

CO₂ アーク溶接ノズルの特性と耐風効果 (第2報)*

二 俣 正 美**

棟 徹 夫**

千 田 栄**

(昭和48年3月31日受理)

A Study on the performance of nozzles of a CO₂ Arc Welder (Part 2)

by Masami HUTAMATA, Tetsuo Tō
and Sakae CHIDA

In order to improve a CO₂ arc welder, the investigations were made on the effects of windy conditions on the welds, the concentration of non-arc shielding gas, and the extension (distance of the nozzle from the base metal) by using the new type nozzle (C-type), based on swirling vortex motion, which has been devised by us.

Results were summarized as follows:

- (1) The new type nozzle was, in windy conditions better than other type nozzles.
- (2) The performance of the wind-proof nozzle was proved by measuring the concentration of non-arc shielding gas.
- (3) The effect of wind-proofing increased with the decrease of the extension.

1. ま え が き

CO₂ アーク溶接法における耐風性の問題を溶接ノズルの形状に着目して改善を試み、その基礎的実験として前報¹⁾において試作3系統ノズルの流速分布、噴流形状の特性を明らかにしまたシールドガス流量の増大が溶接部に与える影響について検討した。

本報告は人工風のもとにおいて得られた溶接継手部の X 線写真と、アークを伴わないシールドガス噴流中の CO₂ 濃度の測定とによってノズル形状と耐風効果との関係、およびノズル一母材間距離と耐風効果との関係を検討し、合せて X 線写真と CO₂ 濃度との関連について若干の考察を加えたものである。

2. 実験装置および方法

2.1 ノズル

供試ノズルは前報と同様、A 系統 a-1, B 系統 b-3, C 系統 c-1 ノズルである。いずれも

* 日本機械学会第50期全国大会講演会(昭47.8札幌)にて発表

** 北見工業大学機械工学科

ノズルの最小径は 12 mm であり、その内面は磨き十分平滑としたものを用いた。また溶接時にはノズルの内面にスパッタの付着が生じるため溶接ノズル用スパッタ防止剤(クリンスパッタ)を極く薄く塗布してスパッタの付着を防止した。ノズルは溶接距離 300 mm (母材の長さ)に相当) ごとに清掃し新たにスパッタ防止剤を塗布して再使用した。

2.2 実験装置の概略

本実験に用いた溶接機はソリッドワイヤ用半自動溶接機 (TS-300, 日立製) である。溶接

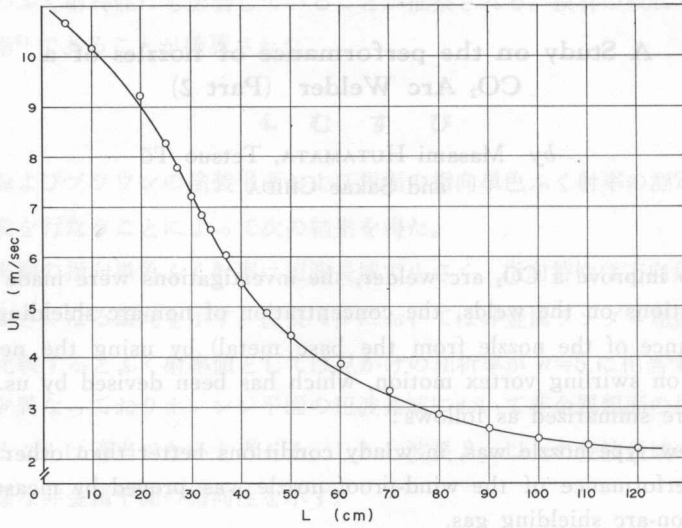


図1 風速 (U_n) とノズルファン間距離 (L) との関係

Fig. 1. Relationship between U_n and L .

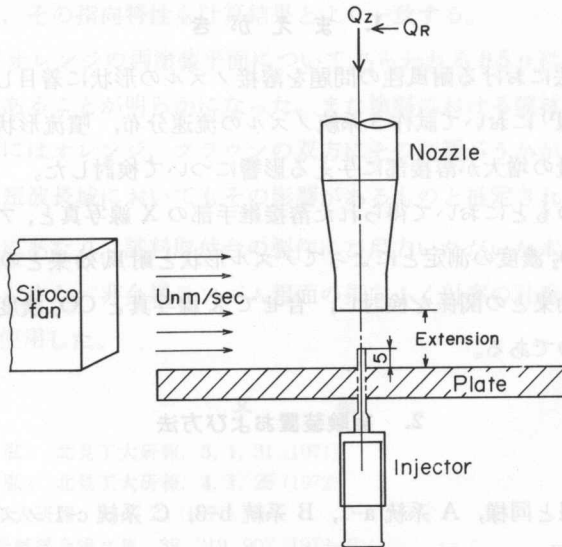


図2 ガス試料採取装置

Fig. 2. Schematic diagram of the apparatus for gas sampling.

ノズルは母材上 15 mm の位置において母材と垂直にトーチ部を固定し保持角を 90° とし、母材は自動走行台車上に水平に固定して一定の溶接速度 (45 cm/min) が得られるよう設定した。

またファンにより発生させた人工風は一方向から溶接進行方向にむけて与え、溶接ノズル部が設定された風速のもとにおかれるよう十分配慮した。人工風の速度の大小はノズルとファン間との距離を変えることにより、2~10 m/sec の範囲で自由に得ることができる。図 1 に人工風速 (U_n) とノズルファン間距離 (L) との関係を示す。

シールドガス噴流中からのガス試料の採取に際しては、溶接実験の場合とほぼ同一条件のもとにおいて行なった。すなわち、壁面上 15 mm (ノズル母材間距離に相当) の位置において壁面と垂直 (トーチ保持角 90° に相当) に固定されたノズルの中央部に向け外径 1.3 mm の注射針を壁面下より境界層厚さを考慮して壁面上 5 mm 挿入し、注射器により 30 cc のガス試料を極低速で吸引採取した。採取ガスはガスクロマトグラフ (JGC-650) を用いて分析し CO₂(%) を求めた。この場合の人工風は溶接実験に用いたファンと同一のファンから発生させた。図 2 にガス試料採取方法の概略を示す。

2.3 溶接条件

CO₂ アーク溶接において溶接条件は特に重要な因子である。このため本実験を進めるに当たっては予備実験を十分行ない、風のない場合、一層盛りで溶接が完了し、かつ良好な裏波が得られるよう溶接条件および母材の開先寸法を決定した。また溶接に際しては厚さ 5 mm の銅板を裏当金として使用した。表 1 に溶接条件を、表 2 に供試母材およびワイヤの化学成分を示す。母材の寸法、開先形状の諸元は図 3 のとおりである。母材は特に開先部をワイヤブラシで清浄にして用いた。また実験に用いたガスは溶接用高純度 CO₂ ガス (純度 99.9% 以上) である。

2.4 溶接部継手の判定

溶接部の検査方法は、破壊、非破壊検査など多くの方法が提唱されている²⁾ が、本実験に

表 1 溶接条件

Table 1. Welding conditions

Welding current (A)	Welding voltage (V)	Welding speed (cm/min)	Extension (mm)	Torch angle (°)
300	30	45	15	90

表 2 母材およびワイヤの化学成分

Table 2. Analytical results of the five elements in the base metal and the electrode wire (Wt. %)

	C	Mn	Si	P	S
Base metal (SS 41)	0.15	0.44	0.31	0.013	0.041
Electrode wire (MG-50)	0.08	1.10	0.42	0.013	0.014

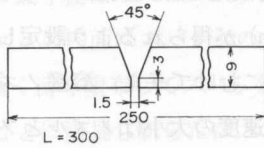


図3 試験片

Fig. 3. Shape of the test piece.

表3 溶接欠陥の分類

Table 3. Classification of defects in the welds

欠陥の種類	
第1種	ブローホールおよびこれに類する丸みを帯びた欠陥
第2種	細長いスラグ巻き込みおよびこれに類する欠陥
第3種	われおよびこれに類する欠陥

表4 X線写真の撮影条件

Table 4. Working conditions for X-ray photography

電圧	140~145 K.V.P.	電流	4 mA
露出時間	1 min		sec
距離	60 cm	焦点	1.4×1.4 mm
フィルム	SAKURA-RR	増感紙	Pb 0.03
現像	20°C		5 min
判定			
備考	透過度計の種類 F 02 階調計の種類 I 型		

においては検査方法が比較的確立され、かつ、重要視されている X 線写真により継手部の判定を行なった。また X 線写真の撮影方法および X 線写真の等級分類は JIS Z 3104 に準じた。この JIS の規定によれば、溶接欠陥は表 3 に示すように第 1 種、第 2 種、第 3 種欠陥に分類される。CO₂ アーク溶接法においては、スラグの発生が少ないため、第 2 種欠陥は比較的まれであり、また本研究の目的とする耐風効果の良否の問題は第 1 種欠陥であるブローホールとより密接な関係にあると考えられる。このため、溶接継手部の検査は主として第 1 種欠陥に判定の重点をおいた。表 4 に X 線写真の撮影条件を示す。

3. 実験結果および考察

3.1 X 線写真による溶接継手部の判定

3.1.1 A 系統ノズル

A 系統ノズルは軸流一重シールド型ノズルであり、前報において明らかとなり、噴流の最大流速はノズル端面から離れるに従いノズルの中心軸線上に移行するが、CO₂ 流量を 70~80 l/min 程度に増大させてもこのことによる溶接部の悪影響は認められないことを報告した。写真 1 は A 系統 a-1 ノズルを用いて溶接した場合における CO₂ 流量 (Q) と耐風性との関係を示す溶接部 X 線写真の 1 例である。写真 1 (1) は、外風速 $U_n=3$ m/sec, $Q=30$ l/min とした場合の X 線写真であるが、ブローホールの発生が著しく、シールドガス流が風によって乱され空気の侵入を受けたことを示している。しかし、 $Q=40$ l/min と増大させることにより、ブローホールのない継手の得られることが写真 1 (2) より明らかである。 $U_n=5.5$ m/sec, $Q=60$ l/min の場合の X 線写真を写真 1 (3) に示すが、一部にブローホールが認められる。しかし、 $Q=70$ l/min とすることにより健全な継手を得ることができる (写真 1 (4))。

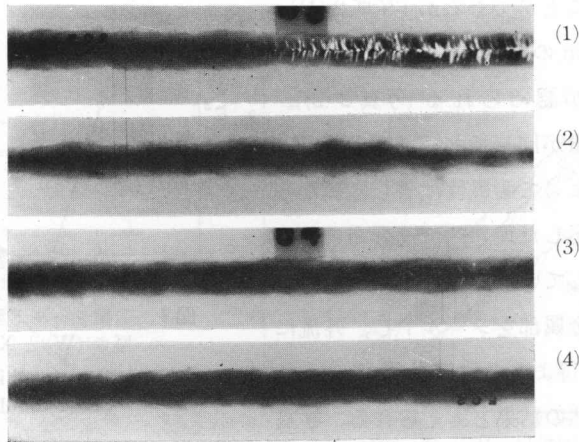


写真1 一重シールド型ノズルによる溶接部の X 線写真

Photo. 1. Welding results by means of A-type nozzle

X-ray photos; (1) $U_n=3$ m/sec, $Q=30$ l/min

(2) $U_n=3$ m/sec, $Q=40$ l/min

(3) $U_n=5.5$ m/sec, $Q=60$ l/min

(4) $U_n=5.5$ m/sec, $Q=70$ l/min

3.1.2 B 系統ノズル

B 系統ノズルは A 系統ノズルの外側に外流用ノズルを加えた構造の軸流二重シールド型ノズルであり、内流量 (Q_{in}) を小、外流量 (Q_{out}) を大とすることにより、流速の分布は準放射状を示し、ほぼ理想的なノズルということが出来る。しかし、ノズル端面から離れるに従い流速の衰減の著しいことを前報において指摘した。写真2は、B 系統 b-3 ノズルを使用した場合の溶接部の X 線写真の例である。

$U_n=3.5$ m/sec, $Q_{in}+Q_{out}=60$ l/min 一定とした場合、 $Q_{in}=15$ l/min, $Q_{out}=45$ l/min で

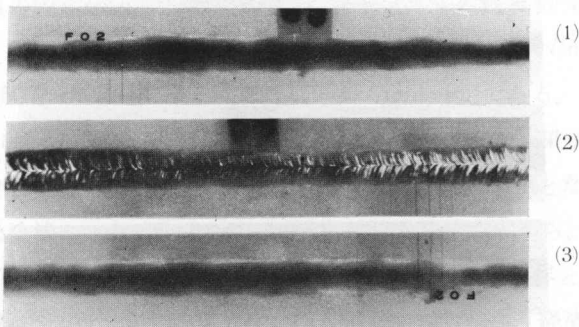


写真2 二重シールド型ノズルによる溶接部の X 線写真

Photo. 2. Welding results by means of B-type nozzle

X-ray photos; (1) $U_n=3.5$ m/sec, $Q_{in}=15$, $Q_{out}=45$ l/min,

(2) $U_n=3.5$ m/sec, $Q_{in}=Q_{out}=30$ l/min

(3) $U_n=5$ m/sec, $Q_{in}=20$, $Q_{out}=70$ l/min

良好な継手を得ることができるが(写真2(1)), $Q_{in}=Q_{out}=30\text{ l/min}$ の場合においては多数のブローホールの発生が認められる(写真2(2))。このことは総合流量が同じであっても内流量と外流量との割合によって耐風性は著しく異なること、また前報で示した理想的流速分布の仮定の正しいことを示している。また、このことは内流によって溶融金属部をシールドし、外流によって耐風効果を得ようとするB系統ノズルの構造としては当然の結果と考えられる。写真2(3)は、 $U_n=5\text{ m/sec}$, $Q_{in}=20\text{ l/min}$, $Q_{out}=70\text{ l/min}$ の場合におけるX線写真を示すが良好な継手の得られることを示している。

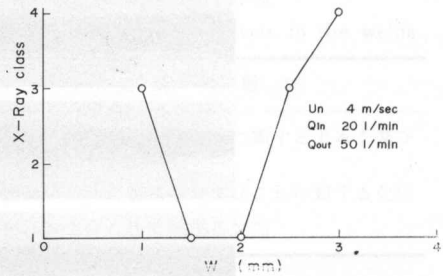


図4 二重シールド型ノズルの外層流厚さ(W)とX線写真の等級

Fig. 4. Relationship between X-ray classes and W

図4は、外層流の厚さ(W)と耐風効果との関係を示す。 $U_n=4\text{ m/sec}$, $Q_{in}=20\text{ l/min}$, $Q_{out}=50\text{ l/min}$ を一定とし、 $W=1\sim 3\text{ mm}$ としたときのX線写真の判定結果から求めたものである。外層流の厚さを小さくすることは同流量のガスで高速流が得られるため有効な方法であるが、軸流二重シールド型ノズルの場合、 $W=1.5\sim 2.0\text{ mm}$ 程度の範囲にとることが必要である。

3.1.3 C系統ノズル

軸方向流(Q_z)に接線方向流(Q_R)を加えることにより旋回流を得ることができる。前報

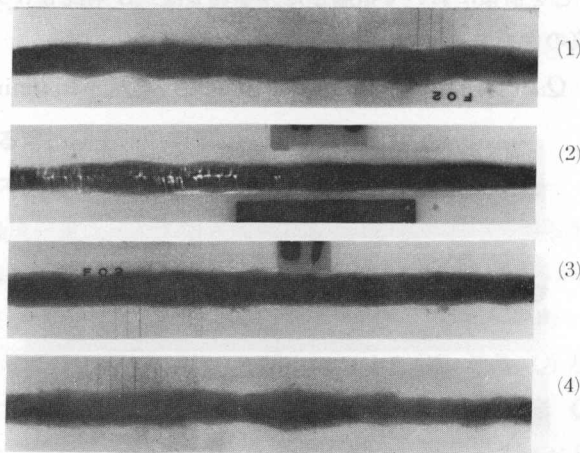


写真3 旋回流型ノズルによる溶接部のX線写真

Photo. 3. Welding results by means of C-type nozzle

- X-ray photos; (1) $U_n=3.5\text{ m/sec}$, $Q_z/Q_R=30/10\text{ l/min}$
- (2) $U_n=3.5\text{ m/sec}$, $Q_z/Q_R=10/30\text{ l/min}$
- (3) $U_n=5\text{ m/sec}$, $Q_z/Q_R=40/20\text{ l/min}$
- (4) $U_n=6.5\text{ m/sec}$, $Q_z/Q_R=60/20\text{ l/min}$

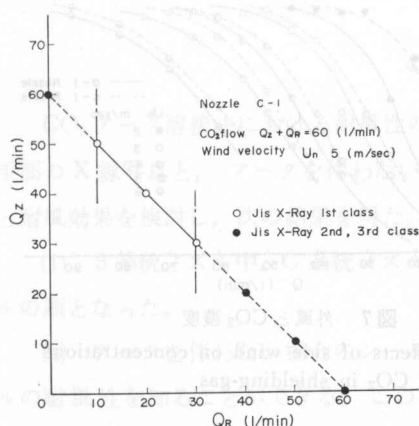


図5 Q_z/Q_r と X 線写真の等級

Fig. 5. Relationship between X-ray classes and Q_z/Q_r

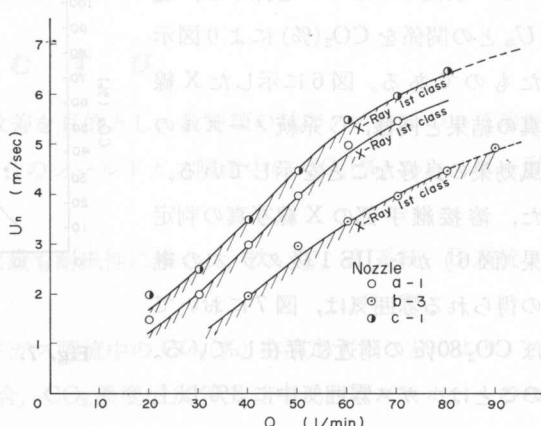


図6 各ノズルの耐風効果の比較

Fig. 6. Comparison of various nozzles for the wind-proofing.

おいての噴流形状の解析から、 Q_z/Q_r を適当にとることにより、C系統ノズルの溶接ノズルとしての適用性を示唆した。

写真3は、C系統c-1ノズルを使用した場合の溶接継手部のX線写真の一例である。写真3(1)は $Q_z/Q_r=30/10$ 、写真3(2)は $Q_z/Q_r=10/30$ の場合であり、ともに $U_n=3.5$ m/sec一定である。このことから Q_z/Q_r の耐風効果に与える影響の著しく大きいことが判る。また写真3(3)は、 $Q_z/Q_r=40/20$ 、 $U_n=5.5$ m/secの場合を示すが良好な継手の得られることが判る。

次に、 $Q_z+Q_r=60$ l/min、 $U_n=5$ m/sec一定の場合について、 Q_z/Q_r が耐風効果におよぼす影響をX線写真の判定から求め、その結果を図5に示す。 $Q_z/Q_r=40/20$ の点が最も安定した耐風性のあることを示している。

溶接部のX線写真の判定から、A、BおよびC系統ノズルの耐風効果についての比較を図6に示す。ここで、CO₂流量の割合は、B系統ノズルの場合、 $Q=50$ l/minまでは $Q_{in}=15$ l/min一定であり、 $Q=50$ l/min以上においては $Q_{in}=20$ l/min一定である。またC系統ノズル使用の場合の流量割合は、 $Q_z/Q_r=2/1\sim 3/1$ の範囲内である。図6の結果から、3系統ノズル中、C系統ノズルが最も耐風性にすぐれ、ついでA、B系統ノズルの順となることが判る。

本実験に使用した溶接トーチ(T-361 A、日立製)の構造上の問題から、 $Q=80$ l/min程度が限界である。従ってA系統ノズルの場合 $U_n=6$ m/sec程度で使用限界となる。BおよびC系統ノズルの場合は $Q=80$ l/minに制限されず、CO₂消費量増大に伴う経済性を無視するならば本実験で設定した風速以上のもとにおいても溶接作業が期待できる。

3.2 シールドガス噴流中のCO₂(%)

シールドガス噴流中のCO₂(%)を測定し、AおよびC系統ノズルについて耐風効果を検討した。図7は、 $Q=15\sim 90$ l/min、 $U_n=2\sim 6$ m/secの場合について、アークを伴わないシ-

ルドガス噴流中からガスを採取し、 Q と U_n との関係を $CO_2(\%)$ により図示したものである。図6に示したX線写真の結果と同様、C系統ノズルの耐風効果の良好なことを示している。また、溶接継手部のX線写真の判定結果(図6)からJIS1級クラスの継手の得られる雰囲気は、図7においてほぼ CO_2 80% の附近に存在している。このことは、ガス雰囲気中に3%以上の窒素が存在するとプロホールの発生がはじまる³⁾ ことから考えると不合理と思われる。しかし、アークを伴う実際の溶接において、シールドガスはアークによって熱せられた結果、膨張し高速流となること、プラズマ気流の速度は 10^4 cm/sec のオーダーである⁴⁾ ことなど考え合わせるならば、アークを伴うことによりガス流速は高速化され耐風性を向上させる方向に作用しているものと推測される。

今、アークを伴わないガス流速 U_0 とアークを伴った場合のガス流速 U_2 とをガス体の膨張のみを考慮に入れて、前報と同一条件でA系統 a-1 ノズルの場合について比較する。前報における(2),(3)式すなわち、 $Q_2 = 22.4 \times 10^3 \times T_2 / 273 \times m / M$ 、 $U_2 = Q_2 / S$ から $U_2 / U_0 = 4$ とする。アークを伴うことによりガス体の拡散は活発となり、結局 $1 < U_2 / U_0 < 4$ とする。

また、プロホールが発生をし始め、X線写真から認められるようになる雰囲気中の窒素を3%とすると、 CO_2 流量に対し4%程度の空気の侵入があったとしてもX線写真の判定からは、プロホールを認められないことになる。

以上のことからアークを伴うことにより耐風性は良好となり、16%以上向上するものと考えられる。

3.3 ノズル-母材間距離

溶接ノズルのチップ先端からアーク点までの長さは、通常の場合、短絡移行溶接では、10~15 mm、スプレー移行溶接ではバーンバック現象を防止するため、10~20 mm とする。図8は、ノズル-母材間距離を10, 15, 20 mm の三種類にとり、 $U_n = 4$ m/sec 一定とした場合について、ノズル-母材間距離が耐風性に及ぼす影響を $CO_2(\%)$ により示したものである。ノズル-母材間距離は、溶接諸条件と合せて決定されなければならないが、耐風効果の面からはできるだけ小さくとるこ

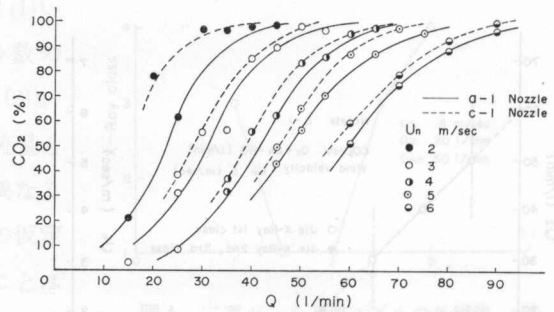


図7 外風とCO2濃度

Fig. 7. Effects of side wind on concentrations of CO_2 in shielding-gas

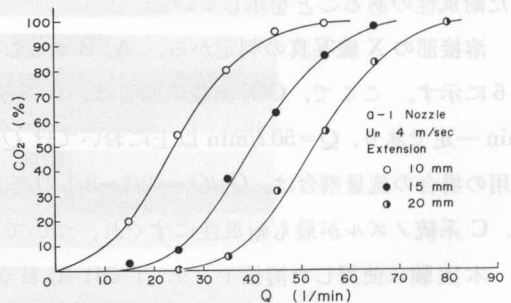


図8 ノズル-母材間距離とCO2濃度

Fig. 8. Effects of the extension on concentration of CO_2 in shielding-gas

とが望ましいといえる。このことは、流速の分布図よりも明らかである。

4. む す び

CO₂アーク溶接法における耐風性の改善を目的とし、数種類の試作ノズルについて溶接継手部の X 線写真と、アークを伴わない場合のシールドガス噴流中の CO₂(%) からノズル形状と耐風効果を検討し、次の結果を得た。

(1) 3系統ノズル中、C 系統ノズルは最も耐風性にすぐれ、次いで、A 系統、B 系統ノズルの順となった。

(2) アークを伴わない場合のシールドガス噴流中の CO₂(%) を測定することにより、ノズルの耐風性を知ることができる。この場合、CO₂濃度が 80% 以上であればプロホルのない良好な継手を得ることができた。

(3) ノズル—母材間距離を小さくすることにより、同一ノズルにおいて耐風効果を著しく向上させることができた。

おわりに本研究を進めるにあたり、X 線写真の撮影および判定に御協力いただいた北海道立工業試験場機械金属部佐々木正治氏、CO₂ガスの測定に御協力いただいた本学機械工学科馬場弘助手、岩淵良二郎技官ならびに工作実験室の諸氏に謝意を表します。

なお、研究費の一部は文部省科学研究費補助金によった。

文 献

- 1) 二俣・棟・阿部：北見工大研報，4-2，273 (昭 48)。
- 2) たとえば，富士岳：溶接学会誌，37-9，953 (1968)。
- 3) 関口春次郎：溶接技術，No. 5，3-14 (1961)。
- 4) 安藤・長谷川：溶接アーク現象，170 (1962)，産報。

1. 結 言

クーロン摩擦支持された弾性棒が縦衝撃を受ける際の弾性波の伝ばについては、E. V. Wilms^{*)}、C. S. Cornhus^{**)}の研究があるが、いずれも棒の各位置における定常状態までの現象しか取扱っていない。松本^{***)}は反射波も含め、応力波を重畳させる方法で応力変化の全経過を取扱っている。各応力は衝撃速度に比例した一定値としている。著者らは、半無限長

* 日本機械学会北海道学術会第2回学術研究発表会にて発表 (昭 48，3，11)

** 北見工業大学機械工学科

*** 北見工業大学機械工学科4年日学生