の変化による影響

標準切断条件のうち切断速度のみ変化させ切断面の状況を調査した。切断速度が遅すぎると、アークはとぎれがちになり、また熱影響範囲が大きくドロスもはなはだしく切断面は美麗でない。

一方切断速度がはや過ぎると断面が凹状となり、切断不能となる。また電流電圧を一定にしても切断速度の変化により電流電圧も変動する傾向を示す。

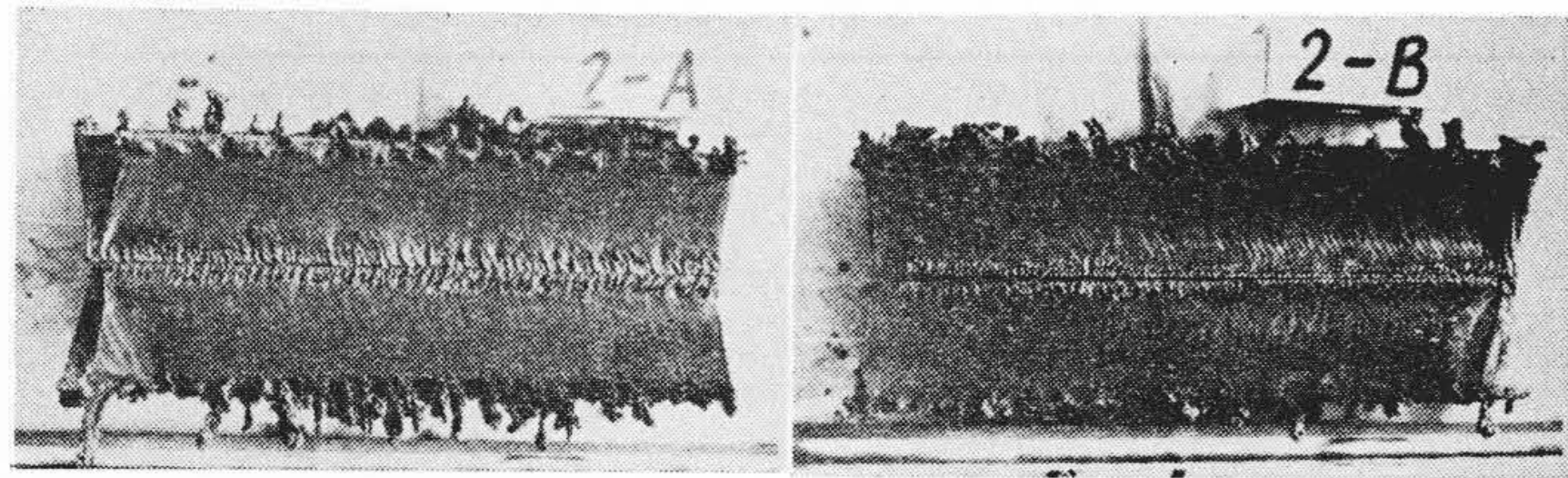
第7図に切断面の速度の変化による影響を示す。

4.3 切断ガス圧力の変化の影響

ガス圧を増せば流量も増しジェットは高速で噴出しドロスを除去

第4表 試験片切断条件表

試験片番号	ガ ス		電 流 (A)	電 圧 (V)
	kg/cm ²	l/min		
3-A-2	7	47	670	88
3-B-2	9.1	59	640	92
3-C-2	11.2	70	620	93
3-D-2	14	82	615	94

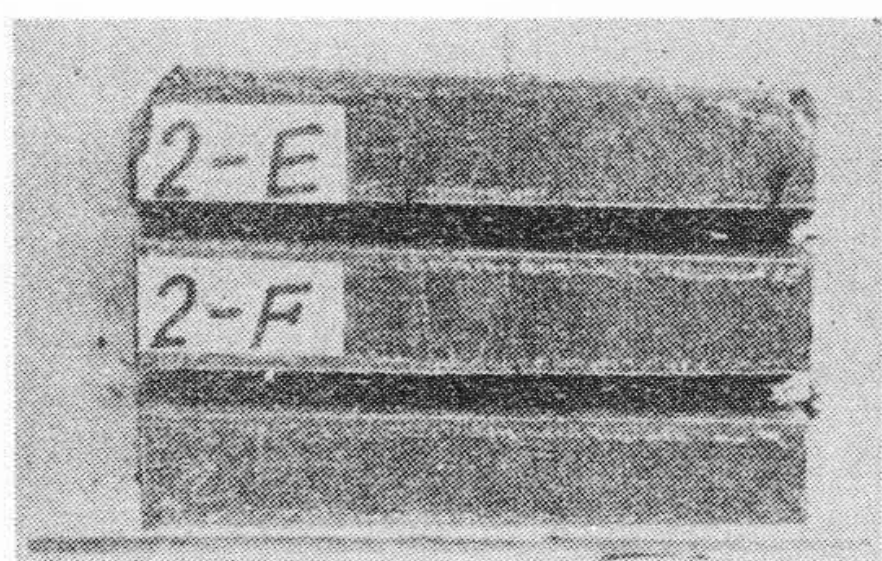


面美麗なるが凹面状を呈しドロス多し

面美麗なるがドロス多し

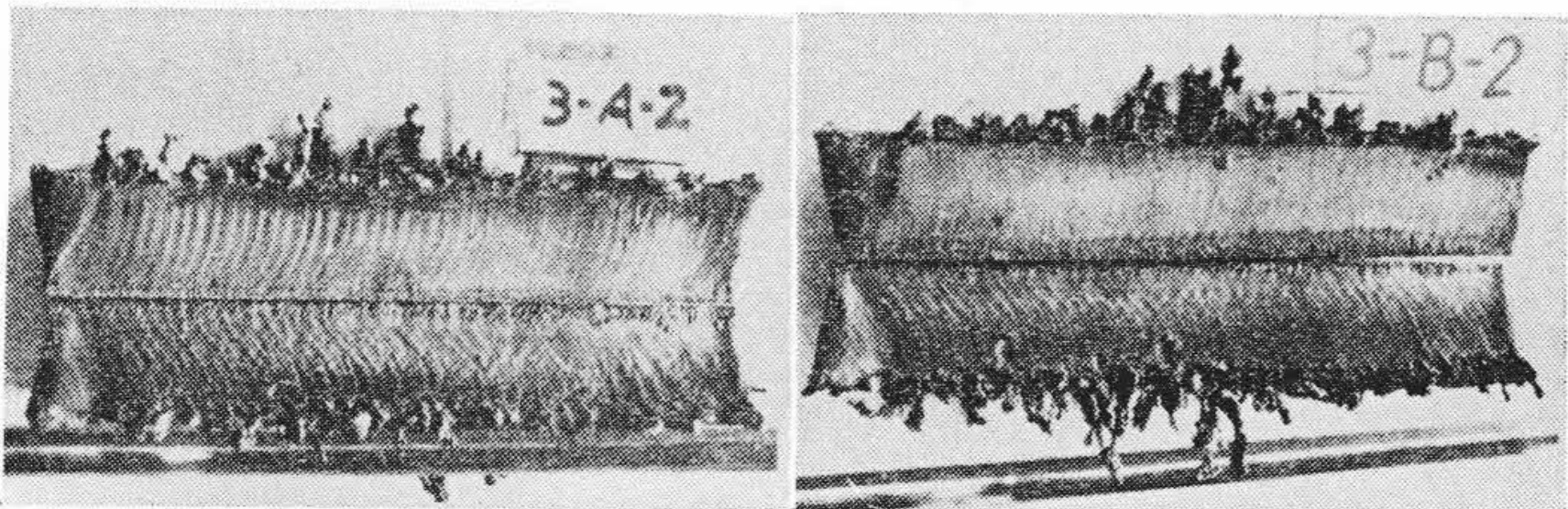
面美麗なるも条痕あり、ドロス多し

面良好なるもドロス少量付着す



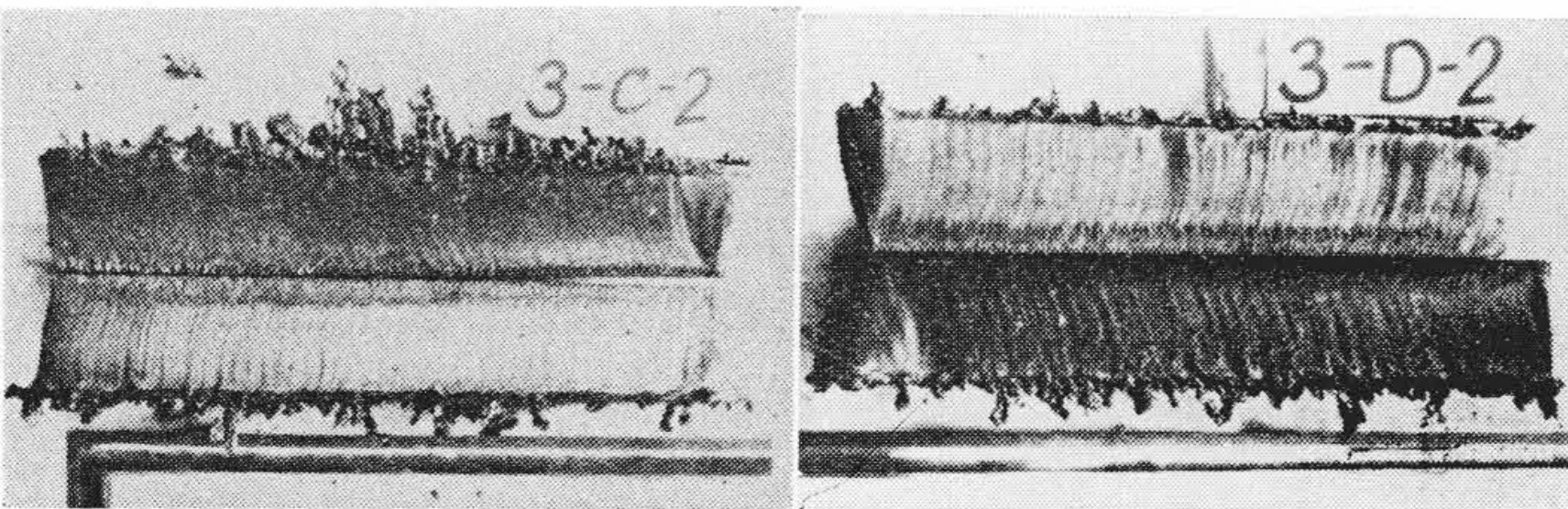
切断開始点、終端点切断不可、面美麗

第 7 図 切断面の速度の変化による影響



面粗く凹面状を呈す。切代大ドロス多し
アーク途切れがち

面ややあらくドロス多し



面良好なるもドロス多し

面美麗ドロス少量付着

第 8 図 切断面の切断ガス圧力の変化の影響

する。本実験はガス圧の変化による切断面の影響を調査した。
第 8 図に切断面のガス圧による変化の影響を示す。

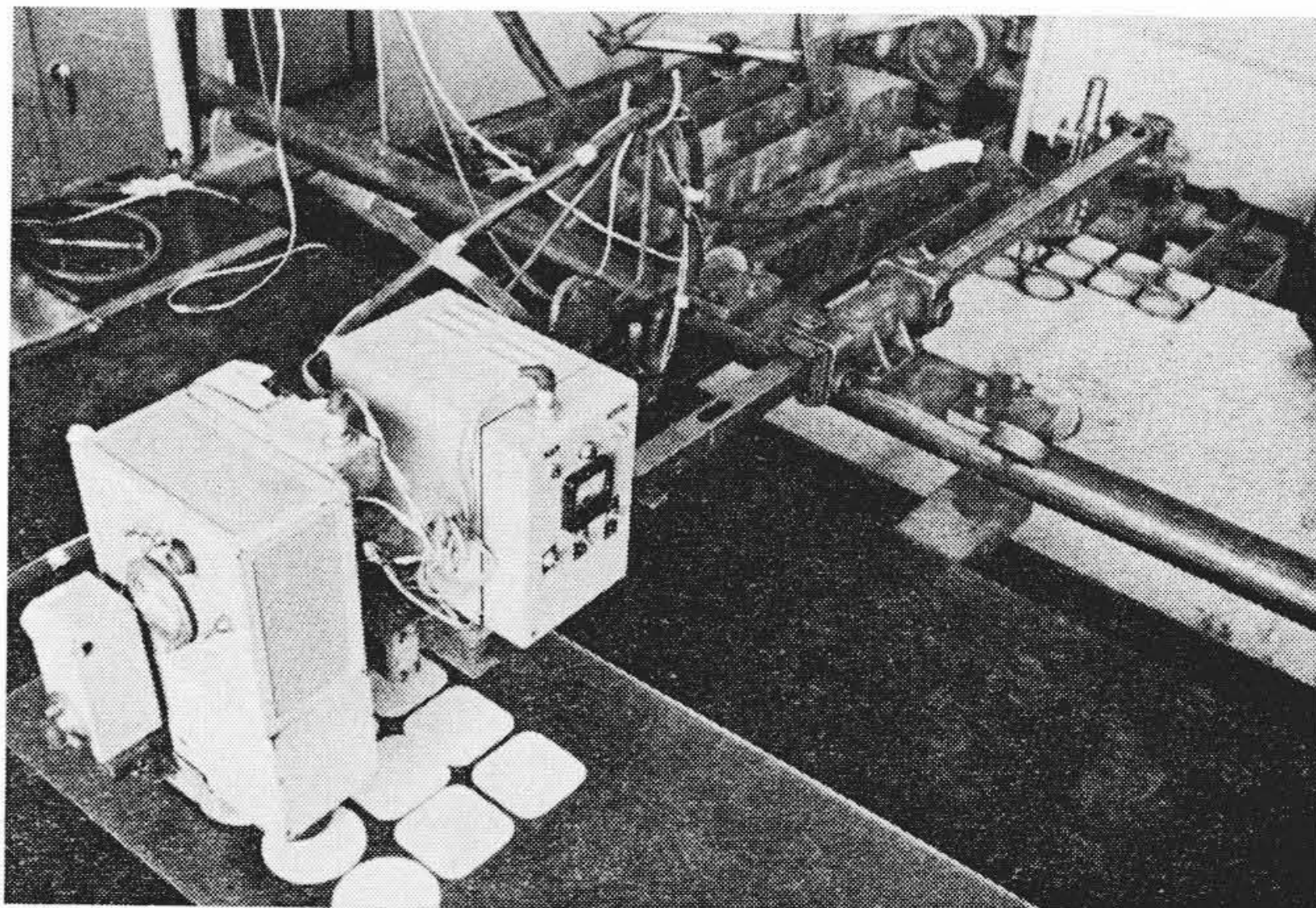
5. 切断試験（型切断への応用）

製品の形状が複雑になるにつれて部品も種々さまざまな形状を呈する傾向がある。すなわち本切断法も走行台車による直線切断のみでは実用範囲も限定されるので適用範囲拡大のため型切断の実用化を促進した。すなわち既製の自動切断機にプラズマトーチを取り付け光電管式ならい装置をセットして、特殊形状切断（型切断）に成功した。

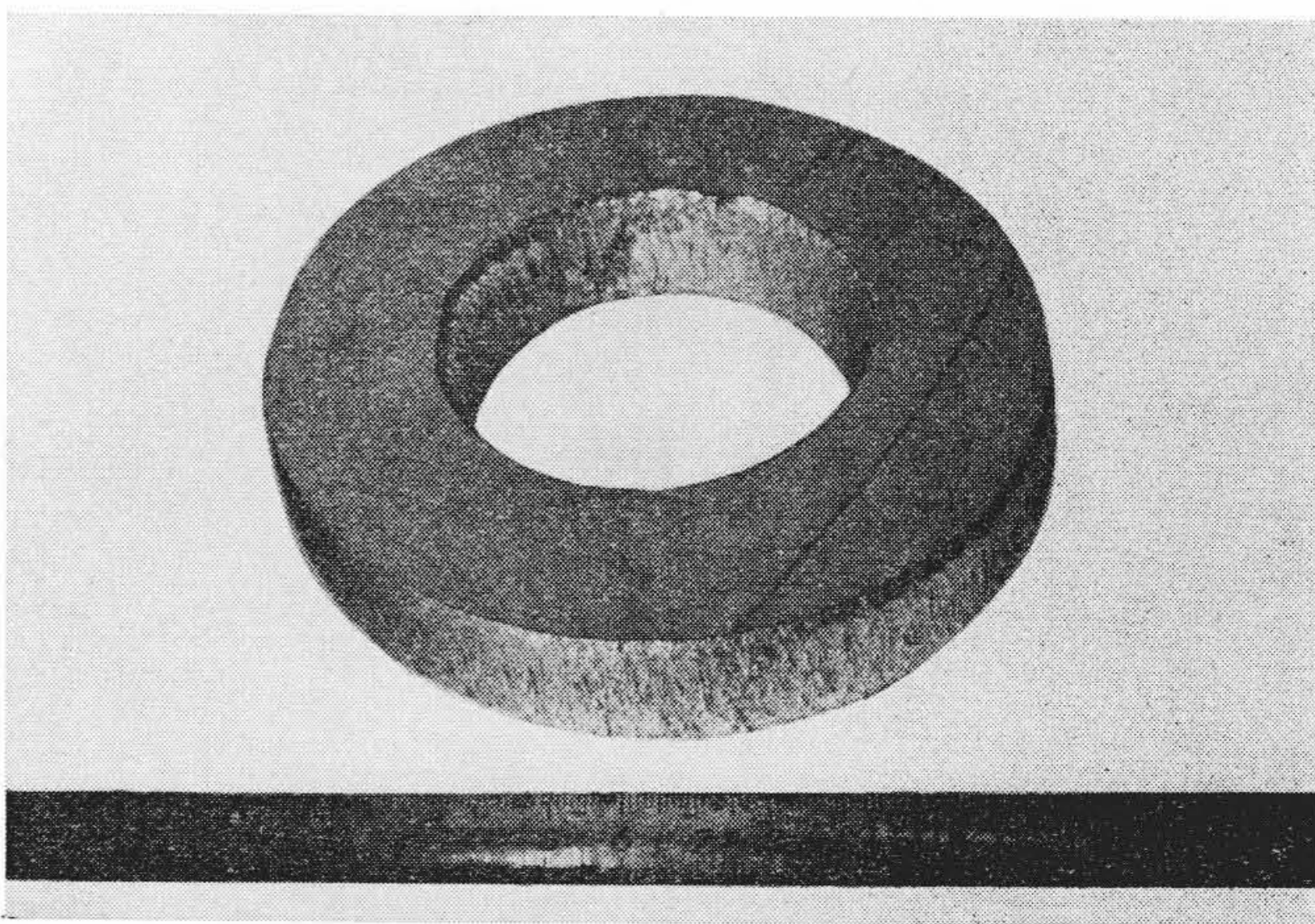
第 9 図は型切断装置のトレーサおよび機体・型切断の稼動状況を示す。

5.1 Al および Al 合金の切断

ステンレス鋼その他非鉄金属のうちで Al 板は最も容易にしかも



第 9 図 ならい装置を利用した型切断機



第 10 図 Al 板の環形切断

第 5 表 Al 板切断条件表

試 験 片 板 厚	(mm)	2 5
電 圧	(V)	9 2
電 流	(A)	3 5 0
ガ ス 流 量	(l/min)	4 0
切 断 速 度	(mm/min)	7 0 0

第 6 表 銅および黄銅板切断条件表

	銅	黄銅
試験片板厚 (mm)	12.7	16
電圧 (V)	92	95
電流 (A)	380	380
ガス流量 (l/min)	40	45
切断速度 (mm/min)	650	650

高速に切断できる材料である。

切断面はステンレス鋼その他の非鉄金属に比較して平滑ではないが 1,000～2,000 mm/min の高速切断ができる。

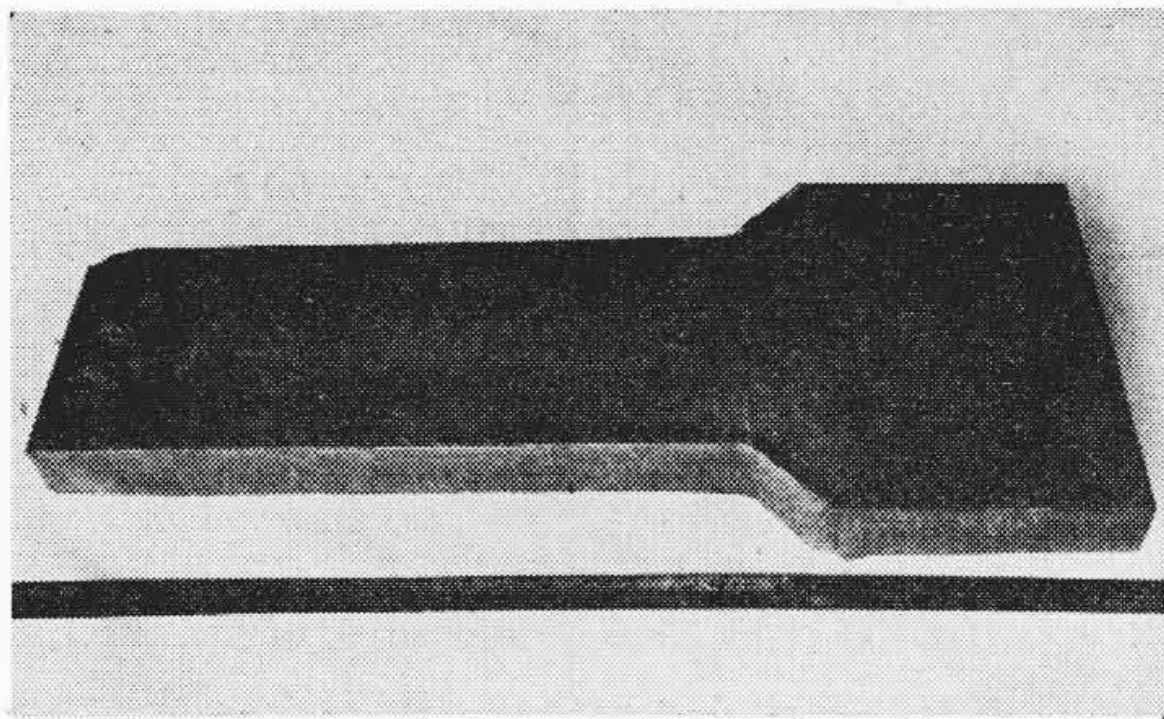
第 10 図に示す環形切断の外径は 140 φ である。

5.2 銅および銅合金の切断

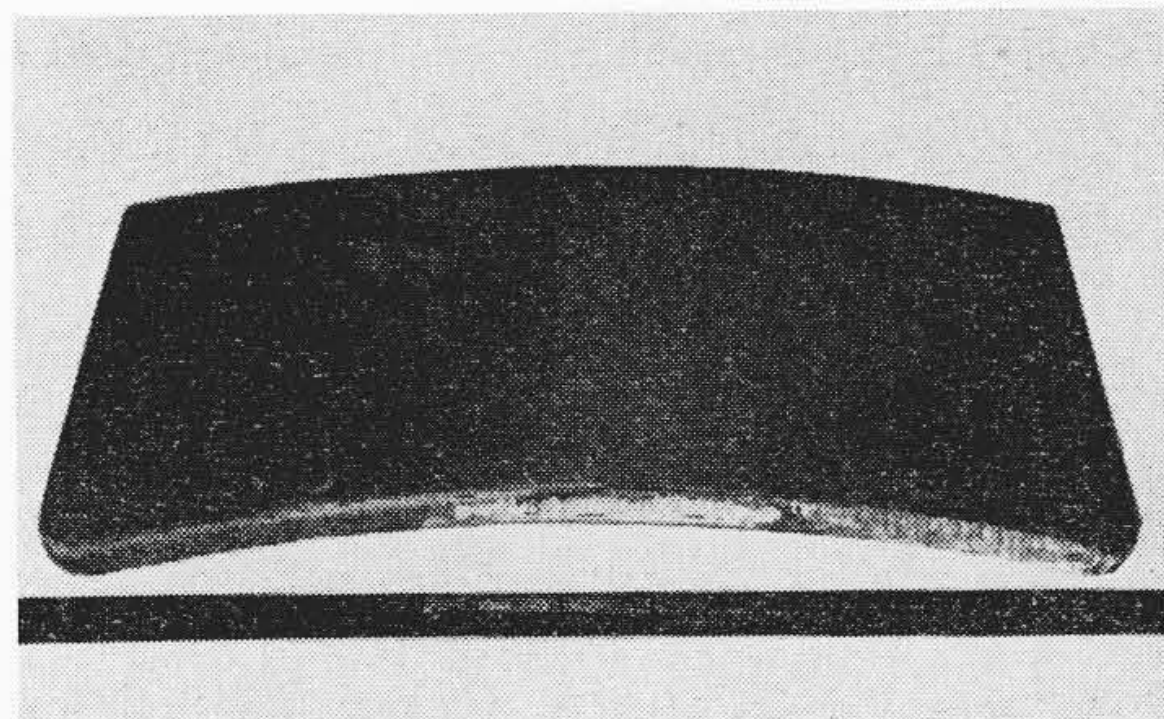
銅および銅合金は熱伝導性がよいため切断部の熱集中性が悪く切断性能は Al 材よりも劣る。

5.3 ステンレス鋼の切断

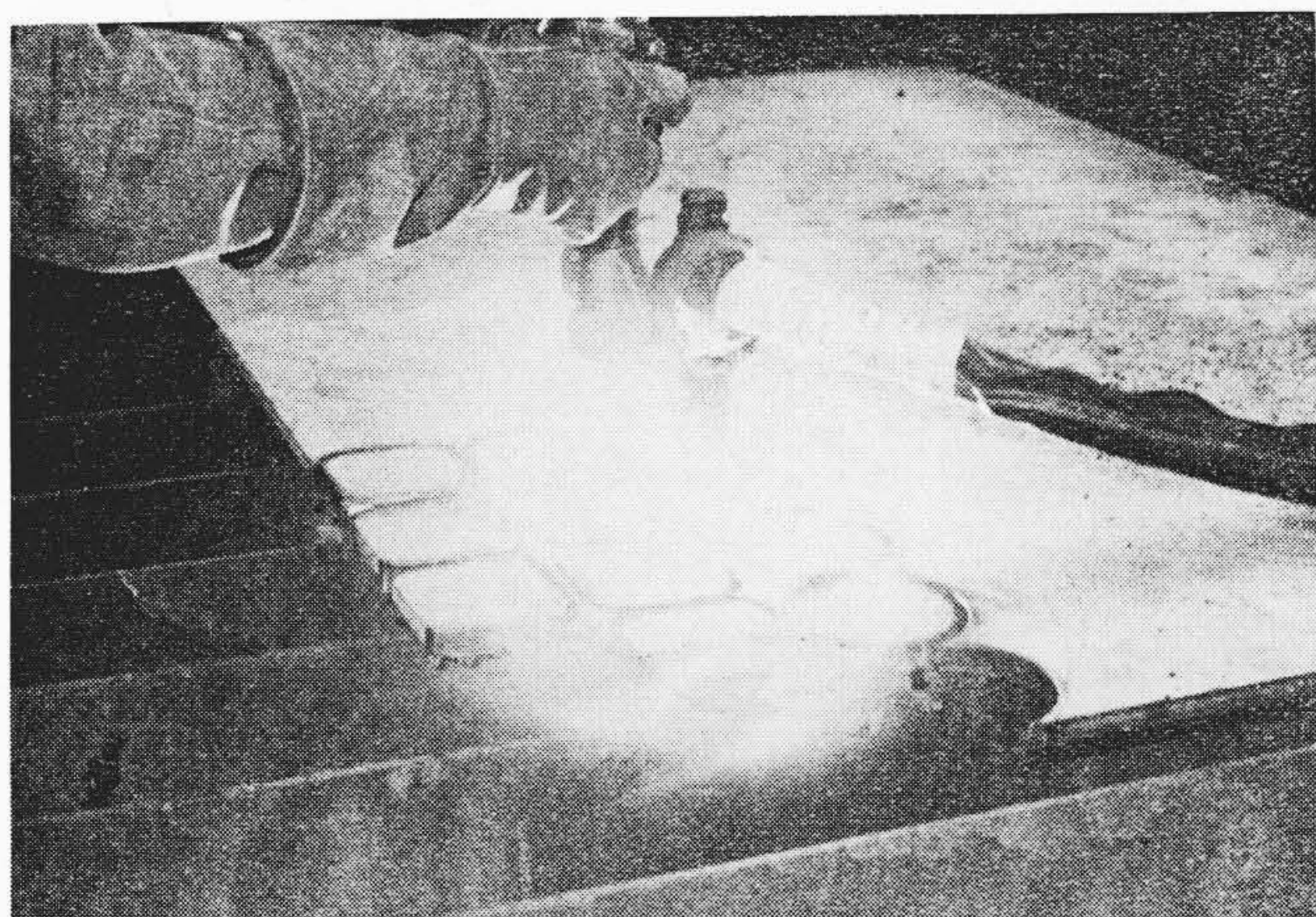
第 13 図はステンレス鋼の型切断状況である。切断の下端部にドロス付着の問題があり非鉄金属類の切断に比較して後処理の時間を必要とするが、従来の粉末切断に比較して高速切断が可能で、切断面が美麗であり、かつ作業環境がよい。



第11図 銅板の型切断品



第12図 黄銅板の型切断品



第13図 SUS材の型切断状況

6. 冶金学的考察

〔かたさ試験〕

プラズマ切断した 13Cr ステンレス鋼, Al 材の熱影響部の状態を調査するため, かたさ試験を行なった。13Cr ステンレス鋼板厚 30mm と Al 板厚 20 mm のものを, プラズマ切断後マイクロビッカース硬度計 (1 kg) でかたさを測定した。

本試験に使用した試験片の切断条件を第7表に示す。

かたさ測定位置は第14図に示すとおりである。

第15図はステンレス鋼の表面および底面の各層についてプラズマ切断と粉末切断品のビッカースかたさを測定した結果を示す。かたさ分布から判断すると熱影響の幅は大同小異であるが最高かたさはプラズマ切断の方が高い。

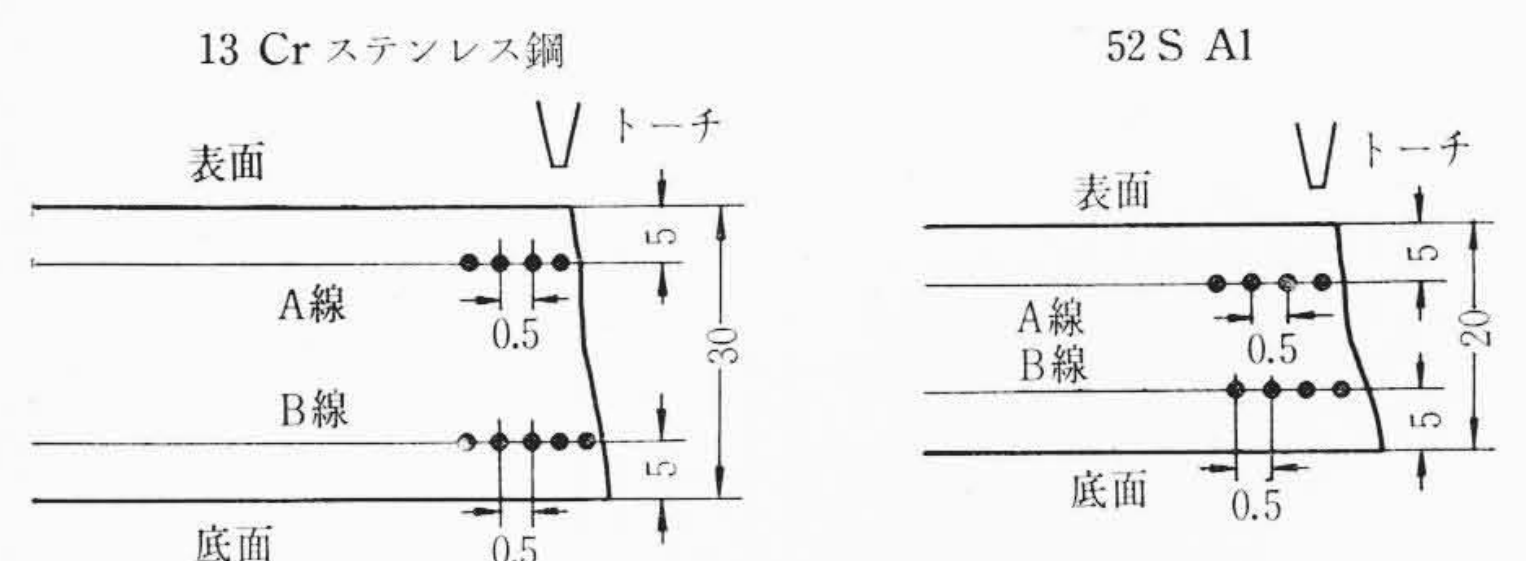
第16図は Al 材の上部および下部の各層についてビッカースかたさを測定した結果を示す。かたさ分布からわかることは, 母材部は Hv-75 付近を示し, 一方切断部近辺は Hv65~70 とかたさが低いことである。

7. 従来の切断法との経済性比較

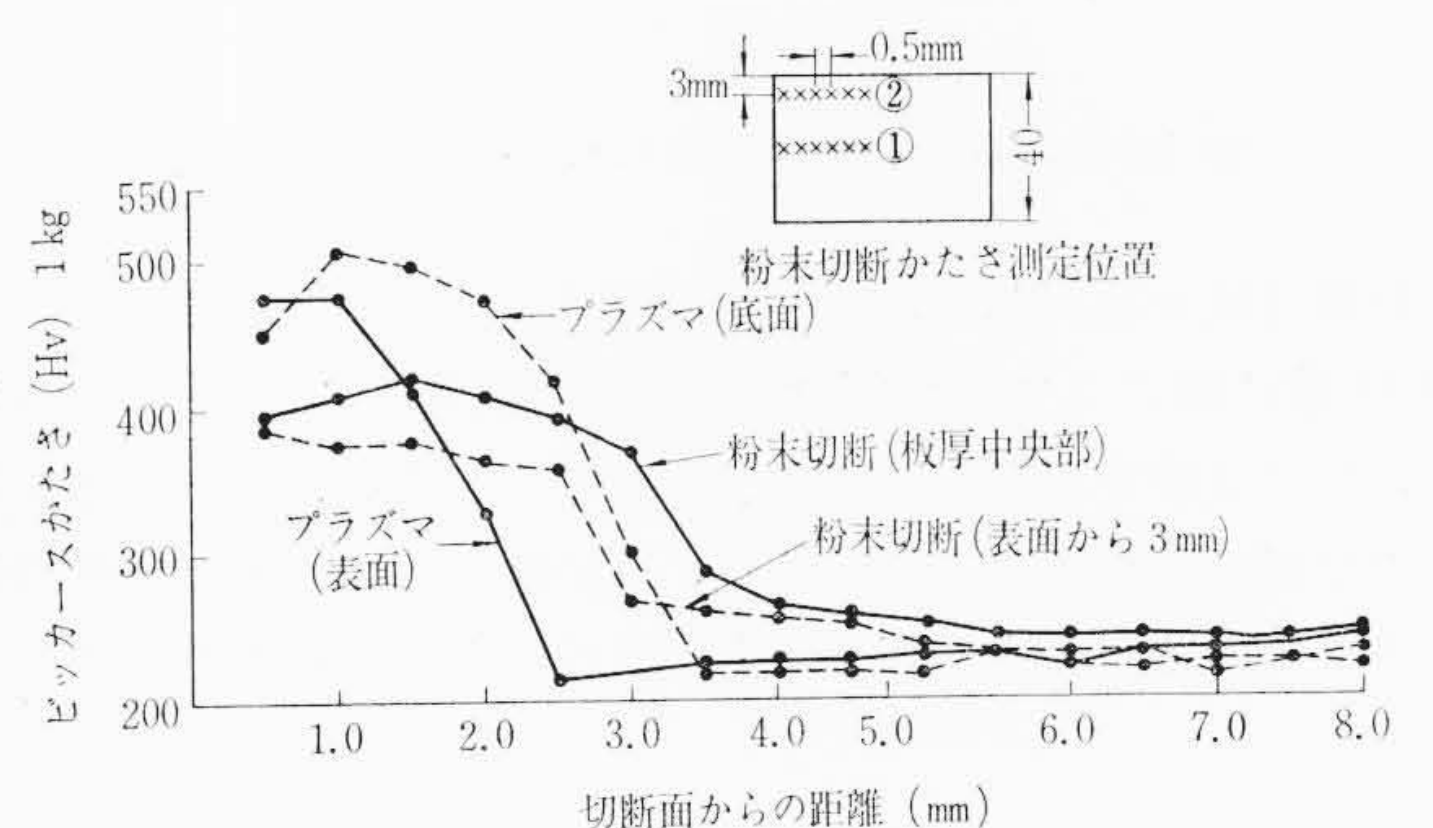
種々サンプルの切断実績からプラズマ切断と粉末切断・機械切断

第7表 試験片切断条件表

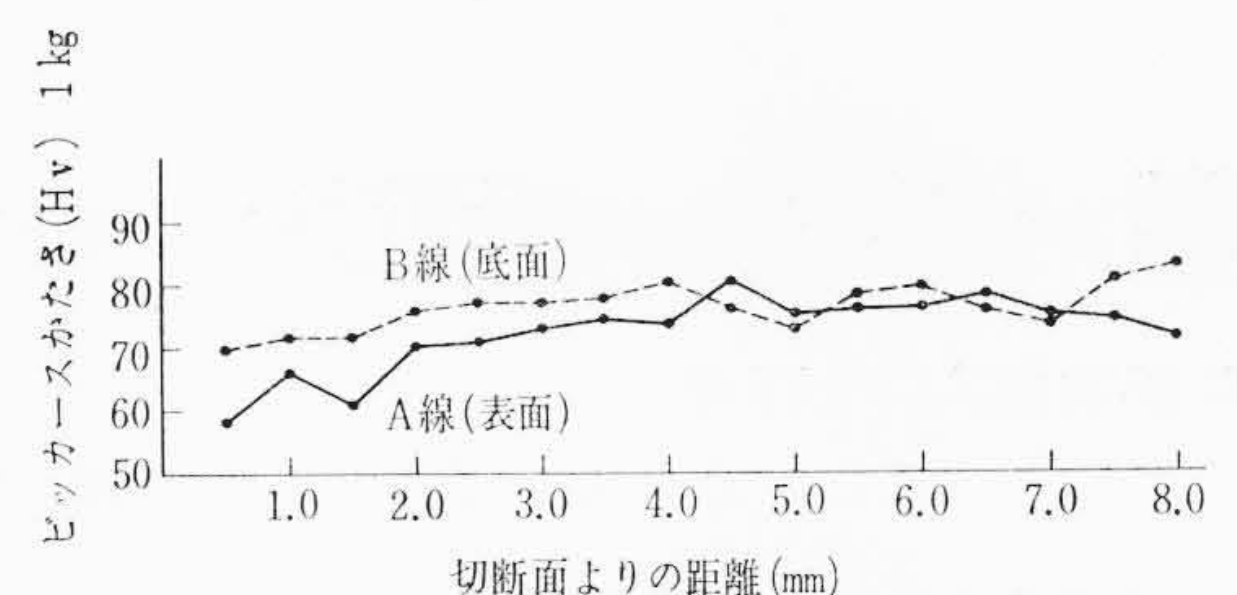
13Cr ステンレス鋼		Al 材	
試験片板厚 (mm)	(13Cr) 30	試験片板厚 (mm)	(52S) 20
電圧 (V)	78	電圧 (V)	80
電流 (A)	450	電流 (A)	350
ガス流量 (l/min)	47	ガス流量 (l/min)	40
切断速度 (mm/min)	550	切断速度 (mm/min)	900



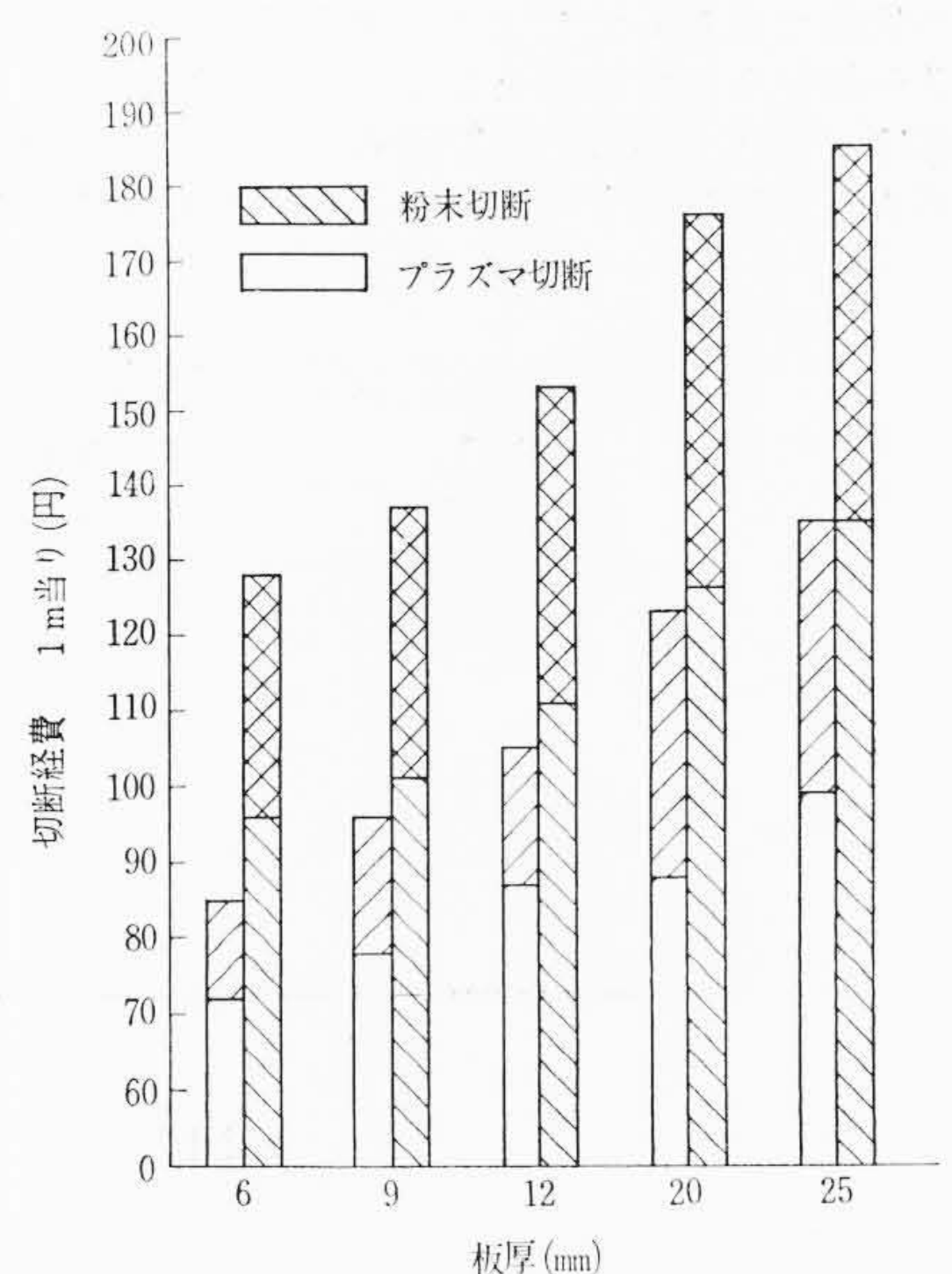
第14図 プラズマ切断かたさ測定位置



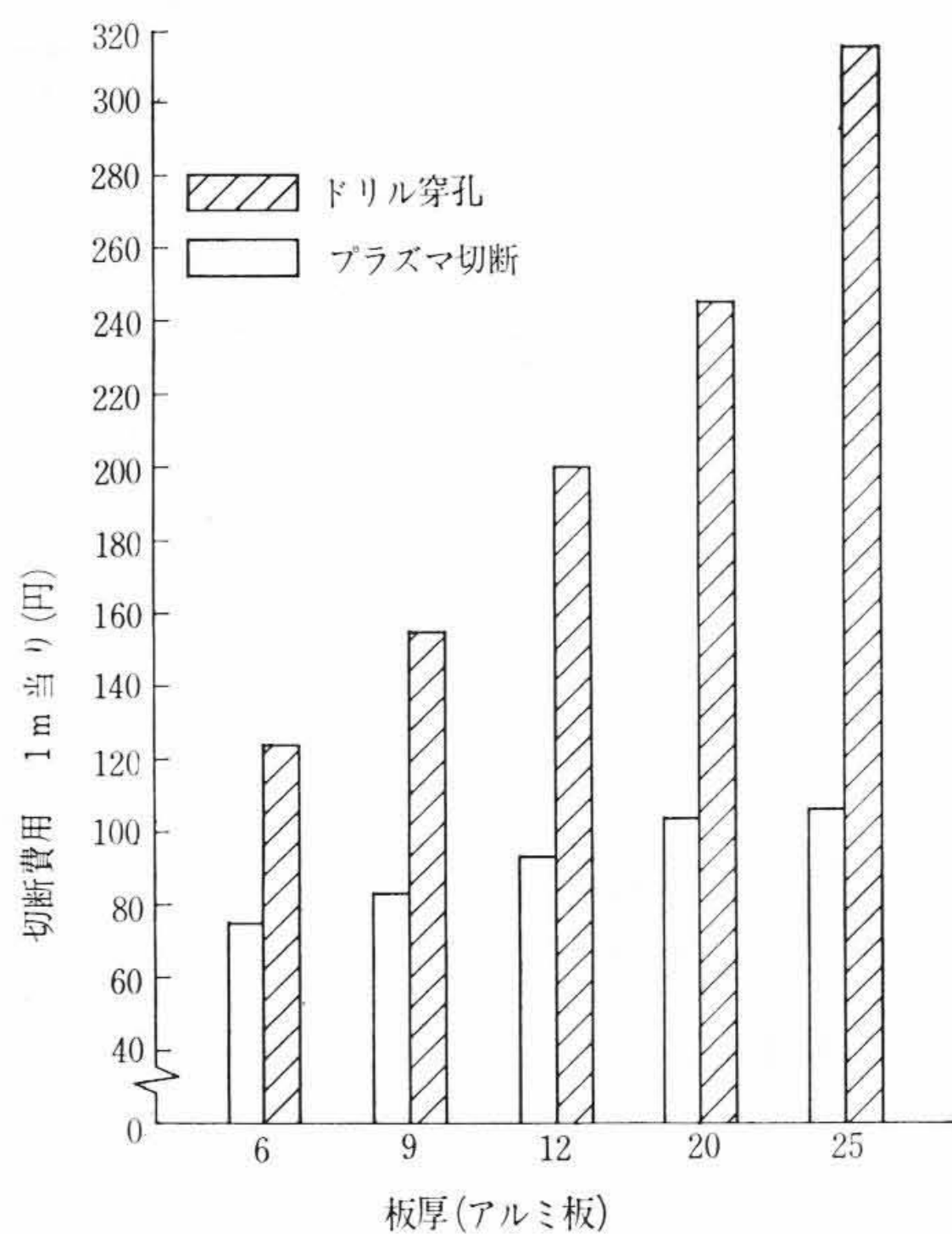
第15図 切断面品のビッカースかたさ測定



第16図



第17図 SUS-22材の粉末切断とプラズマ切断の経済比較



第 18 図 Al 板の型切断についての経済比較

との経済比較を検討した。

第 17 図の棒グラフは SUS-22 材の粉末切断とプラズマ切断した場合の経済比較を板厚別に表示したものである。本経済性比較図は装置の原価償却費を含んでいない。(斜線部はプラズマ切断の場合は A ガスの経費、粉末切断の場合は鉄粉の占める経費を示す)。

第 18 図はプラズマ切断と機械 (穿孔) 切断による Al 板の型切断の経済比較を棒グラフに表示したものである。

これらは単に正味切断時間の比較であるが切りしろの問題、切断後の加工性を考慮すれば、原価低減の上からも利点が多いことがわかる。

8. 結 言

本切断法の実用化について種々実験研究を重ねた結果非常に利用範囲の広い切断機を製造することに成功した。今まで機械切断に依存していた非鉄金属類の切断も本機を利用することにより能率を向上するとともに工程の短縮の点からも好結果を得た。

しかし切断面のドロス付着の問題、直角な切断面を得る問題など今後いろいろな角度から解決しなければならない問題も残している。筆者らの研究結果では水素混入率 35% より 15% の方がアークの安定性、ノズルの消耗などから切断に対して良好な結果を得たこととタングステン電極の先端部の角度は 75° より 65° の方がアークの集中性から切断効率がよいことが判明した。

参 考 文 献

- (1) プラズマジェット的应用研究 (大阪大学岡田研究室)
- (2) タングステン・アーク切断法の研究 (浦賀技報・第 4 号別刷)
- (3) Instruction for Plasmarc {Division of Union Carbide Corporation}
- (4) Heliarc cutting {Carbide Corporation}
- (5) プラズマ切断の特性実用例及び経済性について (工経連講座テキスト) 大阪変圧器株式会社
- (6) 日本機械学会誌 1961 (Sep. Aug.)



新 案 の 紹 介



登録新案第 718201 号

有 井 英 俊

こ ろ が り 軸 受 の 微 動 摩 耗 防 止 装 置

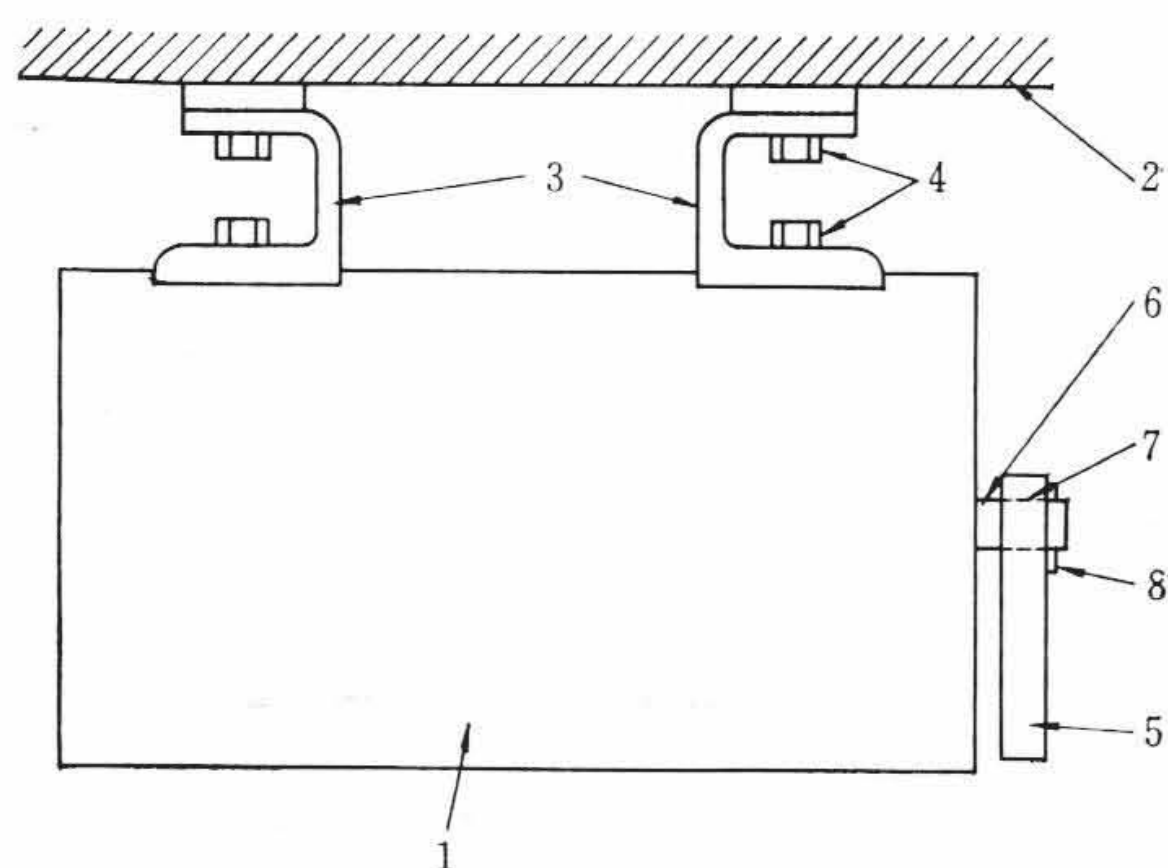
ころがり軸受をもつ車輛用回転機の中で、暖冷房用機器、電源用発電機及び緊急用機器のように一年のうち、ある期間のみ使用するものは、休止期間中に車輛の振動によってころがり軸受にブリネル圧痕といわれる微動磨耗が発生する。このブリネル圧痕が発生した後に、その状態で運転してしまうと異音及び振動が発生するし、ころがり軸受が焼付を起す原因となることが多い。

この考案は、第 1 図及び第 2 図のように取付枠体 2 に支持体 3 を介してボルト 4 にて取り付けられたころがり軸受を有する円筒形の

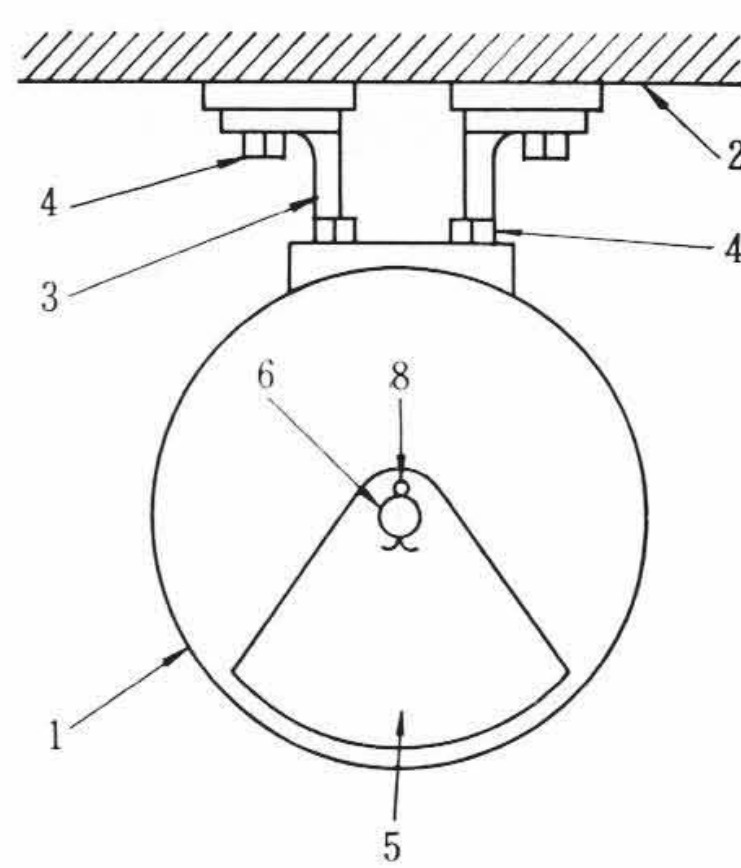
車輛用回転器の軸 6 端部に、孔 7 を設けた扇形の偏心体を貫通係合させ、割ピン 8 により外れぬように固着して構成している。

この考案によれば、休止中の回転機に加わる車輛のゆれは偏心体によって大きな振巾の振動に変えられ、軸受を左右に回転させるようになるため、ブリネル圧痕の発生を防止することができる。また、偏心体は取り付け取り外しが容易であるため、車輛用に限らず回転機を輸送する場合にも適用できる。

(白 土)



第 1 図



第 2 図