

# ブルドーザ用ローラ肉盛装置の 簡易化のための一考案\*

棟 徹 夫\*\*  
二 俣 正 美\*\*  
千 田 栄\*\*

(昭和46年9月7日受理)

## An Attempt to Simplify an Equipment of Padding the Rollers of a Bulldozer

by Tetsuo TO, Masami HUTAMATA  
and Sakae CHIDA

Most of the worn rollers of bulldozers are repaired by hard facing welding. We know that nowadays those rollers are mostly built up by manual welding, except at some well-equipped shops.

Thus the efficiency of padding is not sufficient and there are not a few faults in the bead condition, the surface accuracy and the shrinkage deformation.

We have tried to produce a simplified padding equipment of the rollers with a semi-automatic welder which has recently been popularized at small work shops. We aimed to make this equipment useful for not only the roller-padding but also for any turning welding.

We made several experiments to test the efficiency of this equipment and it proved to be practically effective.

A summary of the results is shown as follows: —

- a) The mechanism of the equipment works perfectly and the purpose of the attempt is satisfactory.
- b) Padding time of the roller can be reduced to one-third in comparison with the manual welding.
- c) As the bead is put on the roller along the circumferential direction, the bead surface becomes more smooth and cylindrical accuracy is improved.
- d) The degrees of thermal deformation are within the permitted extent, and thus after padding the rollers need not be machined to correct the deformity.
- e) A reduction of expense of padding can be achieved and it proved to be economical.
- f) A practical operating test has been performed and it proved of great endurance of the built-up rollers.

\* 溶接学会昭和45年度春季全国大会にて発表(昭和45年4月, 東京)

\*\* 北見工業大学機械工学科

## 1. ま え が き

近年、いわゆる産業機械の生産が伸びをみせ、なかでも土木建設機械類は、各種の公共、民間投資の大形化の波にのって、高い上昇率を示している。昭和45年の通産省統計<sup>1)</sup>によれば、各種土木建設機械の総生産額は44年と比較し伸び率15%強を示し、金額にして4,700億円に達している。

このうちトラクタ系キャタピラ車が大きな比重を占め、代表的車種としてブルドーザがある。ブルドーザはか動中大きな摩耗をうけるが、その摩耗は研摩耗である。この研摩耗は、金属が強い衝撃を伴って土砂や岩石と衝突し、その際土岩粒子が研摩剤やラップ剤の役目を果たし、複雑な摩擦によって生ずる摩耗である<sup>2),3)</sup>。

これらの摩耗は主として作業装置と走行装置に発生するが、機械の大形化や高性能化に伴い、摩耗の問題はいっそう重要となっている。摩耗の対策は一般に金属表面処理法によっているが、最も広く用いられるのは硬化肉盛溶接法である。

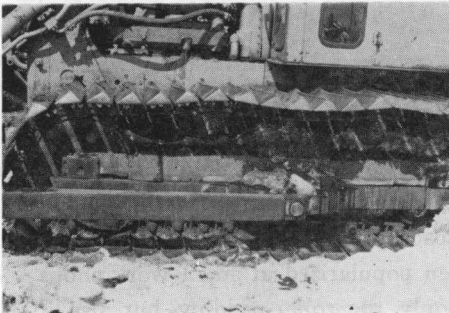


写真1 ブルドーザの走行部分

Photo. 1. Truck group of a bulldozer.

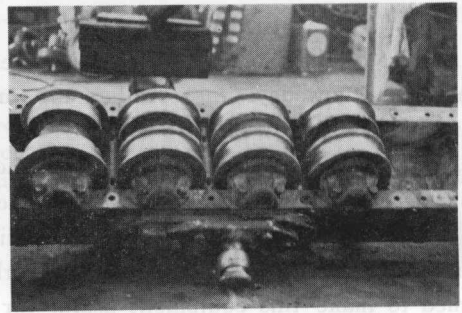


写真2 フレームに取付けられた下部ローラ

Photo. 2. Truck rollers fixed on a frame.

ブルドーザの走行部品として重要なローラには、写真1に示すような走行履帯（キャタピラ）を上下で支える、上部ローラと下部ローラがある。走行に重要なのは下部ローラで、写真2のようにフレームに取付けられているが、上部ローラに比べ摩耗がはげしく、普通およそ2,000時間か動すると交換しなければならない<sup>4),5)</sup>。

摩耗ローラは、その殆んどを肉盛溶接で補修再生するが、肉盛加工の実態は予想以上に低能率で手工業的である。この点に関しては、北海道に限らず、本州方面でも広く共通した問題として関心がもたれている。

このように低能率を余儀なくされている背景の一つに、ローラ肉盛のための実際に即した、効果的な装置の不足の問題がある。

こうした実情と関係者の要望をもとにして、著者らはつぎに示す基本構想により、ブルドーザ用ローラ肉盛のための簡易装置を考案試作した。試作機は、性能および機能についての各種の実験テストによって、充分その実用効果が認められたので報告する。

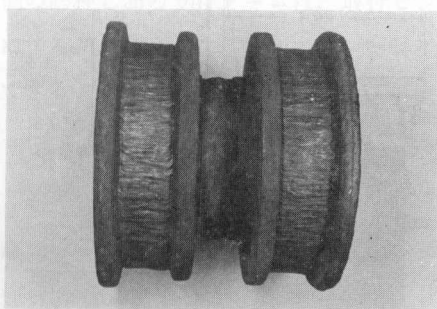
## 2. ローラ肉盛の現状と試作基本構想

### 2.1 肉盛の現状

設備のよい専門工場およびメーカー付属のサービス工場では、イナートガスアーク溶接やサブマージアーク溶接などが行なわれるが、大部分の下請工場では殆んど手溶接によっている。専門工場で使われている装置は、Roller & Idler Rebuilding machine とよばれるサブマージアーク式の専用自動機械で、高能率で精度も高いが、規模が大きく高価であるため、専門工場でもこれを設備している所は少ない。

手溶接による肉盛は、作業状況が不均一なための品質のバラツキ、加工精度の低下、低能率などをまぬがれない。手溶接による肉盛ローラおよびビード外観を写真3に示す。ビードのラップ間隔の不揃いや表面精度の不良が明らかであるが、溶接線がローラの回転方向に直角なため、回転接線力によるビードの剝離や亀裂の危険がある。このほか、施工の不連続による変形のため、肉盛後に外周や内径を機械仕上げしなければならない場合も少なくない。

以上述べたローラ肉盛の問題点を考慮し、試作にあたっては次の4点を主要なねらいとし

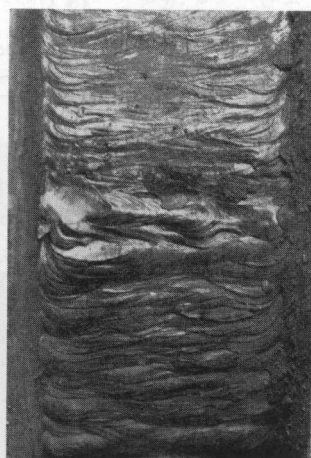


(a)

写真3 手溶接によるローラの肉盛外観

(a) ローラ外観, (b) ビードの拡大

Photo. 3. Appearance of the manual weld bead—  
(a) a padded roller, (b) a closeup of  
the bead.



(b)

て基本構想をたてた。

### 2.2 試作基本構想

(1) ローラ肉盛の下請として圧倒的に多い小規模工場において、既設の（または比較的入手しやすい）溶接設備を利用するものであること。ただし、能率化と精度の向上および品質の均一性が前提なので、被覆溶接棒を用いる通常のアーク溶接機ではなく、最近小企業にも普及がすすんでいる半自動溶接機を用い、溶接自動化の方向を目指す。

(2) 製作費があまりかからず自家製作も可能で、構造も簡単で操作が容易なこと。そのため、主要な部分以外はとりあえず手動とするが、それによって著しい能率低下をきたさないよ

う配慮する。

(3) 肉盛時間, 円筒精度, 収縮変形, ビード性状などは, 現在の専用自動肉盛機に劣らぬものであること。

(4) 生産内容が多種少量である小企業で有効に使えるため, 単にブルドーザ用ローラの肉盛専用に限定せず, はん用の溶接ポジションナとしても随時使用できる装置とする。

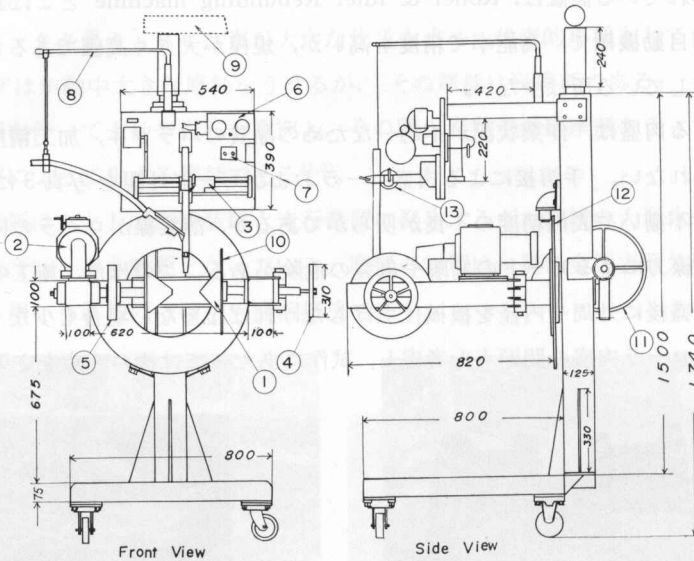
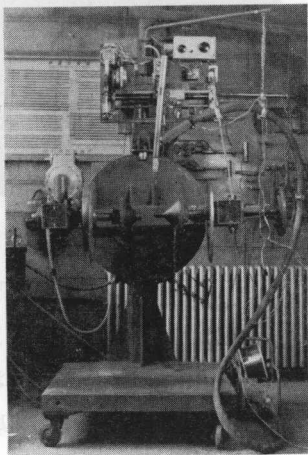
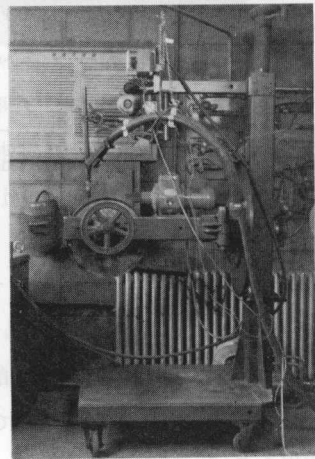


図 1 装置の外形寸法図

Fig. 1. Schematic form and size of the equipment.



(a)



(b)

写真 4 装置の外観 (a) 正面, (b) 側面

Photo. 4. External view of the equipment— (a) front view, (b) side view.



### 3. 装置の構造および機能

図1は本装置の外形寸法図、写真4はその外観写真である。図中に数字で示す部分の名称は次の通り。

①ローラ取付部のコーンストック ②主軸駆動用無段変速機 ③トーチ縦送り装置 ④コーンストック締付けハンドル ⑤ターンテーブル ⑥電流電圧遠隔制御器 ⑦可逆スイッチ ⑧トーチのコンジットホースつり ⑨ローラ運搬用アーム ⑩スパッタしゃ板 ⑪主軸可傾用背板 ⑫同用回転ハンドル ⑬トーチ可傾装置

以下主な機構について説明する。

#### 3.1 ローラ取付装置と主軸駆動部

写真5にローラ取付装置を示す。左側が回転主軸で、右側が締付け部である。先端はいずれもコーン状で、ローラ（または円筒体）の内径に応じて締付けが可能である。取付けられたローラの回転と溶接トーチの水平縦送りとによって、ビードは円周に沿ってラセン状におかれる。

右側の心押し部の支持アームは、取付ピンを中心に外側に開くことができ、ローラの脱着を容易にするが、ピンを抜きとりアームを取りはずすと、はん用のターニングポジションとして使用できるように工夫されている。

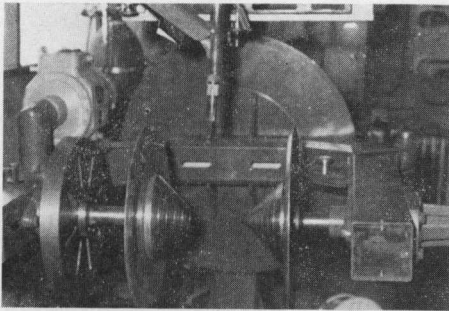


写真5 主軸およびローラ取付け装置  
Photo. 5. Main spindle and roller attaching device.

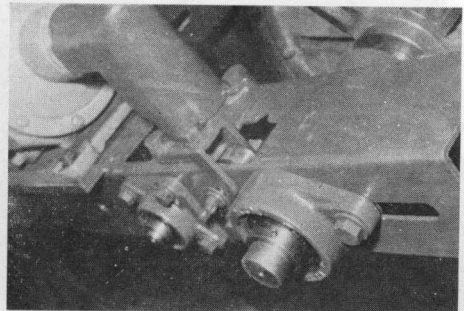


写真6 無段変速機による主軸駆動装置  
Photo. 6. Driving device of main spindle with a stepless speed changer.

写真6は無段変速機からの主軸駆動部で、モーターの回転はベベルギヤ、ウォームギヤを経て主軸に平行なホイール軸に伝達され、ホイール軸はVベルトで主軸に回転を伝える。

主軸の回転をフリーにするためには、ベルトプーリの中間にベルト張りを設け、これによってベルトの伝達にあそびを与えた。

#### 3.2 溶接トーチの縦送り装置

写真7にその装置を示す。トーチの送り機構はビードのパス間隔を調節するものになるが、本装置では送り軸のねじピッチは0.8mmとした。モーター軸から3個のフリクション板と

2段の減速ギヤで減速された回転が、直交フリクションで更に微小減速され、ウォームギヤで送り軸に伝達される。

送り速度は直交フリクションの調整で1~5 mm/minの範囲で変速されるが、換え歯車を用いてそれぞれ1/2に減速できる。トーチの移動範囲は300 mmで、可逆スイッチにより前進後退できる。トーチ保持具はトーチと母材の間隔を調整するため上下にスライドでき、またローラの軸方向と円周方向に対して任意の角度に傾けることができる。

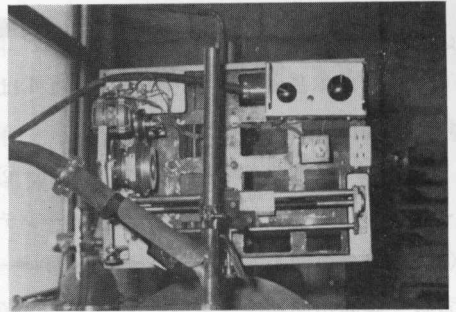


写真7 溶接トーチの縦送り装置

Photo. 7. Feeding device of the welding torch to the longitudinal direction of roller.

### 3.3 主軸可傾装置

写真8はローラのフランジ部を肉盛するために主軸を傾けた状況である。主軸を傾けるための背板の回転機構を写真9に示す。背板は主軸部の重量によってたわみをうけるので、背板の前面と背面に計3個のローラ支点を設けて、背板のたわみと回転をうけもたせた。

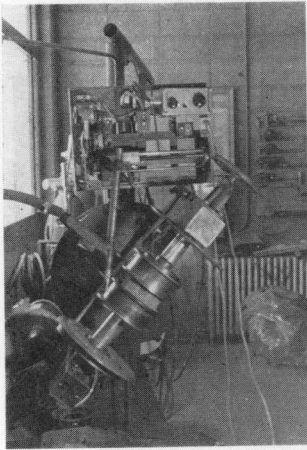


写真8 フランジを肉盛するために傾けられた主軸

Photo. 8. Inclined main spindle for padding a flange.

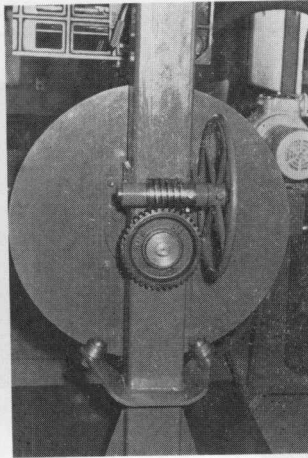


写真9 主軸の傾斜装置  
(肉盛装置の背面)

Photo. 9. Inclining device of the main spindle (back view of the equipment).

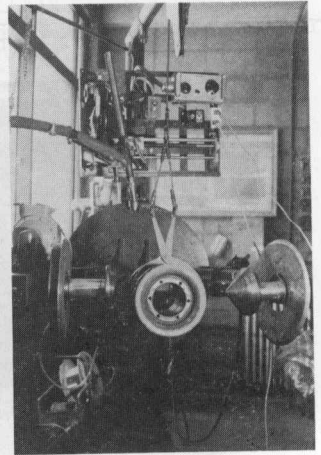


写真10 ローラ運搬装置  
Photo. 10. Roller carrier.

### 3.4 ローラ運搬装置

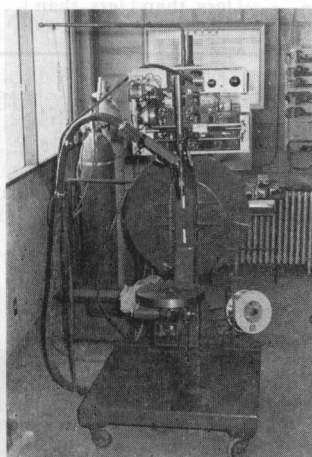
写真10はローラを取りはずす際の状況である。30 kgの重さのローラを運搬するには、単なる腕力では非能率的であるとともに危険であり、肉盛後は高温のため直接手で触れることはできない。そのため写真のようなハンガー装置を設けた。この装置は、円形のはさみフックを

取付けたワイヤーをハンドレバーで上下させるもので、機構は単純だがローラを容易に運搬することが可能である。

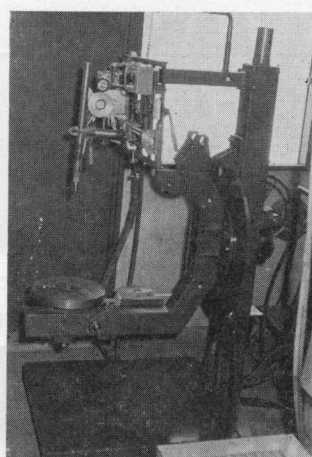
なお、レバーを取付けたアームは、本装置の垂直支柱のまわりを回転し、アーム半径内の所定位置に運搬物を移動することができる。

### 3.5 はん用ポジションナとしての利用

本装置はローラの肉盛以外にははん用ポジションナとしても使用できるのが特長である。写真11はその外観である。これは写真6の心押し部を取りはずし、主軸を垂直にした状態である。ターニングテーブルの直径は300 mmで、被溶接物はテーブルに取付けたまま任意の角度に保持され、円筒溶接の自動化が効果的に行なわれる。



(a)



(b)

写真11 装置をポジションナとした場合 (a) 正面, (b) 側面

Photo. 11. The equipment as a turning positioner—  
(a) front view, (b) side view.

## 4. 性能実験

### 4.1 実験供試材および溶接器材

実験のための供試材としては、実際のローラのほかに圧力配管用炭素鋼管 STPG 35 (スケジュール 60) を肉厚 10 mm, 長さ 45 mm (A 供試材) および 220 mm (B 供試材) に加工したものをを用いた。供試ローラおよび円筒供試材の化学成分を表1に示す。

表1 供試ローラおよび円筒供試材の化学組成

Table 1. Chemical compositions of the roller and the cylindrical specimen

Specimen	Chemical composition (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
A & B	0.15	0.30	0.48	0.019	0.017	—
Roller	0.36	0.22	1.42	0.015	0.022	0.62

肉盛は主として下部ローラにおこなわれるが、下部ローラにはシングルフランジローラとダブルフランジローラの種類がある。材質は通常 Mn-Cr 鋳鋼 (SCA 20) または低マンガン鋼 (SCA 21) であるが、表 2 にその化学成分の一例を示す。さきの供試ローラの化学成分を表 2 と対比して、その材質は SCA 21 に該当することが確認された。

表 2 下部ローラの材質および化学組成  
Table 2. Materials and chemical compositions of a truck roller

Materials	Sign	Chemical compositions (%)					
		C	Si	Mn	P	S	Cr
Mn-Cr Cast steel	SCA 22	0.30~0.40	less than 0.50	1.20~1.60	less than 0.030	less than 0.030	0.40~0.80
Low manganese steel	SCA 21	0.25~0.35	less than 0.50	1.00~1.60	less than 0.030	less than 0.030	—

写真 12 にローラの外観を示す。左側が未使用のローラ、右側が使用済みで摩耗したローラである。いずれも摩耗による変形が明らかであるが、特に横ぶれによる側圧のため、フランジ部がいちじるしく摩耗変形している。ローラの標準寸法は履帯接触部の幅 45 mm、外径 203±2 mm であり、直径で 20 mm 摩滅した場合を補修限界としている。

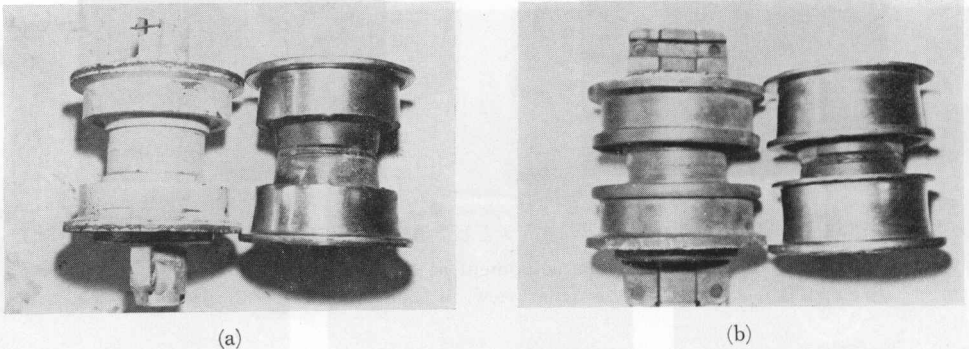


写真 12 ブルドーザ用ローラの外観 (a) シングルフランジローラ, (b) ダブルフランジローラ。いずれも左側が新品、右側が使用済み。

Photo. 12. Appearance of truck rollers of a bulldozer- (a) single flange rollers, (b) double flange rollers. In each photo, the left roller is a new one and the right roller is out of use.

使用した半自動溶接機は日立製 TS-300ソリッドワイヤ型で、ワイヤはナショナルの YM-350 (1.2 mmφ), シールドガスは 80% CO<sub>2</sub>+15% Ar の混合ガスである。使用ワイヤの化学成

表 3 使用ワイヤの化学組成  
Table 3. Chemical compositions of the wire

C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Co
0.10	1.30	0.70	0.01	0.01	0.09	2.60	0.70	0.10

分を表3に示す。

4.2 熱変形と収縮量

ローラを肉盛する場合、肉盛部に大きな入熱が加わるため熱変形が問題となる。熱変形による軸方向および内径の変化が所定の値をこえると、機械加工を施さなければならない。本装置を用いて肉盛した場合のローラの変形について、次の諸実験を行なった。

4.2.1 トーチの移動による母材の温度変化

溶接トーチによる加熱点は円筒が回転することによって、円筒表面を円周方向に移動するそれにつれて母材が順次加熱されるがこの場合ビード直下の母材温度が最も高くなるので単純化して1パスビードによる円周方向の温度を測定した。

実験にはA供試材の円周を8等分し、各点で内面から肉厚中央までの深さにCA熱電対を埋め込み、熱起電力をペンレコーダで記録した。溶接条件を表4に示す。熱起電力の測定には、供試材が回転することを考慮して、中空主軸の外端に取付けたスリッピングを介して測定するようにした。写真13がスリッピングの部分である。

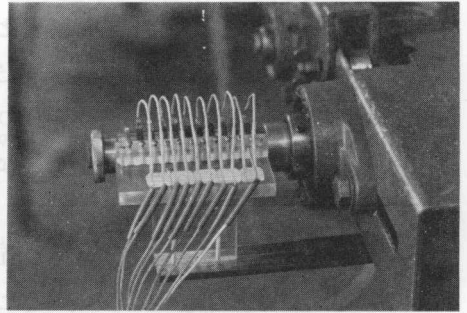


写真 13 熱起電力測定用スリッピング

Photo. 13. A slip ring measuring thermoelectromotive force.

表 4 溶 接 条 件  
Table 4. Welding condition

Welding Current (Amp.)	Arc voltage (Volt)	Interval between torch and specimen (mm)	Welding speed (mm/min)	
			Turning speed	longitudinal torch speed
200	22	18	430	4.2

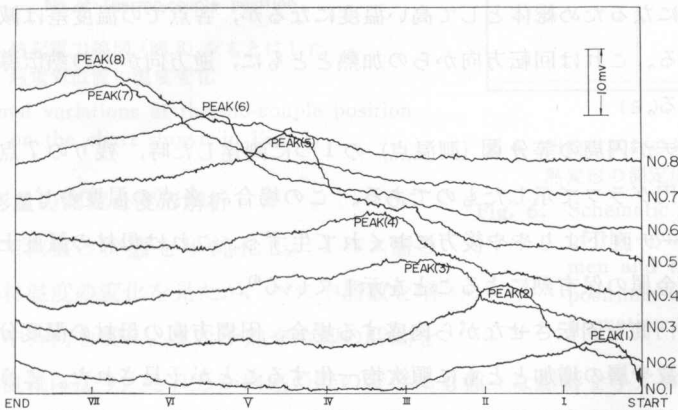


図 2 円筒供試材の熱起電力線図

Fig. 2. Chart record of thermoelectromotive force of the specimen.



図2はこの実験による各点の熱起電力の波形図である。図中の START とあるのは最初にアークを発生したトーチの位置で、以下順次 I, II, … と加熱点が移動し, END に至って START の位置にもどり供試材が一回転する。No. 1, No. 2, … は熱電対を埋め込んだ各測定点の番号である。

図2の波形から, トーチが円周上を1回転するまでのビード直下の母材の温度変化がわかる。いずれも1つの極大値をもつたらかな上昇下降の波形を画いているが, この図のような最初の1回転では, 各点は一樣な温度を示すには至っていない。

この波形から得た実際温度を円筒断面を示す円グラフで示したのが図3である。この図から, 测温各点がトーチから遠ざかり, ふたたび近づいてくる間どのような温度変化を示すかがわかる。図中, (a) は前半周, (b) は後半周の温度変化であるが, (a) からわかるように, 前半周の区間での各測点の加熱はあまり進まず, 総体として温度は低い。しかし, 各点での温度上昇の差はしだいに大きくなっている。それに対し, 後半周の区間では円筒全周の入熱が大になるため総体として高い温度になるが, 各点での温度差は減少しほぼ同一温度に近づいてくる。これは回転方向からの加熱とともに, 逆方向からの熱伝導が作用しているものと考えられる。

図4はトーチが円周の等分点(测温点)の1つに到達した時, 残りの7点の温度をトーチの移動する順に円グラフで示したものである。この場合, 各点の温度のピークは図5で明らかかなように, トーチ直下よりやや後方におくられて生ずる。これは母材の温度上昇がアークの瞬間熱よりも溶融金属の保有熱によることを示している<sup>6)</sup>。

このように円筒を回転させながら肉盛する場合, 円周方向の母材の温度分布は最初は一樣でなく, パスの数や層の増加とともに順次均一化することが予見された。こうした温度勾配が残存したまま断続的な加熱を繰返すことが, 熱変形の原因となることが考えられる。手溶接で不規則変形を生ずるのは, 施工の条件自体に上記の原因を内蔵しているためといえよう。

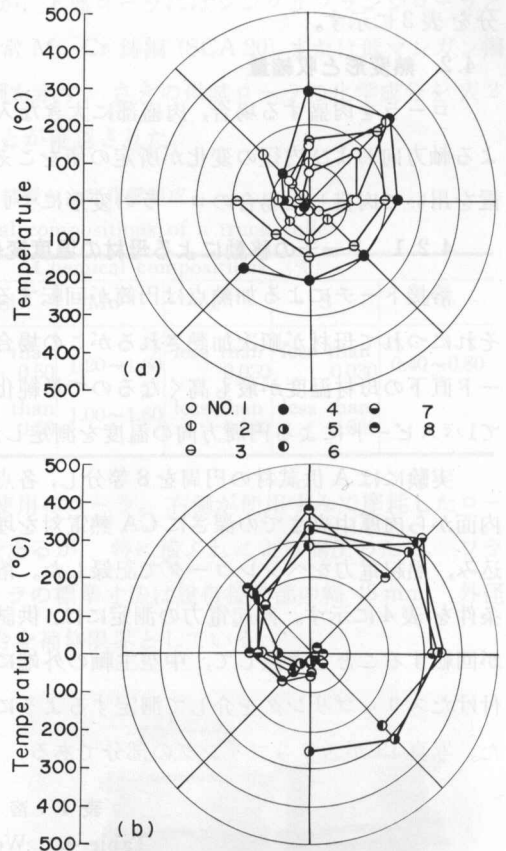


図3 トーチが回転する際の個々の熱電対位置の温度変化

Fig. 3. Thermal variations at each thermocouple position while the torch turns round.

各点での温度差は減少しほぼ同一温度に近づいてくる。これは回転方向からの加熱とともに, 逆方向からの熱伝導が作用しているものと考えられる。



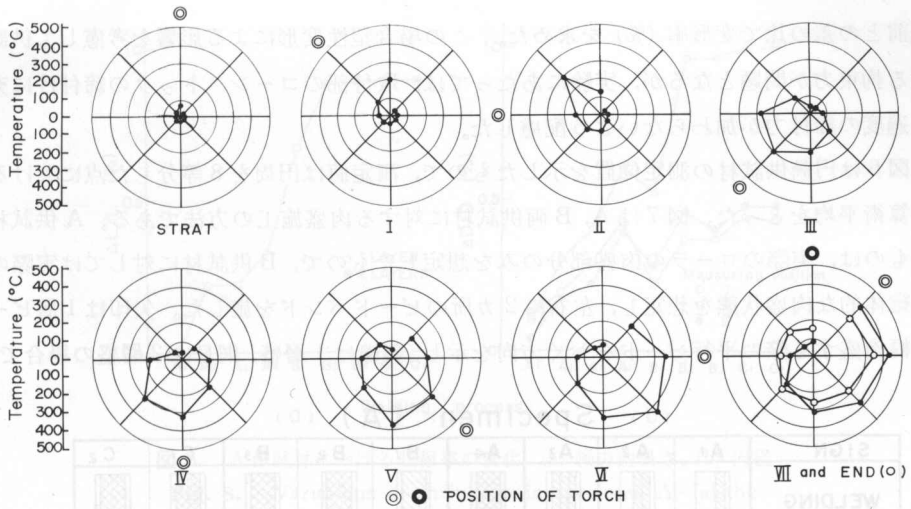


図4 トーチが回転する際のすべての熱電対位置の温度変化  
 Fig. 4. Thermal variations at all thermo-couple positions while the torch turns round.

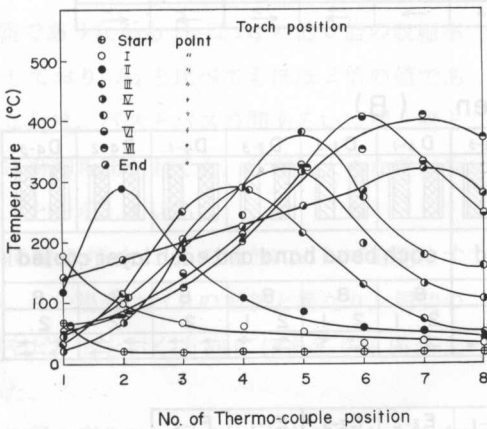


図5 熱起電力線図(図3)をもとにした熱電対位置の温度変化

Fig. 5. Thermal variations at thermo-couple position based on the chart shown in Fig. 3.

#### 4.2.2 変形量の測定と変形解析

前項の実験で肉盛の状態を単純化し、1パス層のビード直下の母材温度の変化を見たが、パスや層数を増しビードの順序や方向を変え、また予熱や冷却の時間を

与えると状況は複雑になり、それらが肉盛の際の変形にも種々な影響を与えることになる。

本装置を用いた場合もこのことは重要なので、実際に変形がどのように、またどの程度生ずるかについて次の実験を行なった。肉盛による変形は、軸方向および内径の変化を測定し、

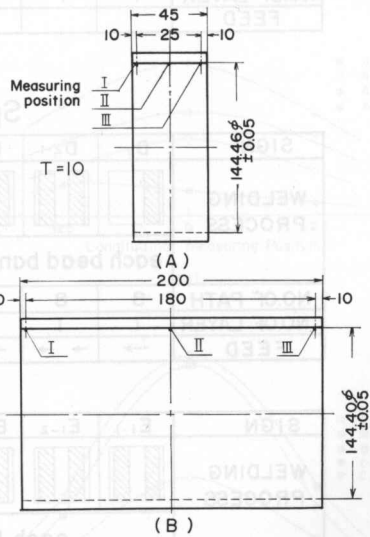


図6 円筒供試材の外寸寸法および熱変形の測定位置(mm)

Fig. 6. Schematic form and size of the cylindrical specimen and the measuring positions of thermal deformation (mm).

肉盛前との差の比で変形率 (%) を求めた。この場合塑性変形による影響を考慮して供試材に対する拘束力が問題となるが、実験にあたっては、取付部のコーンストックの締付けに充分注意し過度の締付力が加わらないよう配慮した。

図6は円筒供試材の測定位置を示したもので、測定値は円周を8等分した点における実測値の算術平均をとった。図7はA, B 両供試材に対する肉盛施工の方法である。A 供試材に対するものは、実際のローラの肉盛部分のみを想定したもので、B 供試材に対しては実際のローラの総体的な肉盛状態を想定し、左右に2カ所のビードバンドを施した。矢印は1層ビードを所定幅肉盛する際の平行ビードをおく方向を示し、斜線は1層盛、網目は2層盛の場合である。

Specimen (A)

SIGN	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	C1	C2
WELDING PROCESS									
	each path cooled				2nd layer continuous weld	each layer cooled			not cooled
NO.OF PATH	1	2	3	4	4	4	4	4	4
NO.OF LAYER	1	1	1	2	1	2	2	2	2
FEED				→	→	⇒	⇌	⇒	⇌

Specimen (B)

SIGN	D1	D2-1	D2-2	D2-3	D3-1	D3-2	D3-3	D4-1	D4-2	D4-3
WELDING PROCESS										
	each bead band cooled				each bead band and each layer cooled					
NO.OF PATH	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
NO.OF LAYER	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
FEED	→	→ →	→ ←	↔	⇒	⇒ ←	⇌	⇒	⇒	⇌

SIGN	E1-1	E1-2	E1-3	E2-1	E2-2	E2-3	F1-1	F1-2
WELDING PROCESS								
	each layer cooled						not cooled	
NO.OF PATH	8	8	8	8	8	8	8	8
NO.OF LAYER	1	1	1	2	2	2	2	2
FEED	→ ←	→ →	↔	⇌	⇌	⇌	⇌	⇌

図7 A, B 供試材に施した肉盛方法

Fig. 7. The padding processes about A and B specimens.

このような各種の施工によって生じた変形はいずれも収縮としてあらわれたが、供試材ごとにその変形量を測定し、次の結果を得た。

(i) A 供試材における施工法の影響

軸方向の収縮は図8の(a)に示すように、パスが増えるにしたがって増加するが、層が増

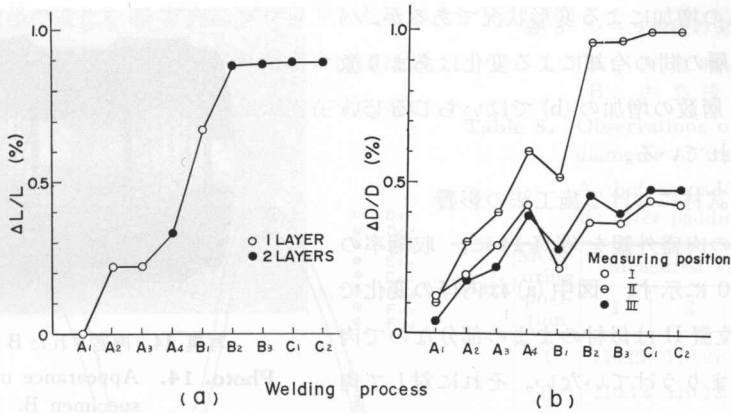


図 8 A 供試材における収縮率の変化 (a) 軸方向長さ, (b) 内径

Fig. 8. Variations of shrinkage in specimen A- (a) the longitudinal length, (b) the inside diameter.

加するとその値は更に大になる。図中、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub> および B<sub>1</sub> を比較すると、A<sub>3</sub> と B<sub>1</sub> は層数が同じ 1 層盛でありながら B<sub>1</sub> は A<sub>3</sub> の約 3 倍の収縮率を示しており、A<sub>4</sub> と比べてもほぼ 2 倍の値である。これは、パスとパスの間あるいは層と層との間に冷却時間をおくと、収縮に大きな差が生ずることを示している。

収縮の増大は層の増加によっても発生するが、この場合はパスの増加と異なり、層間の冷却やビードをおく方向にはあまり関係がなかった。

内径の変化については、(b) に示す A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub> のようにパスの増加によって収縮率は急激に上昇し、その値はビードバンドの中心部で極大値をとる。B<sub>1</sub>~C<sub>2</sub> 間では層と層との間に冷却時間をおくかおかないかの違いはほとんどなく、ビードをおく方向にもほとんど影響されないが、層数の増加による収縮率の増加はいちじるしい。

これらの内径の収縮率を軸方向にプロットすれば 図 9 のようになり、実際の形としては中央部のへこんだつづみ形をとることがわかっ

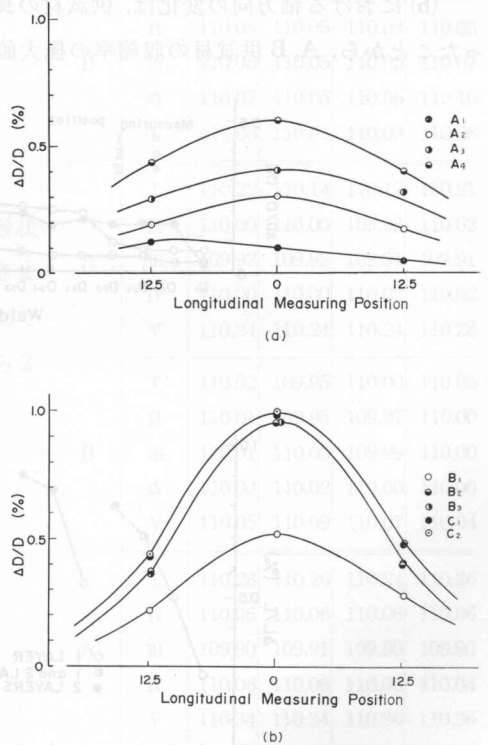


図 9 A 供試材における内径収縮率の円筒軸方向のプロット図 (a) パスの増加, (b) 層の増加

Fig. 9. Plots of inside shrinkage along the longitudinal direction of specimen A- (a) increasing the pass, (b) increasing the layer.

た。(a)はパスの増加による変形状況であるが、パスの間および層の間の冷却による変化はあまり激しくないが、層数の増加の(b)ではいちじるしい変化があらわれている。

(ii) B 供試材における施工法の影響

B 供試材の肉盛外観を写真 14 に、収縮率のグラフを図 10 に示す。図中 (a) は内径の変化であるが、測定位置 II は母材のままの部分なので肉盛の影響はあまりうけていない。それに対して肉盛部に近い I および III では、1 層盛のビードバンドが 2 個になり、更に層が増加すると右側と左側で収縮の度合に若干差がみられたが、総体として左右の収縮が均一化する経過が把握された。

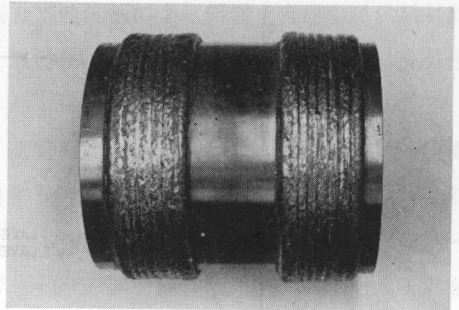
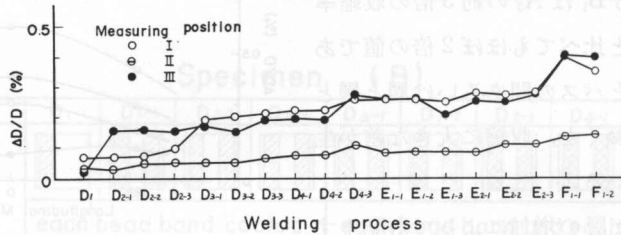


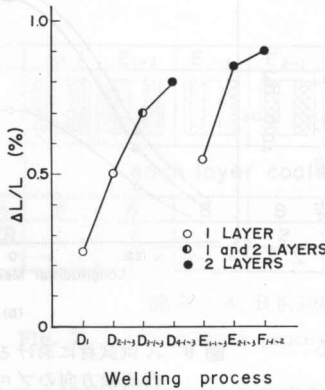
写真 14 肉盛された B 供試材

Photo. 14. Appearance of a padded specimen B.

(b)における軸方向の変化は、供試材の長さが5倍になったがビードバンドが左右2個になったことから、A, B 供試材の収縮率の極大値はあまり変わっていない。



(a)



(b)

図 10 B 供試材における収縮率の変化 (a) 内径 (b) 軸方向長さ、

Fig. 10. Variations of shrinkage in specimen B- (a) the inside diameter. (b) the longitudinal length,

図 11 は内径の変化を軸方向にプロットしたもので、この結果から、ローラが肉盛された場合はほぼ図に示すようなうねりのある内径の変化が内在するものと推定される。

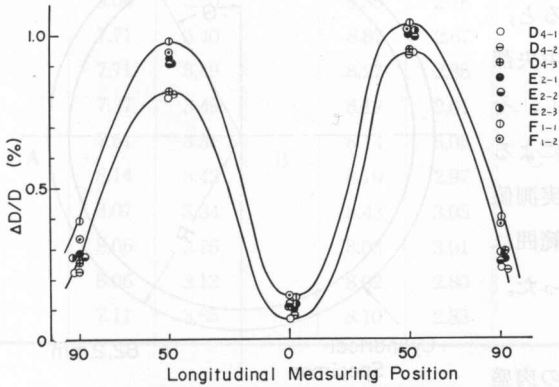


図 11 B 供試材における内径収縮率の円筒軸方向のプロット図

Fig. 11. Plots of inside shrinkage along the longitudinal direction of specimen B.

(iii) 肉盛ローラの変形量

(i) および (ii) の結果から肉盛時のローラの変形状態がほぼ予見され、また変形量も許容範囲内におさまることがわかったので、実際に摩耗ローラを肉盛してその変形状態を検討した。肉盛層数は摩耗状況から 2 層とし、測定位置は図 12 に示すカ所とした。

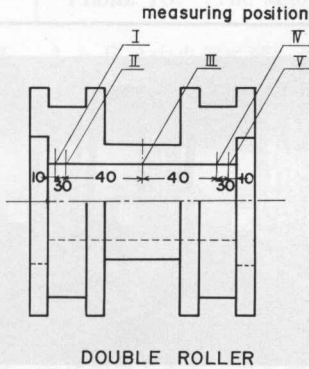


図 12 ダブルフランジローラの外形と熱変形測定位置 (mm)

Fig. 12. Schematic form of a double flange roller and measuring positions of thermal deformation (mm).

表 5 ローラ内径の実測値

A: 肉盛前  
B: 肉盛後

Table 5. Observations of the inside diameter of the rollers

A: before padding  
B: after padding

Mark	Measuring position	Measured values (mm)			
		1	2	3	4
A	I	110.27	110.27	110.27	110.24
	II	110.12	110.12	110.10	110.10
	III	109.98	109.97	109.97	110.00
	IV	110.07	110.07	110.10	110.10
	V	110.26	110.23	110.23	110.30
B	I	110.09	110.09	110.08	110.05
	II	110.05	110.05	110.03	110.03
	III	110.05	110.05	110.05	110.07
	IV	110.07	110.05	110.06	110.10
	V	110.06	110.03	110.03	110.08
A	I	110.22	110.14	110.17	110.21
	II	110.00	110.00	109.98	110.02
	III	109.92	109.92	109.91	109.91
	IV	110.00	110.00	110.02	110.02
	V	110.24	110.24	110.24	110.28
B	I	110.02	109.95	110.00	110.05
	II	110.01	109.95	109.97	110.00
	III	110.01	110.00	109.99	110.00
	IV	110.03	110.02	110.00	110.00
	V	110.05	110.09	110.07	110.04
A	I	110.28	110.26	110.24	110.26
	II	110.06	110.06	110.06	110.06
	III	109.90	109.91	109.90	109.90
	IV	110.06	110.06	110.06	110.04
	V	110.34	110.34	110.36	110.36
B	I	110.12	110.17	110.20	110.18
	II	110.03	110.05	110.07	110.08
	III	109.96	109.98	110.00	110.00
	IV	110.05	110.05	110.05	110.05
	V	110.22	110.20	110.23	110.25

肉盛前に摩耗ローラの内径を測定した際、ローラの内径は中央部から左右にひろがったつづみ形に変形していることが認められたが、これはか動中にはげしい横ぶれの影響によるものと思われる。このようなローラを肉盛すると、左右のビードバンドによる収縮のために中央部が逆にふくらんだかっ好のたる形に変形し、その結果内径の差はあまりなくなり横ぶれによる変形が改善された。表5に肉盛後の内径実測値を示す。全体としての収缩量も充分許容範囲にあり、内径を機械仕上げする必要はなかった。

### 4.3 ビードの性状

肉盛部のビード性状の改善もローラの肉盛には重要な事項である。円筒表面を円周方向に肉盛する場合、溶接トーチの保持状態によってビード外観や溶け込み状態が変わり、肉盛部の性質にも影響を与える。図13に円筒表面に対するトーチの保持状態を示す。 $\theta$ がトーチの傾斜角、Lがオフセットである。本実験に用いた $\theta$ およびLの値を表6に示す。

写真15は3層3パスで $\theta$ およびLを変えた場合のビード外観である。ビードの波形はAからDになるにつれて、その曲率は大きくなっている。いいかえれば、DからAになるにしたがって、波形はとがった形になる。ビード幅はAからDになるにしたがって広がるが、トーチの縦送りが一定の場合写真のように、AとBではパスのラップが減少し、パス間に谷の部分が生じた。

表7にビード幅(W)と余盛高さ(H)の実測値を示す。この実測値から、Aは幅のせまい余盛の高いとがったビードになり、Dは幅がひろく余盛の低いフラットな形状になることがわかる。写真16は溶け込み状態を示す断面マク

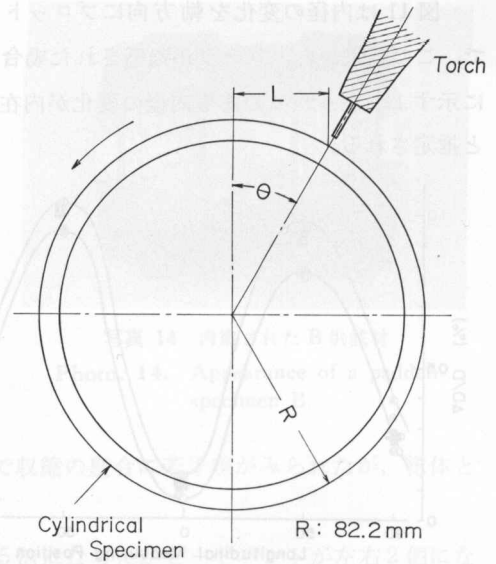


図13 供試材に対するトーチの保持状態

Fig. 13. Supporting condition of torch to the specimen.  $\theta$ : torch angle. L: off-set distance.

表6  $\theta$ およびLの条件

Table 6. Conditions of  $\theta$  and L

Mark	$\theta$ (°)	L (mm)
A	0	0
B	10	15
C	20	28
D	0	15

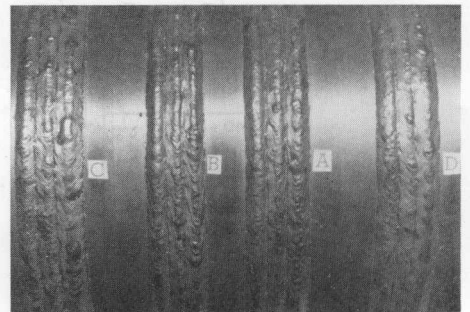


写真15 トーチ角とオフセットを変えた場合のビード外観

Photo. 15. Bead appearance as changing the torch angle and the off-set distance.



表 7 ビード幅 (W) と余盛高さ (H)

Table 7. The bead width (W) and the reinforcement of weld (H)

Mark	Measured values (mm)		Mark	Measured values (mm)		Mark	Measured values (mm)		Mark	Measured values (mm)	
	W	H		W	H		W	H		W	H
A	8.04	3.20	B	8.35	2.76	C	8.63	2.93	D	9.35	2.76
	7.71	3.40		8.87	2.67		8.64	2.92		9.18	2.76
	7.71	3.49		8.27	2.85		8.64	2.78		9.53	2.55
	7.37	3.49		8.19	2.81		8.50	2.68		9.33	2.60
	7.51	3.31		8.14	3.05		8.45	3.10		9.94	2.90
	8.14	3.42		8.10	2.97		8.88	2.85		10.00	2.80
	8.07	3.34		8.43	3.05		8.98	2.80		9.57	2.81
	8.06	3.75		8.03	3.01		8.86	2.78		9.13	2.70
	8.06	3.13		8.02	2.80		8.76	2.90		9.51	2.77
	7.11	3.65		8.10	2.83		8.67	2.82		9.20	2.85

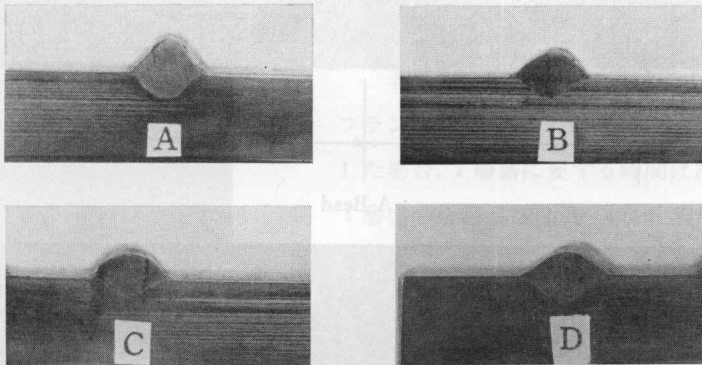


写真 16 トーチ状態によるビード断面

Photo. 16. The bead sections in various torch conditions.

ロ写真である。A と B は中央部に深い溶け込みを持つ扇のかなめ形を示し、C と D はどちらかといえば、底がややひろい円弧形の溶け込みを呈しているが、いずれも溶け込みは良好である。

このようなビード幅、余盛高さ、溶け込みなどを考慮してトーチの送りや層数などを調整すれば、目的の肉盛を効果的に行なう条件を選定できる。本実験を通じ、トーチ条件としては主として D を採用した。写真 17 に A および D による溶着金属および熱影響部のマイクロ写真を示す。

実際のローラに肉盛したビード外観を写真 18 に、その時の溶け込み状態を写真 19 に示す。手溶接の場合 (写真 3) と比較して外観の平滑さはいちじるしく向上しており、ビードが円周方向におかれるための円筒精度の向上および剝離抵抗の減少など、表面性状は良好となった。肉盛外周の円筒精度は、ビード円周を中心角 10° ごとにダイヤルゲージを用いて測定した

が各点とも許容最大値である 0.2 mm 以内にとどまり、機械加工を必要としない精度であった。溶け込みも写真に見るとおり、均一で安定したものが得られた。

ローラの肉盛では溶着金属の硬度が問題となる。ブルドーザ用ローラでは Hv 350 以上が要求されるので、本装置では YM-350 ワイヤを用い所期の硬度を得た。表 8 に肉盛後の全溶着金属の化学成分を、表 9 に層数と硬度の関係を示す。

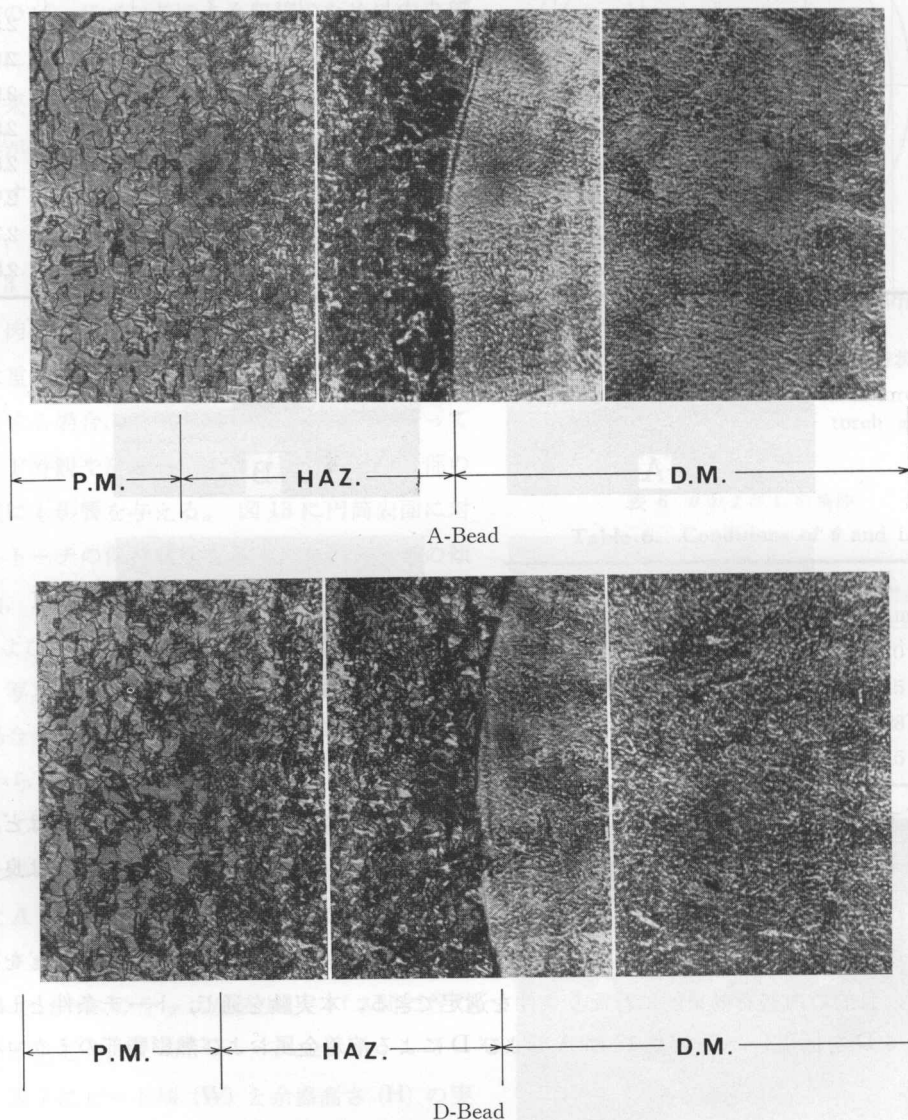


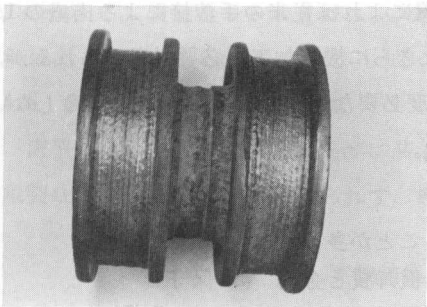
写真 17 肉盛部の顕微鏡写真 (×100)

D.M.: 溶着金属 HAZ: 熱影響部 P.M.: 母材

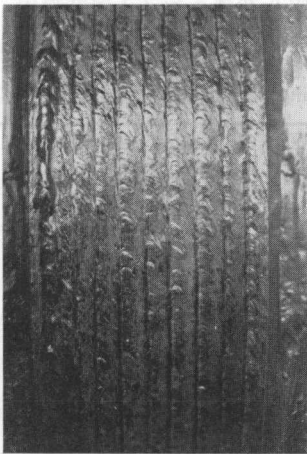
Photo. 17. Micrographs of a padded zone. (×100)

D.M.: deposited metal. HAZ: heat affected zone.

P.M.: parent metal.



(a)



(b)

写真 18 試作装置によるローラの肉盛外観  
(a) ローラ外観, (b) ビードの拡大

Photo. 18. Appearance of a weld bead with the trial equipment- (a) a padded roller, (b) a close-up of the bead.

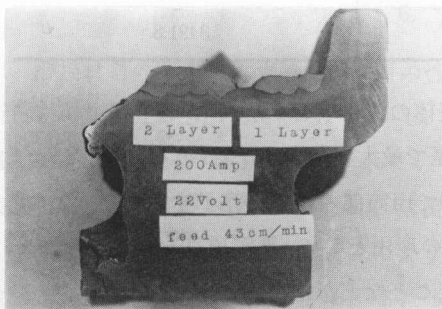


写真 19 ローラ肉盛部の溶け込み状況

Photo. 19. Penetration of bead on a roller.

表 8 肉盛後の全溶着金属の化学組成

Table 8. Chemical compositions of the whole deposited metal after padding

C	Mn	Si	Cr	Mo
0.15	1.23	0.45	2.45	0.55

表 9 肉盛層数と硬度の関係

Table 9. Relation between the number of layers and the hardness

Layers	Hardness (Hv)
one	320
two	380
three	400

#### 4.4 肉盛所要時間

著者らの調査および実験によれば、シングルフランジローラを 5 mmφ の被覆溶接棒で手溶接した場合、1 層盛に要する時間は約 45 分である。1 層盛の余盛高さは 3~4 mm 程度であり、ローラは外径が 10~20 mm 程度摩耗したものが多い(4.1 参照) ので、2~3 層の肉盛が必要となる。これより、円筒部だけで 80~120 分を必要とする。

フランジ部の肉盛には、フランジがほとんど欠損に近い激しい摩耗の場合で、片側 40 分程度かかる。以上を総合して、2 層盛でフランジ部の摩耗が中程度の場合、ローラ 1 個につき約 120 分の肉盛時間を必要とする。

これに対して本装置では、1 カ所約 45 mm 幅の肉盛部は、トーチの回転送りが 430 mm/min なので約 8 回転で 1 層盛が完了する。これより、円筒部の 1 層盛が完了する時間は 20 分程度となる。フランジ部の肉盛は主軸を傾斜させて能率的に行なうことができ、片側約 5 分で終了した。

以上の結果から、シングルフランジローラを 2 層盛する時間は 30~40 分程度で、摩耗の相当激

しいものでも 60 分以内で完了した。すなわち、本装置によれば従来の手溶接による肉盛の 1/3 に短縮されることが明らかになった。手溶接の場合はさらに機械加工の必要が考えられるが、加工時間は円筒部で 90~120 分、内径で 30~45 分程度必要なので、機械加工を必要としない本装置での、実質肉盛時間はいちじるしく短縮される。

#### 4.5 加工経費

溶接費用を考える場合、おおよそ次の事項をとることが多い<sup>7)</sup>。

- (1) 溶接材料費 (2) 工賃 (3) 電力料金 (4) 機器償却費と金利 (5) 保守費

本実験では一般企業と若干異なる条件にあるため、実際に計算できる項目として上記の項目のうち (1)~(3) までをとりあげた。加工経費の一例を表 10 に示す。

表 10 肉盛経費の比較  
Table 10. Comparison of the padding expense

Padding part	Cost item	Padding expense (Yen)	
		Present method	Manual welding
Cylinder	Deposition amount (kg)	3.7	6.0
	Wire or electrode	$3.7 \times 500 = 1850$	$6.0 \times 120 = 1260$
	Gas	$425 \times 0.4 + 75 \times 1.1 = 252.5$	—
	Electric fee	$220 \times 43 \times 0.6 \times 50 / 60 \times 0.006 = 28.4$	$180 \times 70 \times 0.2 \times 150 / 60 \times 0.006 = 37.8$
	Wage	$50 \times 8 = 400$	$150 \times 8 = 1200$
	Total (A)	2530.9	2497.8
Flange	Deposition amount (kg)	0.97	1.59
	Wire or electrode	$0.97 \times 500 = 485$	$1.59 \times 210 = 333.9$
	Gas	$212.5 \times 0.4 + 37.5 \times 1.1 = 126.3$	—
	Electric fee	$220 \times 43 \times 0.6 \times 25 / 60 \times 0.006 = 14.19$	$180 \times 70 \times 0.2 \times 80 / 60 \times 0.006 = 20.16$
	Wage	$25 \times 8 = 200$	$80 \times 8 = 640$
	Total (B)	825.5	994.0
Sum total (A)+(B)		3356.4	3491.8

経費の算出にあたっては、ワイヤおよび被覆溶接棒の使用率を 95% および 85%、溶着率を 95% および 65% にとり、溶着量は摩耗深さが直径で最大 20 mm の場合を考慮約 3.3 kg と算定した。そのため本装置では 2 層、手溶接では 3 層で円筒部の肉盛が完了するものとした。表に示す結果だけからはあまり差が見られないが、その理由として、算定項目を限定したこと、使用ワイヤとシールドガスがコスト高のものであったことなどがあげられる。

しかし手溶接の場合と比べ数倍の能率向上が明らかなので、完成期間のいちじるしい短縮による間接費や借料の減少、受注量の増加など実質的な利益が増加するので、単に直接費のみでは示し得ない経済効果を考慮しなければならない。その上、ワイヤ径の大きい複合ワイヤ

(3.2 mmφ) や、安価なシールドガス (CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> など) を使用するならば、実質的原価コストの低減はあきらかである。

#### 4.6 肉盛部の耐久性

肉盛ローラを実際にブルドーザに装着したか動追跡試験の結果、所定時間内にビード剝離や亀裂などによる異常破壊はみられず、摩耗状況も特に異常なく耐久性が維持された。

### 5. 実験結果および性能に関する考察

以上の性能実験を通じて、本装置の肉盛効果について次の諸結果が得られた。

(1) 肉盛装置としての機能を果す各部の機構はそれぞれ所定の機能効率を示し、作業能率も専用機に比べ遜色なかった。特に小規模工場むきに考案した実際的な機構は有効に作動し、関係方面から好評をうけ多くの反響を得た。

(2) トーチ保持具の自在傾斜によりトーチ角度およびオフセットを変え、ビード幅、余盛、溶け込み状態などの変化を把握し、所定の肉盛形状を得る適正条件を求めた。その結果を実際のローラ肉盛に適用したが、溶着金属の諸性質は充分であった。

(3) トーチの移動による円筒母材の温度変化を把握し、肉盛時の熱変形の実測によってローラの変形曲線を得たが、軸方向および内径の変位はともに許容範囲内にとどまった。肉盛部の表面性状も手溶接に比べていちじるしく向上し、円筒精度も許容範囲を維持した。その結果機械加工による補正の必要は全くなかった。

(4) 肉盛所要時間は1.2 mmφの細線ワイヤを用いて手溶接の約1/3に短縮され、専用機の加工能力と比べて遜色がなかった。したがって加工コストについても充分経済性のあることが認められた。

(5) 実際のブルドーザによるか動追跡試験によっても、肉盛部には異常破壊や変則的な摩耗痕跡も見られず、所定の耐久性が維持できた。

### 6. む す び

溶接材料の開発がすすみ肉盛用材の性能も一段と向上した結果、肉盛加工は機械構造物の新らしい加工分野を広めている。しかし、現在非常にか動率の高いキャタピラ車のローラの肉盛加工が、まだ多く手溶接で行なわれている実情は、低廉でより簡易な、実質的性能を持つ肉盛装置を必要としている。これはまた、溶接の省力化と自動化の方向にも結びつくものである。

著者らの今回のこころみは、このような要望に沿うとともに、格差のある地域産業の体質改善と向上に役立つものとする。また本装置は加工機械としての本来の目的のほか、円筒溶接についての広汎な実験装置としても充分有効な機能を持つことが確かめられた。

おわりに、ご助言を頂いた北海道大学工学部土肥修教授、各種の資料や直接的便宜を与え



て下さった北海道建設機械販売株式会社松本常雄氏, 北海道開発局官房機械課長小林和郎氏, 同建設機械工作所長高山岩男氏, 鹿児島市亜細亜工作所高崎征忠氏ならびに試作機の製作に協力いただいた本学機械工学科佐伯義二, 阿部清両技官の各位に深甚の謝意を表します。

文 献

- 1) 日本機械学会: 機械工学年鑑, 147-148 (昭 46).
- 2) 便覧編集委員会: 新溶接法便覧, 176-178 (昭 42), 日刊工業新聞社.
- 3) 大 蝶 堅: 溶接学会誌, 37-12, 1292-1300 (昭 43).
- 4) 荒城義郎: 溶接学会誌, 33-10, 883-885 (昭 39).
- 5) 北海道開発局建設機械工作所資料, (昭 45).
- 6) 佐藤・藤森・柏原: 溶接学会全国大会講演概要, 7, 199-200 (昭 45).
- 7) 鈴木春義: 炭酸ガスおよびノーガスアーク溶接, 298-306 (昭 45), 産報.