論文および報告

点 熔 接 電 極 の 耐 久 性 の 増 進*

鬼 丸 貞 幸** 正 本 久 明**

Wear Resistance Improvement of Spot Welding Electrode*

By S. Onimaru** and H. Shomoto**

Abstract

To increase wear resistance of electrode tip is one of important factor for productivity by spot welding.

This report gives some testing results for electrode of chromium bearing copper alloy.

It is found in it that the effect of heat treatment on the durability of the electrode and that, for an example, a heat treated electrode stands to make about 6000 spots under suitable cooling condition.

1 は し が き

点熔接の結果を左右する要素の一つに電極先端の形状がある。しかし電極の先端は高温下において衝撃的に加圧をうけつゝ連続して作業するものである故に、多少の変化はさけられない。何点までうてるかについて具体的実験例も少ないのでこれを確認するために行った。耐久性が分ることにより、点熔接の信頼性を確認し作業能率の向上を期待しうる。

電極の耐久性を左右する要素として下記の事項が考えられる。

1. 電極材の性質（冷間硬度、高温硬度、軟化点、抗張力、降伏点、電気伝導度、熱伝導度、等）
2. 熔接される板の表面状態および性質（酸化膜の有無、硬度、等）
3. 熔接条件（熔接電流、加圧力、初期加圧、熔接通電、保持加圧、休止の各時間）
4. 部品取換の時間
5. 上部電極の下りてくる速さ
6. 冷却水の状態（流量および温度、冷却水の内部到達面と電極先端の間隔、注水管の位置、等）

これらをすべて最適の条件におくことは困難である故、一定条件下において電極材と冷却水の状態について実験を行ったものである。

2 供試電極の製作

- 2.1 この実験に使用した電極は Cr-Cu 合金で次の成分をもつものである。

Table 1 Composition of Cr-Cu alloy

Element	Cr	Si	Fe	Cu
Specimen	0.71	0.02	0.03	Res.

電極材は一部は購入のまゝ一部は熱処理を施した。各段階における処理および硬度は Table 2 の如く、各段階における顕微鏡組織は Fig. 1 (a) (b) (c) に示す如くである。

2.2 電極を熱処理する効果

熱処理した Cr-Cu 電極は冷間硬度が高いことは2.1に示した。また軟化点も高くなり¹⁾²⁾電極先端の面積増加率も

Table 2 Treatment and its Hardness

Step	Treatment	Hardness Rockwell "B"
As recieved	—	30~60
1st step	1000°C heat and water quench	10~12
2nd step	475°C aging and air cool	70~80

少いと報告されている。これを確認するために行った実験の結果は Fig. 2 に示す如くである。熔接機および熔接条件は4に述べるのと同じで冷却水量 3 l/min. 水温 19°C で行った。硬度は500点毎に電極先端を測定したものである。

* 原稿受付 昭和33年1月13日（昭和33年度熔接学会春季学術講演会において発表）

** 正員、ダイハツ工業株式会社 Member, Daihatsu Industrial Co., Ltd.

Fig. 1(a) As recieved $\times 540$ Fig. 1(b) As water quenched from 1000°C $\times 540$ Fig. 1(c) As tempered at 475°C after water quenched $\times 540$

Fig. 2 Effect of heat treatment

これにより熱処理しないものは、加熱により冷間加工の効果が失われ、熱処理したものは焼戻が高温で行われたと同じ変化を起して硬度が低下しているものと考えられる。熱処理し先端を機械加工後、点熔接に使用した電極先端の組織を Fig. 3 に示す。この写真でみられることは電極の先端は圧壊されつゝ変形していることである。

この結果熱処理したものを用うれば硬度の低下の少いとすなわち変形の少いことを確認した。

Fig. 3 Top of electrode $\times 540$

3 冷却水の流量について

冷却水の流量が多ければ電極に蓄積される熱量は少くなり、電極先端の硬度変化も少くなる筈である。

この実験に供した電極は Table 3 に示す。使用した熔

接機、電極の形状および取付方法は 4 に述べるものと同一で、500点打点した。

Table 3 Electrode and its Testing Condition

Symbol	Treatment	Welding condition			Combination of sheet ^(a) (mm)
		Cur. A	Time ~	Electrode force kg	
cc 3	Treat.	16000	28	600	3.2 $\rightarrow$ 1.6
cc17	Treat.	16000	28	600	3.2 $\rightarrow$ 1.6
cc19	Treat.	13000	37	575	1.6 $\rightarrow$ 3.2
Ncc2	Non.	13000	37	575	1.6 $\rightarrow$ 3.2
Ncc7	Non.	16000	28	600	3.2 $\rightarrow$ 1.6

(a) Sheets are hot rolled and pickled mild Steel.

硬度の測定は次の如くして行つた。すなわち打点後そのまゝ中心硬度を測定し、次に圧痕がきえるまでヤスリで面をならし硬度と電極高さの減量をはかりこれを数回繰返したものである。これにより冷却水の効果をあげるには 7 l/min 以上必要であることを確めた。

Fig. 4 Effect of cooling water

4 電極の耐久性

4.1 実験条件

Fig. 5 Setting of electrode

Table 4 Tested Electrode

Symbol	Hardness R_B	Cooling water l/min
cc7	80	3
cc9	79	9

Table 5 Sheet Metal used for test

Thickness of sheet m/m	Tensile strength kg/mm ²	Yield strength kg/mm ²	Elongation % in 50mm	Hardness Rockwell "B"
3.2	35	28	40	62
1.6	41	37	33	65

4.1.3. 熔接条件

機械 130 K.V.A. 直上加圧型 (空気圧)

設定 初期加圧時間 60∞

通電時間 26∞

保持加圧時間 60∞

休止時間 30∞

電流 (短絡) 18000 A

一次電圧 230~240 V

加圧力 600 kg

4.1.4. 電極の取付方法 Fig.5 に示す 供試電極は 3.2% の鋼板に接している。

4.1.5. 上部電極の動き 上部電極の動きが余り急である

4.1.1. 電極材 2
に述べた処理
を行った電極
材を Fig. 5
の如く成形し
その中 Table
4 に示す 2 個
を供試片とし
た。

4.1.2. 被熔接材
酸洗し軽く塗
油した 3.2 %
および 1.6 %
鋼板を用いた。
強度試験用としてだけ
でなく、打点
数を稼ぐため
にも用いた。
機械的性質は
Table 5 に示
す。

と衝撃的に板の面を叩き電極の変形が早くなるので絞
りバルブで緩やかに動くようにした。

4.1.6. 冷却水の状態 冷却水の流量は 3 l/min と 9 l/
min の場合をテストした。3 l/min のときは工場配管
よりとり、9 l/min のときは空気圧を利用して増量し
特に上部電極のみ供給した。

電極内の配置は Fig. 5 に示す。

4.2 実験方法

各実験条件は 4.1 にのべた。供試電極 (上部電極) は打
点中一回も研磨整形を行わなかった。但し生産の事情で連
続打点は 1.5 時間に限られたのでこれを数日繰返して実験
を続けた。下部電極は平頭のものを用い影響を除くため平
滑さを維持するよう研磨または交換した。打点をつける
には 3.2% と 1.6% の酸洗鋼板を重ね合せ 20% 平方
に 1 点の割で行った。その間 300 点毎に多点試験片 (Fig. 6)
その間に一点試験片 (Fig. 6) を採取し、併せて冷却水
流量 温度 一次電圧を随時測定した。一点試験片の採取に
当っては補正板 (1.6×450×250×2s) をふところ内に入れ
生産品および多点試験片との差が少くなるように配慮
した。

Fig. 6 Tensile-shear strength specimen

4.3 実験結果

多点試験片は巾 40mm に剪断し、一点試験片はそのま
ゝ引張剪断試験を行った。その結果は Fig. 7 (a) (b)
Fig. 8 (a) (b) に示す。併せて試験片に残った圧痕径を
測定し記録した。

4.4 考 察

実験条件について：—

この実験は特定の方法をとった。従って実際の作業状態と
比較して次の点において差を認めなければならない。すな
わち、

Fig. 7(a) Result of electrode test 3 l/min

Fig. 7(b) Strength of multi-spot welded specimen 3 l/min

イ) 生産の場合電極の接触する鋼板は冷く硬い面であるが、この実験では連続打点のため板の温度が上っており若干軟くなっているものと考えられる。これは電極に対して、生産の場合冷いことは有利であり硬いことは不利な面として働く。この実験では全く逆に働くわけである。

ロ) 生産の場合ピッチがひろいので分流効果は少い。この実験では連続打点のときピッチを細くしたので分流が大きく点熔接部の発熱量は少くなっているものと考えられる。しかし(イ)にものべた如く板の温度は昇っており電極に与うる温度効果はほぼ同じ程度とみて

よいのではなかろうか。

ハ) 生産のときは数点あるいは数十点毎に被熔接物を取換える。この間に電極は十分冷却される筈である。この実験では連続打点する板を約300点毎に即時とりかえる以外休止なく1.5時間にわたって行った。今回の実験の方がより苛酷な条件で行ったものと考えられる。

以上の考察にもとづきこの実験が生産に対応するかより苛酷な条件であると考えている。

強度試験結果について：

試片はすべて1.6%鋼板側に栓状破断し実用上満足すべきものであった。今回の条件を R.W.M.A. 推奨熔接条件に対照すれば Table 6 の如くである。

3 l/min の冷却水を通じた場合は次の如くであった。

1. 一点試験片は平均値 1062 kg パラツキ±10%であった。

2. 多点試験片は2400点および3900点附近で変動が大きかった。この2箇所を除けば平均値 2046 kg パラツキ±9.5%であった。300点毎に採取した各組の強度の平均および偏在率は Fig. 7(a) に示した通り良好であった。2400点および3900点附近の異常は電圧変動および平頭電極の面の荒れに原因するものと思われる。

Table 6 Comparison Between R.W.M.A. Recommendation and Testing Condition

Thickness of sheet metal	Current	Time	Electrode force
1.6 mm	11500 A	14~	360 kg
3.2	17500	30	820
3.2→1.6	18000	26	600
Strength		Remark	
kg			
±14%			
1060		R.W.M.A. A class	
3130		R.W.M.A. A class	
1800~2000		Testing condition

Fig. 8(a) Result of electrode test 9 l/min

Fig. 8(b) Strength of multi-spot welded specimen 9 l/min

9 l/min の冷却水を通じたとき次の如くであった。

1. 一点試験片は平均値 1886 kg バラツキ $\pm 17\%$ であった。
2. 多点試験片は平均値 1780 kg バラツキ $\pm 6.8\%$ であった。

以上を通じて強度試験は十分な実用性を以て推移したものと考へ得る。

圧痕径の変化および冷却水の影響について

特に供試電極に接する 3.2% 板鋼側の圧痕径を記録し

た。31/min と 9 l/min の場合を比較すると Fig. 9 両者の差がよく判る。すなわち 31/min のときは打点数の増加につれて圧痕径は大きくなり、何時かは使えなくなるであろうことを示してゐる。これに反して 9 l/min のときは1500点までは次第に大きくなるが、1500点をこせばほとんど径の増加はみられなかった。この実験をこの先つづけてもまだ良い結果を得られる見込がある。1500点まで増加することは Fig. 5 に示す 30R という形状に原因するものと思われる。曲率については製品対象によって異なるものであり、今後更に検討を行う予定である。

各供試電極を打点後に硬度測定した結果が Fig. 10 である。これによると打点数が約1000点多いにも拘らず、冷却水の十分ある方が硬度の低下が少い。特に冷却水の方向に少いことは、前にあげた Fig. 4 とよく一致する事柄である。この効果が電極先端の保持に大きく働いていることは認めてよいであろう。31/min の方も良い結果である。これは冷却水の効果より熱処理されたものであるという効果であろうと考えられる。

熔接条件との関係について

上述の如く良い結果を得たことは熔接条件の設定すなわち通電時間が十分であったことも考慮に入しておくべきである。従ってそれ以下の条件のときには今回の如き結果にはならないと思われる。

5 結 論

以上の実験により次のことが判った。

1. Cr-Cu 材の電極を使用する際は熱処理により硬度を高め安定させて使うべきである。一度使用した電極は一冷却水を十分供給しても必ず硬度が低下しており、これを再整形しても、その使用可能な打点数は次第に短くなる。これでは一定の作業規準に基づいて作業することは困難である。すなわち一度使用した電極は再熱処理して整形する方が良い。
2. 電極の変形を防ぐ一硬度の低下を防ぐためには冷却水を適当な量供給することが必要である。そのためには冷却水は上下電極それぞれに専用の回路を設けることが必要であり電極の硬度変化により適不適を判断できる。
3. 熱処理した電極を用い十分に一今回の実験では 7 l/

Fig. 9 Diameter of indentation and tensile-shear strength-mean value of 9 or 8 on the way of spot welding

min 以上一冷却してやることは熔接結果の安定作業能率の向上電極材料の節約を伴い十分生産として引合う事柄である。

6 あとがき

今回の報告を発表するに当心よく御許可下されたダイハツ工業株式会社当局の御好意に深く感謝し、御指導御鞭撻をいただいた大阪大学岡田博士、研究部長大谷博士、材料研究課長足立氏に、また終始熱心な御協力を得た現場

Fig. 10 Hardness "R_B" after spot welding

各位に厚く御礼申しあげる次第である。

文 献

- 1) 飯塚・栗本・山路：日立評論1955 別冊 No. 11 p. 105「導電材料としての銅-クロム合金の諸特性」
- 2) 住友金属 カタログ「クロム銅について」
- 3) Resistance Welding Manual
- 4) 土井：金属学会誌1957年5月クロム銅の研究第1報 第2報