

溶接技術 6月号 原稿

長寿命の半割型給電チップの開発

(有) 大幸エンジニアリング 村上 隆昭

(株) 最新レーザ技術研究センター 杓名 宗春

2010年 5月13日

1. はしがき

現在、MAG 溶接、MIG 溶接、CO2 アーク溶接と呼ばれているアーク溶接に使われる溶接機は半自動溶接機、自動溶接機、ロボット溶接機などあり、この10年間の日本での生産高は表1に示す様に1,261,300台（新報㈱データ）である。世界的市場で見ると、2007年のアーク溶接機の年間生産高が1,438,100台である。これらの溶接機には溶接トーチおよび溶接ワイヤに給電するために給電チップが用いられる。半自動溶接機でチップは1日1本、自動溶接機では重要保安部品の場合2時間に1本取り替えるようであり、日本で使用する給電チップは自動溶接機および半自動溶接機を合わせて約2,522万個/月となり、世界的に見ると約2億8760万個/月使われると推測される。

表1 日本国内および世界市場でのアーク溶接機の高生産高（新報㈱データ）

世界の2007年度 アーク溶接機生 産高	日本の10年間 アーク溶接機生 産高	日本の10年間標 準自動アーク溶接機 生産高	日本の10年間ア ーク溶接ロボッ ト出 荷実績輸含
欧州 213,000	98 118,700	98 34,200	98 8,012
中近東 37,000	99 103,900	99 27,100	99 7,792
中国 440,000	00 111,400	00 31,700	00 8,539
インド 74,000	01 103,300	01 33,400	01 7,855
アフリカ 30,500	02 899,00	02 30,800	02 8,149
アセアン 95,500	03 91,000	03 38,000	03 9,672
ロシア 76,500	04 108,400	04 47,100	04 10,984
韓国 69,500	05 124,100	05 58,000	05 15,180
アセアニア 17,000	06 124,500	06 59,200	06 12,846
日本 124,600	07 145,100	07 72,600	07 14,214
北米 179,000	08 141,000	08 72,000	08 14,500

被覆アーク溶接では電極への給電（通電）は電極ホルダーでなされるが、半自動アーク溶接および自動溶接では電極ワイヤへの給電は、通常給電チップが溶接トーチに組み込まれて、給電がなされている。この給電チップの機能は主として次の2つが考えられる。

- 溶接ワイヤに給電する機能。
- 溶接ワイヤを溶接ヶ所に正確に導く機能。

この機能を長時間、安定して保持し、スパッターも少なく発揮できる給電チップが50年間以上も検討されてきた^{1)~11)}。

現状の溶接トーチの給電チップは、円筒状一体型で切削加工及び穴あけにより製作しているため、製作に長時間かかり、穴加工もドリルの破損あったり、穴に曲がりあったりし

て問題がある。その上、給電チップの穴の磨耗が早く短命であるなどの問題もある。そこで、分割型給電チップが開発され、すでに利用されている^{1 2)}。本研究開発では、半割型給電チップの給電性の改善を図るとともに、その製造法の改善を図り、線状ワイヤから直接、圧延ロールで高速に半割型チップ形状に成形した後、プレスで切断と仕上げ成形を同時に行う製造方法を検討した^{1 3)}。この事により、従来の製造時間に比べて、約 20 の 1 の時間に短縮できる方法が確立できた。また、円筒状チップを 2 分割したことおよび溶接トーチの工夫により、チップ内面の給電部にかかる応力も低く、給電性もよく、従来品の約 3 ～ 5 倍の寿命を示した。開発した溶接トーチおよび試作給電チップを自動車産業、造船業、橋梁、建築・鉄骨等の産業分野で広く応用されている国内外の溶接機メーカーのトーチに適用出来るようにすることを目指した。本報告ではこれらの研究・開発の結果を示す。

2. 半割型給電チップの構造と溶接トーチの開発

(1) 半割型給電チップの構造

現在、各種産業で採用されているアーク溶接の給電チップは給電性などの品質向上、チップの寿命向上、コストダウン等の課題がある。図 1 の左側に示す従来型のチップは円筒状一体構造のチップに穴を開け、この穴とワイヤの接触により給電する方式のためにワイヤの曲がり等により穴内面に圧力がかかり、穴もワイヤに強く引き掻かれ、図 2 に示すように磨耗し、楕円状の穴になりやすい。これが溶接線の位置ズレを起し溶接欠陥を引き起す原因にもなる。また、溶接品質のバラツキを発生させる。



図 1 アーク溶接ロボットと従来型給電チップ

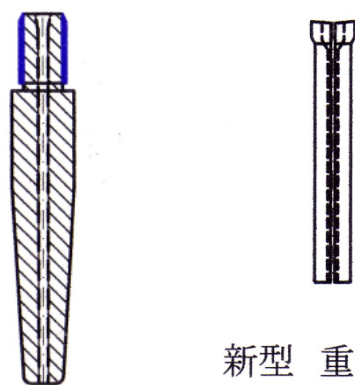


図 2 給電チップの穴の変形
(12時間使用後)

また、現在の給電チップ^oの製造方法は切削加工で行うために、

- 1) 切粉の材料損が出る、
- 2) 加工時間が長い、
- 3) ドリルの折損がある、
- 4) 穴の方向が曲がる、
- 5) 穴加工面が凹凸で粗い、

などの理由で溶接ワイヤのコストが高く、給電性に問題がある。磨耗が速く、短命である。そこで、これらの問題を解決する方法として、図3に示す半割型給電チップ[®]を考案し、その製造方法についても特許を取得している¹⁾³⁾。分割2体構造とすることにより、送給されるワイヤに対して、チップがフレキシブルに相互の間隔を変えることができるために、強い引き掻きの力が給電チップに掛からず、損傷が少なく、給電性も改善できる。



新型 重量 6g



従来型 重量17g

図3 試作した半割型給電チップの模式図と外観

図3に示すように、チップ重量も従来型が約17gに対して、開発したチップは6gと約3分の1の重量で、用いる素材である銅の使用量を削減でき、資源の節約が可能となる。

新型の半割型給電チップをロール圧延成形した半円銅線材を、プレス成形と鍛圧切断を同時に行ない、給電チップを高速成形する製造システムの試作した。その結果、次のような利点が見いだされた。

- 1) 給電チップの生産速度が 従来の切削加工および穴あけ加工に比べて、ロール

圧延成形+プレス鍛圧切断に変更することにより高速化され、20倍以上の高速化も可能となる。

- 2) 現在、13万台以上国内で利用されているアーク溶接ロボットの給電チップの長寿命化により、その交換時間が低減し、溶接作業をより長時間（10時間以上）続けることができるようになる。
- 3) アーク電圧の安定性が増し、溶接物の品質が向上する。また、生産性向上、コスト削減も可能となる。
- 4) 本技術は地球環境的にも銅製給電チップの生産数を長寿命化により減少でき、その重量も従来品に比べ1/3であるので、金属資源の節約に非常に有効である。

(2) 溶接トーチの開発

開発した給電チップを有効に活用するために新たに溶接トーチも開発した。図4はその一例を示す。

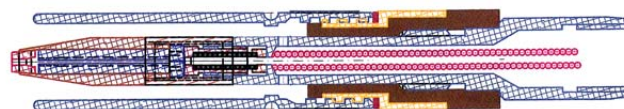


図4 開発した溶接トーチの模式図（上）および 構成部品（下）

試作した溶接トーチはワイヤ挿通孔内における溶接ワイヤへの給電点を確実に固定するとともに、ワイヤ挿通孔内への削りくずや油などのゴミの集積を防止して、溶接作業を安定的に行うことができ、メンテナンス性の優れたトーチとするため、供給される溶接ワイヤのワイヤ挿通孔がその円筒状軸芯に設けられた半割給電チップと、この給電チップを被覆して内蔵する絶縁ホルダーとを備えた溶接トーチとした。この半割給電

チップの先端間距離を拡大収縮できるような状態で絶縁ホルダ内に配置されており、給電チップの先端間距離を狭めるように圧入して溶接ワイヤへの給電点を先端側に保持させるような手段を講じている。

ワイヤー癖の強い力を先端のセラミックスで受けるので、給電チップにはバネの力で、一定の力がかかるように工夫している。また、輻射熱はこの先端のセラミックスで受けるため、直接給電チップに伝わらない。なお、セラミックスと給電チップの間は給電チップがお辞儀するように0.2mm隙間が設けてあること、給電チップとチップカバーの間も隙間があることにより、セラミックス、チップカバーからの熱伝導は少ない。その結果セラミックスを固定しているチップカバーも輻射熱を余り受けていなく、変色も少ない。もちろん、給電チップ自身も余り変色していない。

この半割給電チップは従来のチップに比べ、チップ先端で強制給電するため、アーク電圧や溶接電流の変化が少なく、消耗の少ないセラミックガイドをトーチ先端に設けることにより、ワイヤねらい位置が安定し、溶接品質の向上を計っている。

3. 半割型給電チップの性能評価

(1) 半割型給電チップによる給電性の評価

試作成形した給電チップおよび溶接トーチによる給電性試験および溶接品質評価試験を実施した。溶接実験中に電磁オシロによりアーク溶接中の溶接電流およびアーク電圧の変動をモニタリングすることにより給電性を評価した。また、そのときの溶接ビード外観をチェックして評価した。

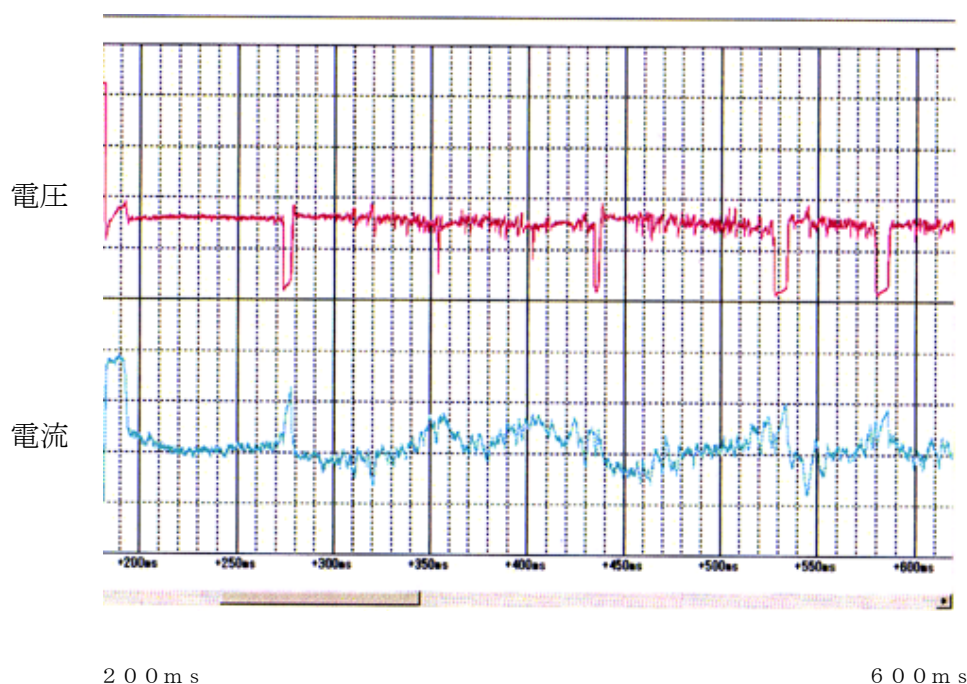


図5 CO₂アーク溶接ビードのスタート部の電流・電圧波形

(試作給電チップ使用)

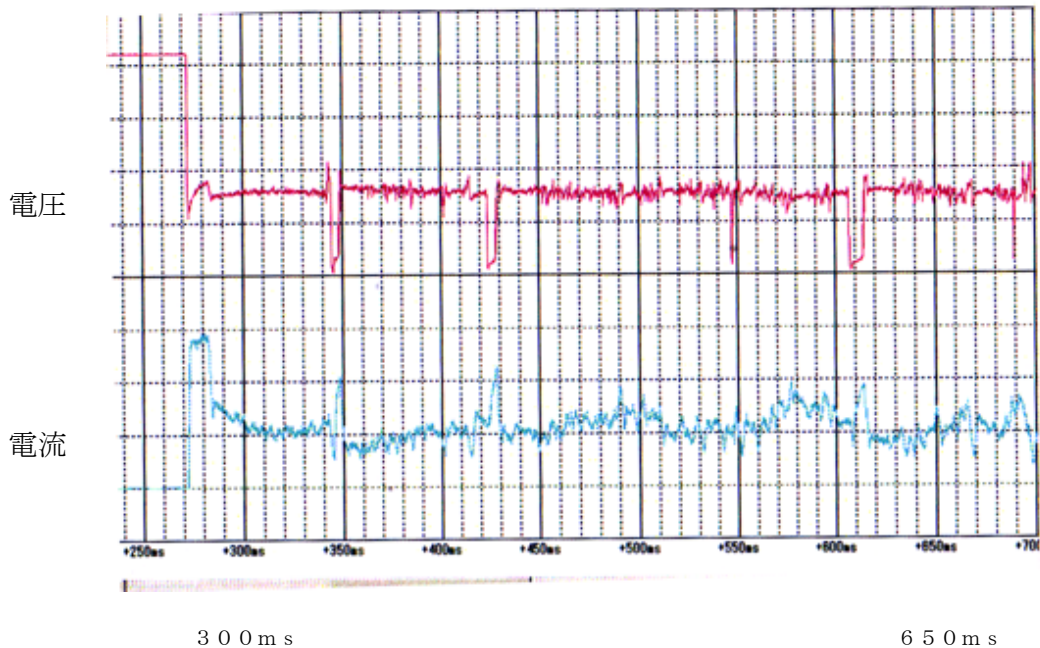


図6 CO₂アーク溶接ビードのスタート部の電流・電圧波形
(通常給電チップ使用)

アーク溶接時の溶接電流とアーク電圧波形を計測し、図5にその結果の一例を示す。
図6は通常の給電チップを使用した場合の結果を示す。大きな違いはみられない。
つぎのこの時の実験条件を示す。

溶接法 ; CO₂アーク溶接 および パルスマグ溶接 ビードオン溶接
溶接機 ; ダイヘン DP350
給電チップ ; N-40 (試作した半割給電チップ) および従来給電チップ
溶接速度 ; 50 cm/min
溶接電流 ; CO₂アーク溶接 222 A、パルスマグ溶接 208 A
アーク電圧 ; 27~28 V
ビード長さ ; 30 cm
ワイヤ送給速度 ; CO₂アーク溶接では 767 cm/min
 ; パルスマグ溶接では 800 cm/min
供試材 ; SS400軟鋼 9mm厚
溶接ワイヤ ; DS1A 1.2mm径、
ワイヤ突出し長さ : 16mm

CO₂アーク溶接の定常溶接部の電流・電圧波形を図7に示す。メモリハイコーダによる
波形観察では、N-40の試作チップと通常チップでの大きな差は認められなかった。

しかし、パルスマグ溶接の場合には、通常チップに比べて、N-40試作チップの場合

は短絡回数が少ないことが観察された。このことから、N-40 試作チップは通電抵抗が少なく、ワイヤ送給が安定していることが推察できる。

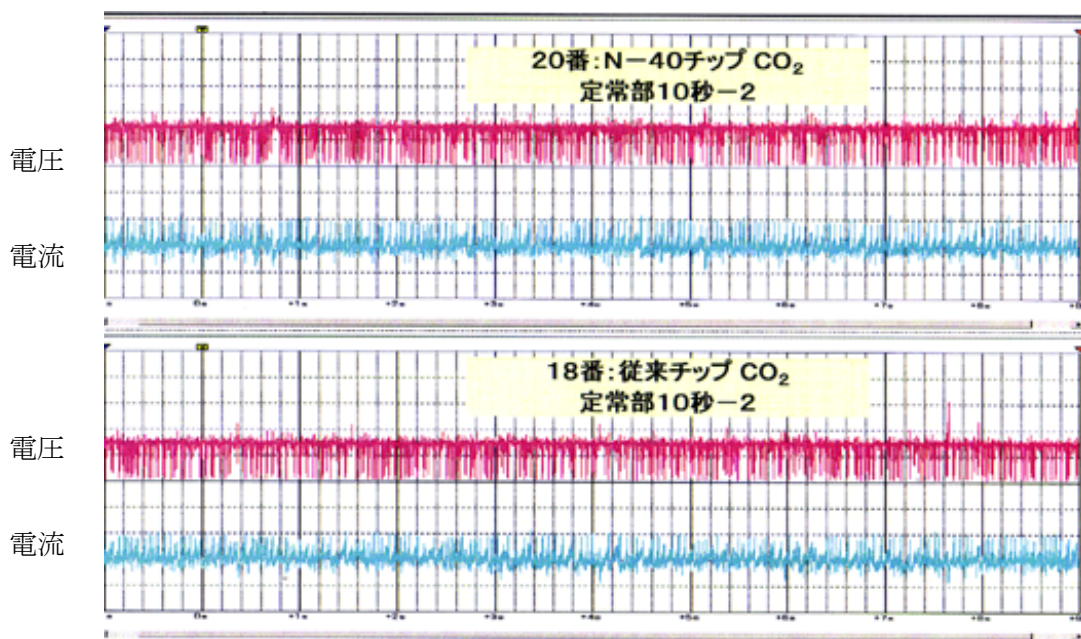


図7 CO₂アーク溶接の定常溶接部の電流・電圧波形

図8に給電チップの違いによる溶接電流値の変動範囲を示す。両溶接法とも 通常チップに比べて、N-40 試作チップの方が溶接電流値のバラツキ（変動範囲）が狭いことが明らかになった。これらはワイヤ送給と給電に要する負荷が低いことを意味する。また、同一のワイヤ送給速度およびワイヤ突出し長さにおいて、N-40 試作チップの方が溶接電流値が低い傾向にあった。これはN-40 試作チップのアーク側先端に用いたセラミックスガイドの絶縁効果によるものと推察される。

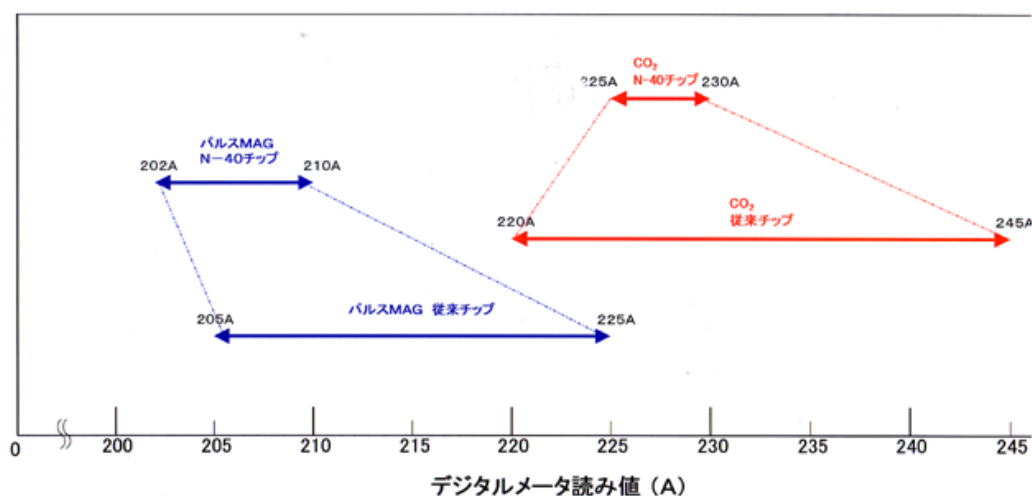


図8 給電チップの違いによる溶接電流値の変動範囲

図9にCO₂アーク溶接の時（図7参照）のビード外観とノズルに付着したスパッタを示す。N-40試作チップの方が幾分スパッタが少ないことが分かる。

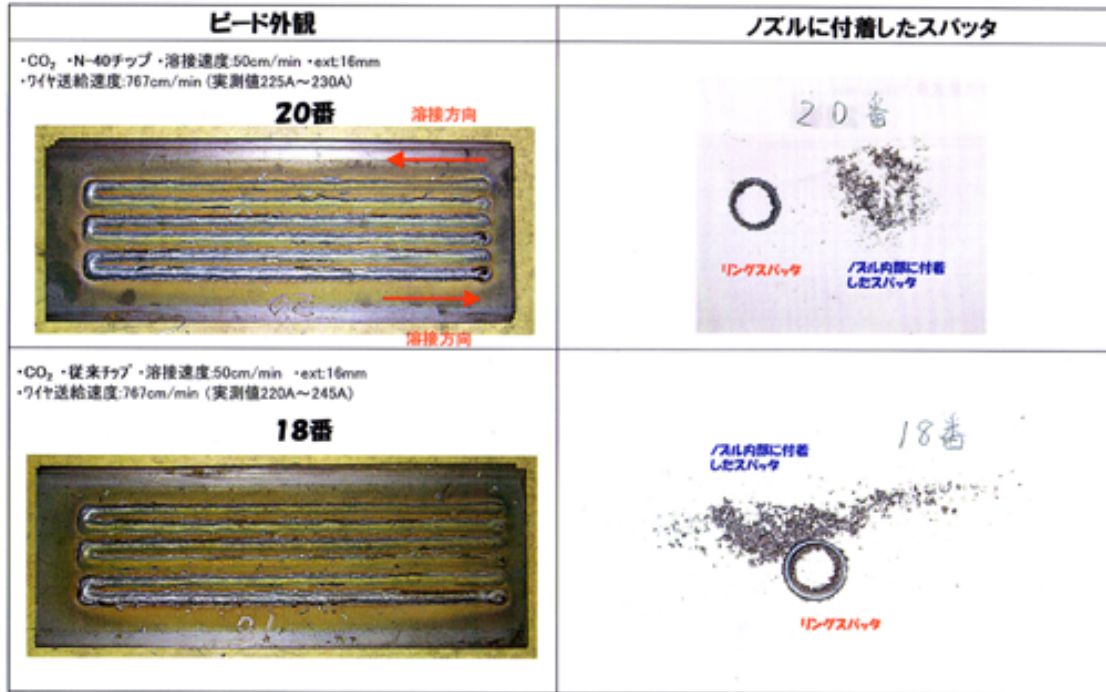


図9 CO₂アーク溶接の時のビード外観とノズルに付着したスパッタ

（20番：N-40試作チップ使用、18番：通常チップ使用）

CO₂アーク溶接では試作N-40チップの時のスパッタ量は約0.6~0.7g/minで、通常チップの時は約0.6~1.1g/minのノズル付着スパッタがあった。パルスマグ溶接では、通常チップで0.2~0.3g/min、試作N-40チップの時で0.1g/minと減少した。

（2）半割型給電チップによる長時間溶接実験

CO₂アーク溶接機（ダイヘン デジタルオートDM350）に試作溶接トーチおよび試作給電チップを用いて、長時間の溶接を図10のように板厚12mmの軟鋼板にビードオン溶接でロボット溶接した。20kgの溶接ワイヤを2巻消費するまで溶接を行い、給電チップの摩耗状況を測定した。溶接条件は次のとおりである

溶接電流 260A、アーク電圧 28V、溶接速度35cm/min、

ワイヤ突出し長さ 18mm

8分溶接後 約2分休憩し、2日間で溶接した。全アーク発生時間は448分（約8時間）で、溶接ワイヤの消費は2巻40kgで、長時間溶接した。

その時のアークの安定性および溶接現象を高速度ビデオ（1秒に2000コマ）で撮影し確認するとともに、チップ摩耗量をレーザ顕微鏡により測定した。その結果を

図10～13に示す。図10はビード外観を示す。安定した溶接ができています。図11は毎秒2000コマの速度で撮影したビデオの静止画である。溶滴移行は埋もれアークの短絡移行を示している。



図10 長時間溶接におけるビード外観

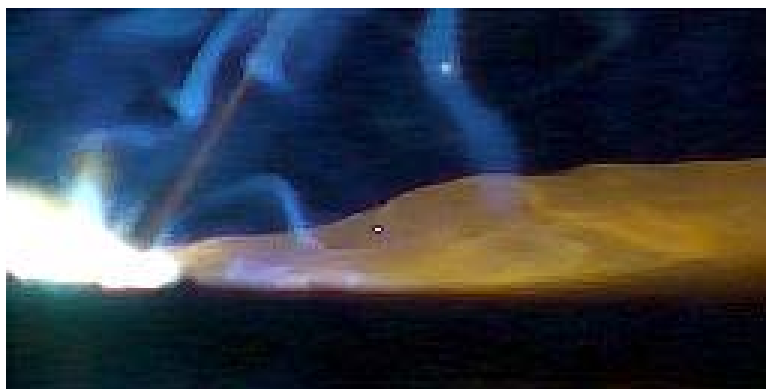


図11 高速度ビデオによる溶接現象の観察（うもれアーク）

このように、長時間使用した給電チップの溝内面の形状を図12および13のようにレーザ顕微鏡で観察・計測し、その溝深さから 摩耗損失量を計算した。

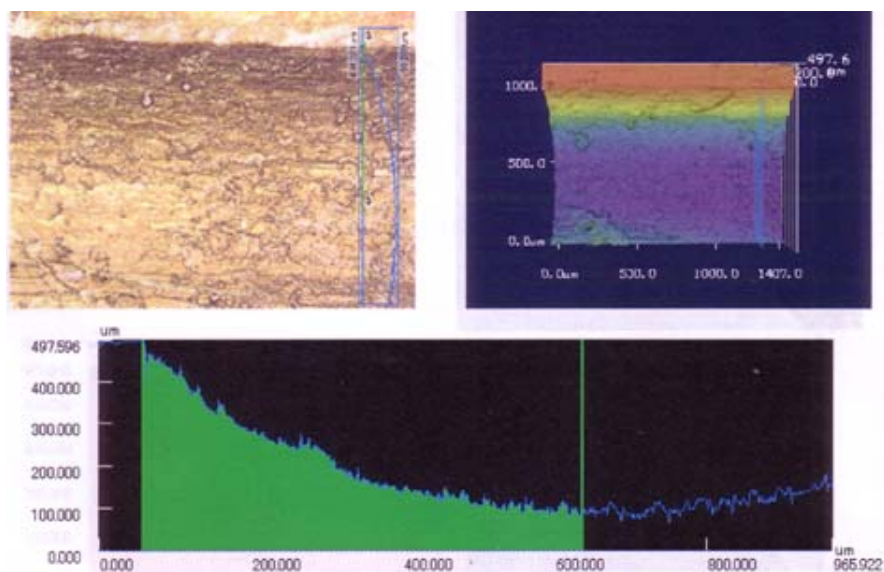


図12 未使用の試作給電チップの先端部のレーザ顕微鏡観察結果

図12は未使用の試作給電チップの先端部の観察結果を示す。計測はチップ先端部とチップ根もと部の2ヶ所計測し、その平均値をとった。

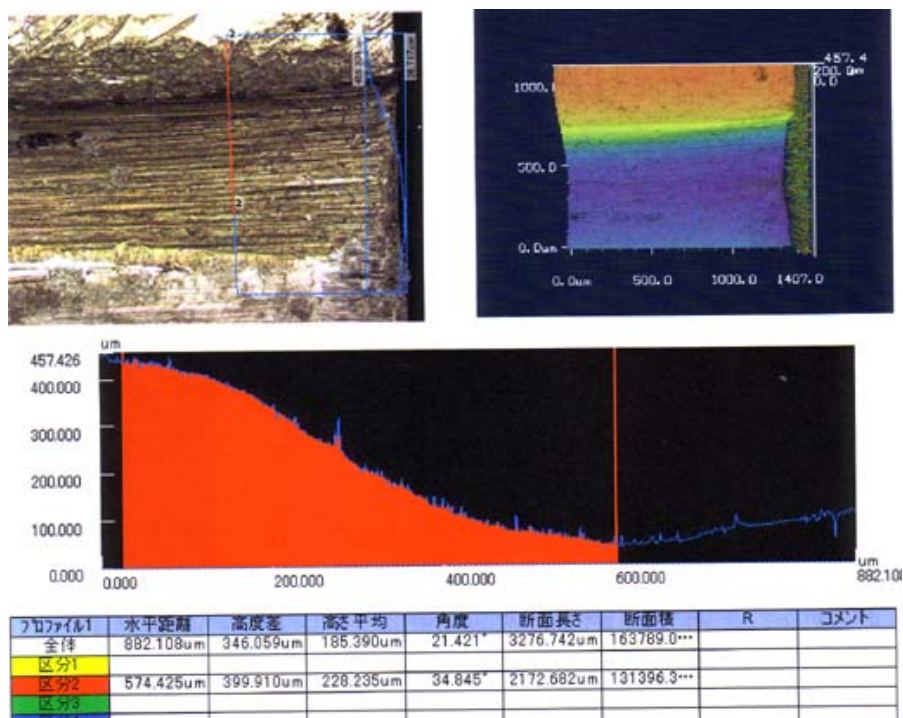


図13 全アーク時間46.4分の試作給電チップ（I-1）の溝内面の観察結果

図13は全アーク時間464分の試作給電チップ（I-1）の溝内面の観察結果を示す。溝内面に大きな傷もなく、溶接ワイヤの摺動がなめらかになされている。摩耗量は74.7 μm であり、溶接作業時間は1日半に及んでいる。図14は全アーク時間448分の試作給電チップ（E-1）の溝内面の観察結果を示す。チップ先端の拡大写真であるが、表面はなめらかである、摩耗量がほぼゼロ μm であり、摺動を示す線が不明瞭である。

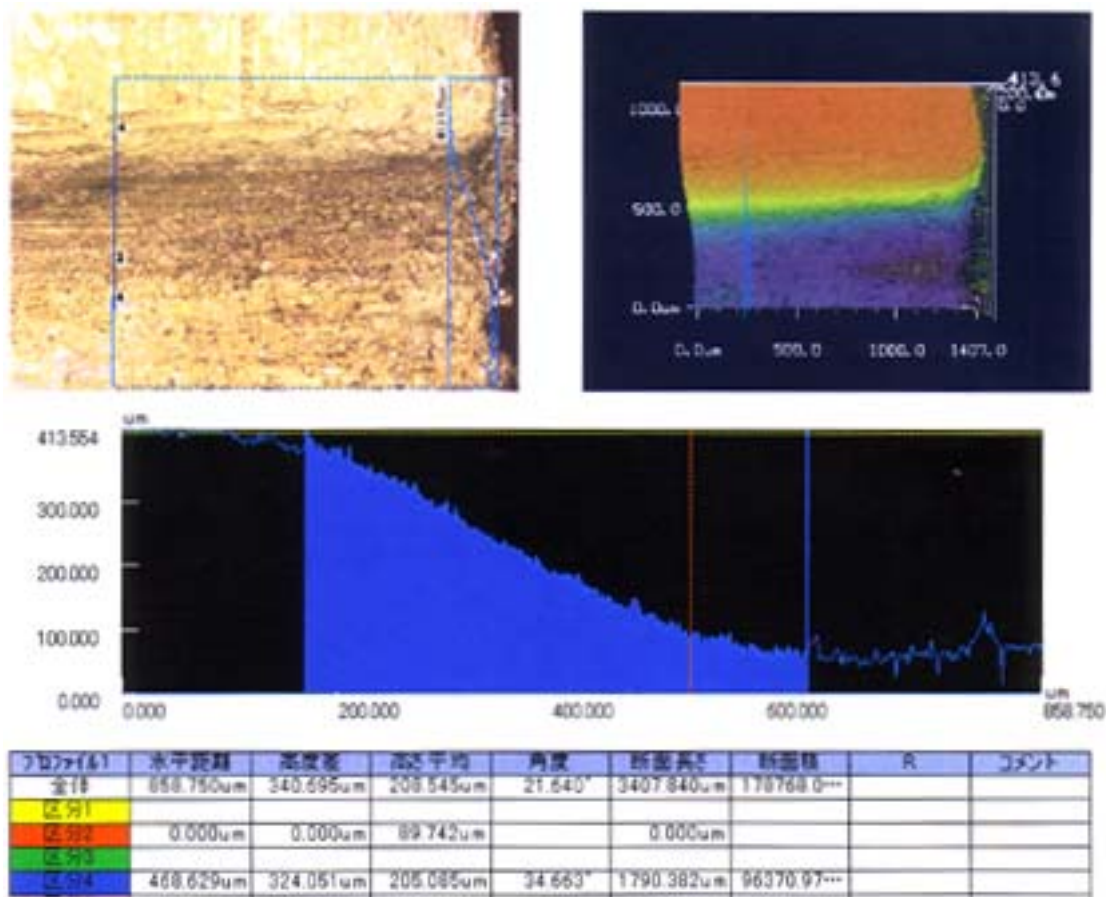


図14 全アーク時間448分の試作給電チップ（E-1）の溝内面の観察結果

次に、表2に今回開発した半割給電チップを各種用いて長時間溶接における溝摩耗量を測定し、その結果を示す。チップAは給電点がチップの根もとになり、削りくずやスパッタの多い結果となり、摩耗量も他に比べて408 μm と大きかった。チップE、HおよびIはチップ内面にある長さの溝を設けたチップで、チップ先端に給電点に来るように改良したもので、チップEは摩耗量も他に比べて11.9 μm と非常に少量であった。チップHおよびIも長時間の溶接作業に対して、その摩耗量は非常に少なかった。実験ではいずれも溶接ワイヤ2巻（40kg重量）で溶接作業を終えているが、もし、チップの許容摩耗量を200 μm とすれば、チップ寿命は16時間以上の使用も可能と思われる。ただ、今回は溶接電流が260A～270Aの範囲で摩耗試験を行ったが、今後は300Aを超える電流範囲でも実験する予定である。

表2 半割給電チップの長時間溶接における溝摩耗量の測定結果

半割チップ	先端溝深さ (μm)	溝深さの増加 分	チップ1と2 の径増分	試験片数	全溶接長	備考
1-A-1	569.6	244.5				クロム鋼
1-A-2	489	163.9	408.4	62枚	171.7m	根もとで給電
3-E-1	324	-0.9				クロム鋼
3-E-2	337.9	12.8	11.9	56枚	155.1m	チップ溝改良
5-H-1	374.6	49.5				純銅チップ
6-H-2	335.7	10.6	60.1	52枚	144.0m	チップ溝改良
7-I-1	399.9	74.7				クロム鋼
7-I-2	370.1	45	119.7	58枚	160.6m	260A-270Aで
未使用チップ	溝深さ 325.1					
従来チップ	穴径 1.67mm			400 28枚	77.5m	20kgで溶接中止

4. まとめ

試作した溶接トーチに 考案した給電チップを用いて、その溶接特性およびチップの寿命などを調査したところ、次の結論を得た。

- 1) CO₂アーク溶接において、試作した半割型給電チップでの溶接特性を調査したところ、電流・電圧波形は従来の通常チップと比べて大差は観られなかった。
- 2) パルスマグ溶接において、試作した半割型給電チップでの溶接特性を調査したところ、電流・電圧波形において短絡回数が通常チップと比べて少なかった。このことから、試作給電チップは通電抵抗が低く、ワイヤ送給が安定していると思われる。
- 3) 試作給電チップの方が溶接電流値の変動範囲が狭い。
- 4) 長時間溶接によるチップ摩耗量を通常チップと比較したところ、通常チップでは溶接ワイヤ20kgを消耗するまでに400 μm の径の拡大があったが、試作強電チップでは溶接ワイヤ40kgを消耗するまでに、11.8 μm 、60.1および119.7 μm であった。
- 5) 試作した半割型給電チップは通常の給電チップに比べて、3～5倍の寿命を持つと思われる。

謝 辞

本研究は経済産業省中小企業庁平成21年度「ものづくり中小企業製品開発等支援補助金（試作開発等支援事業）」を受けて実施したものであることをここに記して、謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) V.Ya. Brigidin ら;自動・半自動溶接機の通電チップ寿命の増大, ABTOMAT.CBAPKA,

- 33-1(1980), pp.67-79
- 2) H.Berger G.Pfeiffer; Kontaktdusen beim MAG Schweißen (MAG 溶接の通電チップ)、ZIS 28-6 (1986),pp. 634-641
 - 3) H.Stouch; Verschleibuntersuchungen an Stromkontaktdusen aus unterschiedlichen Werkstoffen (種々の材料の通電チップの磨耗の研究), Schweisstechnik, 36-6(1986),pp. 273-274
 - 4) T.P.Quinn ,R.B.Madigan, M.A. Mornis et al; Contact Tube Wear Detection in Gas Metal Arc Welding, Welding J. 74-4(1995),pp.115s-121s
 - 5) H .Tier und S.Schreiber; Current contact tip life -Evaluation for different contact tip materials and shapes, Schweißen und Schneiden, 47-5 (1995), pp.E88-E90, pp.356-362
 - 6) M.P.Sipkes ら; Calculation of the electrical Resistance between contact tube and welding wire during GMA welding based on measurement of the contact force (接触圧の測定にもとず GMA 溶接中のチップとワイヤの間の電気抵抗の計算), Proc.of 7th Joining of Metals 31 May,1995,Elosinger,DK, pp.487- 495
 - 7) T.Yanada and O.Tanaka; Fluctuation of the Wire Feed Rate in Gas Metal Arc Welding, Welding J. 76-9(1987),pp3542
 - 8) J.Villafuerte; Understanding Contact Tip longevity for Gas Metal Arc Welding, Welding J. 78-12(1999),pp.29-35
 - 9) W.Moler ら; Contact tubes with improved characteristics made of extruded composite materials, Schweißen und Schneiden, 53-9(2001),pp. E214-E216
 - 10) V.T.Fedko and H.-U. Menzel; Welding current supplies used in automatic and mechanized fusion Welding, Welding international, 19-05(2005),pp.406-412
 - 11) V.A.Lebedev; Improving the design of current-conducting guides in equipment for mechanized arc welding processes, Welding international, 19-04(2005),pp.321-325
 - 12) 特願 2 0 0 4 - 3 0 6 1 0 5 号公報
 - 13) 国内特許 ; 特許第 4 2 6 1 5 1 9 号 : 分割型溶接チップ