

半割れ型長寿命給電チップの摩耗特性

(株) 最新レーザ技術研究センター ○沓名 宗春

(有) 大幸エンジニアリング 村上 隆昭

2014年11月19日

社団法人 溶接学会
溶接法研究委員会

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用さ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、日本のメーカーの生産高は表 1 に示す様に約 1 4 0 万台（新報機データ）である。世界的市場で見ると、2 0 0 7 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, 5 2 2 万個/月となり、世界的に見ると約 2 億 8 7 6 0 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生産高（新報機データ）

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、スパッタも少なく発揮できる給電チップが 5 0 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。ロボット溶接などでは給電チップの穴の磨耗が速く、アーク

時間2時間毎に、取り換えているのが現状である。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れ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製造した^{1 3) 1 4)}。この際、半割れチップの後部にバネを設け、2つの半割れチップを押しこすことにより、チップ先端部が常にワイヤの接するようにして通電することにより、チップの穴内部で通電することがない方にした。この事により、内部通電があく、ジュール熱もなく、安定した良好な通電が可能になった。その結果、従来の1体型チップに比べ、チップ先端でのジュール発熱による加熱もなく、また、円筒状チップを2分割したことにより、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10～20倍の寿命を実験で示した。開発した溶接トーチおよび試作給電チップを自動車メーカーの下請け企業のロボット10台で実際に使用して、従来チップと比較してもらったところ、従来チップより10倍長い寿命を示したので、ここに、報告する。今後、自動車産業を始め、造船業、橋梁、建築・鉄骨等の産業分野で広く応用されるように、改善をしていきたいと考えている。前報^{1 4)}では開発の経緯、チップの特徴について報告したが、本報告では、チップの摩耗特性について報告する。

2. 半割れ型給電チップ及びチップユニットの構造

(1) 半割れ型給電チップの構造と給電点

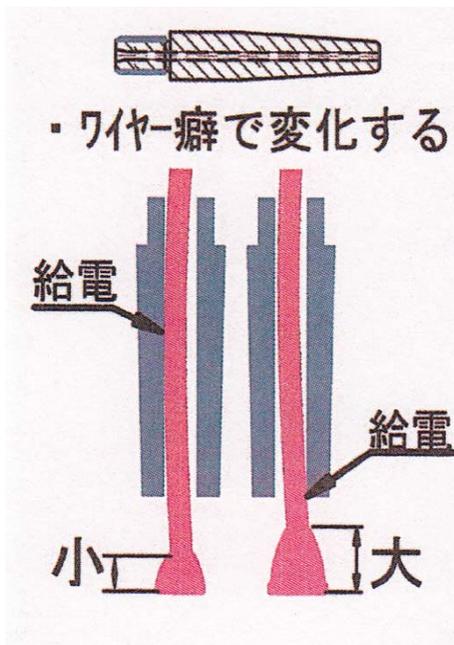


図1 従来型チップの構造と給電点

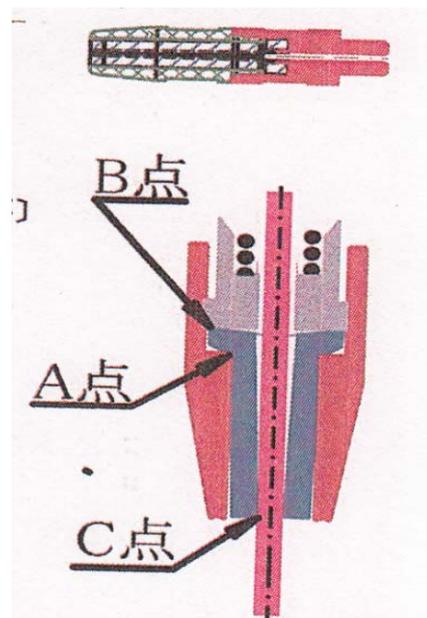


図2 半割れ型チップの構造と給電点 (C)

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であるために、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掻かれ、磨耗し、楕円状の穴になりやすい。このことがワイヤ先端と溶接線の位置ズレを起し、溶接欠陥を引起す原因ともなる。また、溶接品質のバラツキを発生させる。アークが不安定になるなどの給電性に問題がある。また、チップ内部で接触するとそこからチップ先端までの鋼ワイヤ中にジュール発熱が生じ、チップ先端では非常に高温になり、チップ磨耗が加速され、短命となる。そこで、これらの問題を解決する方法として、図2に示す半割れ型給電チップ¹³⁾を考案した。すなわち、半割れ型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。

また、微細なバネでチップの根元（B点）を押さえてA点を支点として回転させることにより、強制通電を試み、給電点をチップ先端（C点）に集中することにより、チップ内部でのジュール発熱を抑えている。その証左として、

アークタイム2時間後の溶接ワイヤの加熱による着色領域を観察すると図3に示すように、チップ先端のC点から黒褐色に変色しており、チップ内部にあったワイヤは着色していない。給電がチップ先端で生じている証しである。



図3 溶接ワイヤの加熱着色領域（チップ先端より左側）

図4に両チップの外観および構造を示す。材質は3%クロム銅であり、従来チップと同種材料である。チップ重量も従来型が約17gに対して、開発したチップは3.2gと約5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、資源の節約も可能となる。

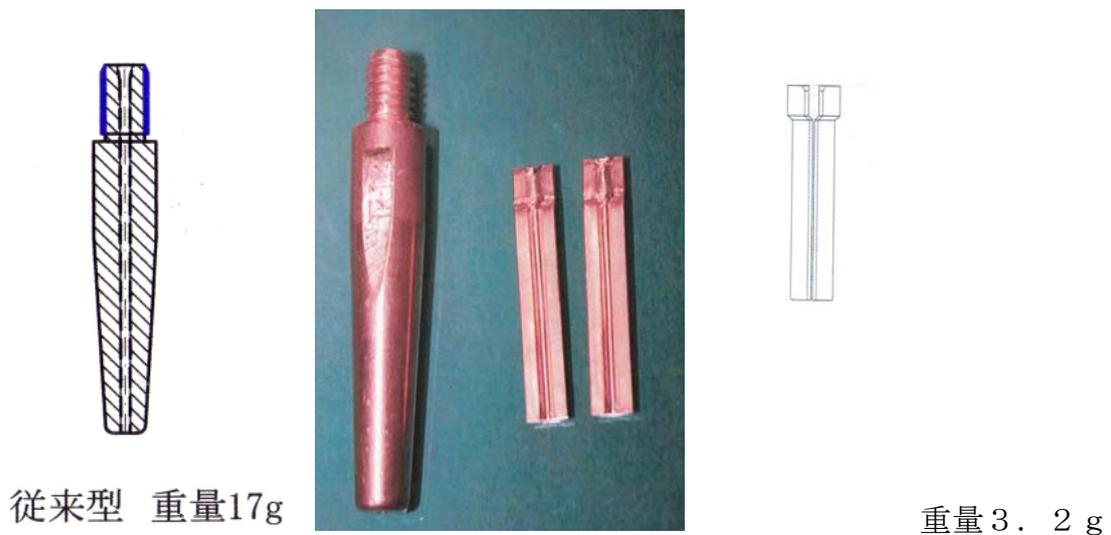


図4 従来型チップ（左）と半割れ型チップ（右）の構造と外観（中央）

（2）チップユニットの開発

開発した給電チップを有効に活用するためには、現状の溶接トーチに簡単に装着できることが重要である。そこで、図5に示すようなチップを入れるバネ付きのチップユニットを開発した。



図5 開発したチップユニットの構成（チップカバー（左側）とチップベース（右側））

試作したチップユニットは送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チップカバーと、このチップを被覆して内蔵する絶縁ホルダーを備えたチップベースからなる。この半割れ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ー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に保持させるような手段をバネにより講じている。すなわち、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。

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、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。

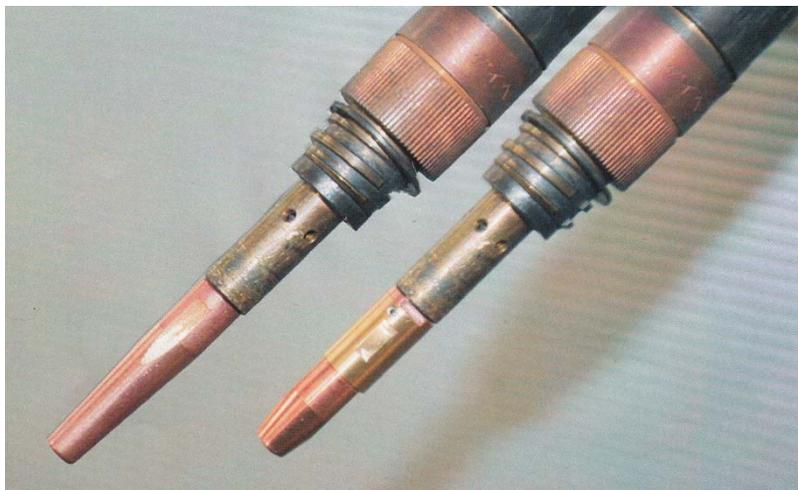


図6 溶接トーチへの装着状態：従来チップ（左）と新型チップ（右）

現在、国内でMIGやMAG溶接用いられているトーチに簡単に装着できるようにチップユニットは設計されている。

3. 半割型給電チップの摩耗特性の評価試験

(1) 実験方法

CO₂アーク溶接および混合ガス（80Ar+20CO₂）のMAG溶接（以下MAG溶接と呼ぶ）のロボット溶接において、半割れ型の給電チップを内蔵した給電チップユニットをトーチに取り付けて、図7のようにアーク溶接を実施した。用いた鋼板はSS400鋼で、板厚9mm、200mm x 600mmの寸法のものを用い、その上に、溶接ワイヤMG-50（1.2mm径）を用いてビードオン溶接した。1.8m長さの溶接ビードを3分間溶接した後、約2分休み、残り1.8m長さを3分間でFig.3に示すように溶接した。

溶接条件は

CO₂アーク溶接では270A～290A、約32.5V、溶接速度600mm/min、ワイヤ突出し長さ17mm、シールドガスAr20L/minの条件で、MAG溶接の溶接条件は溶接電流を290A～310A、アーク電圧約32.8Vで、ほかの条件はCO₂アーク溶接と同様とした。図8は約6分間溶接した試験片の

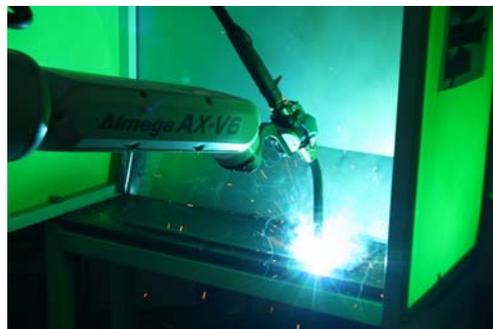


図7 ロボット溶接の状況

ビード外観を示す。CO₂アーク溶接ではスパッタが多く発生したので、3分

ごとにノズルに付着したスパッタを除去した。MAG溶接では36分毎にスパッタを除去した。いずれもアークタイム120分溶接した（溶接時間：4時間）後は、給電チップユニットを取り外し、給電チップを取り出し通電側（内側）の溝の深さをレーザ顕微鏡で図9に示すように正確に計測した。



図8 溶接試験片とビード外観

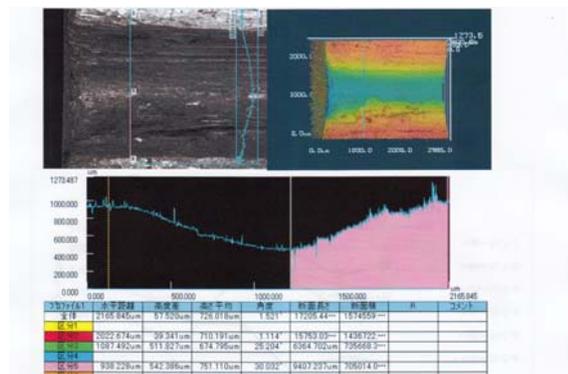


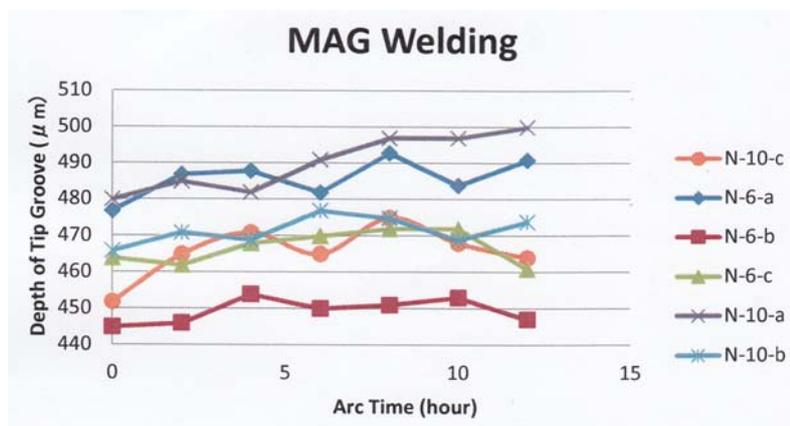
図9 チップ内面の形状測定の例

(2) 実験結果および考察

スパッタの発生：CO₂溶接ではスパッタの付着が多く、6分も溶接するとリング状にノズル内面に付着したが、これに対して、MAG溶接では36分でもリング状にならず、スパッタの発生が少なかった。スパッタ除去を行った後、ノズル内面にスパッタ防止剤を塗布した。実験を続けた。

給電チップの内面の摩耗量：用いた給電チップユニットはバネでチップ先端がおじぎをするように工夫されており、通電がチップ先端部でのみ起こるように工夫している。その結果、

通電点がチップ先端部で安定しており、チップ内面の摩耗量も図10に示すようにチップ先端（a点）に集中している。チップ中央（点）およびチップ根元（c点）はわずかである。アーク時間12時間後においてCO₂アーク溶接で57



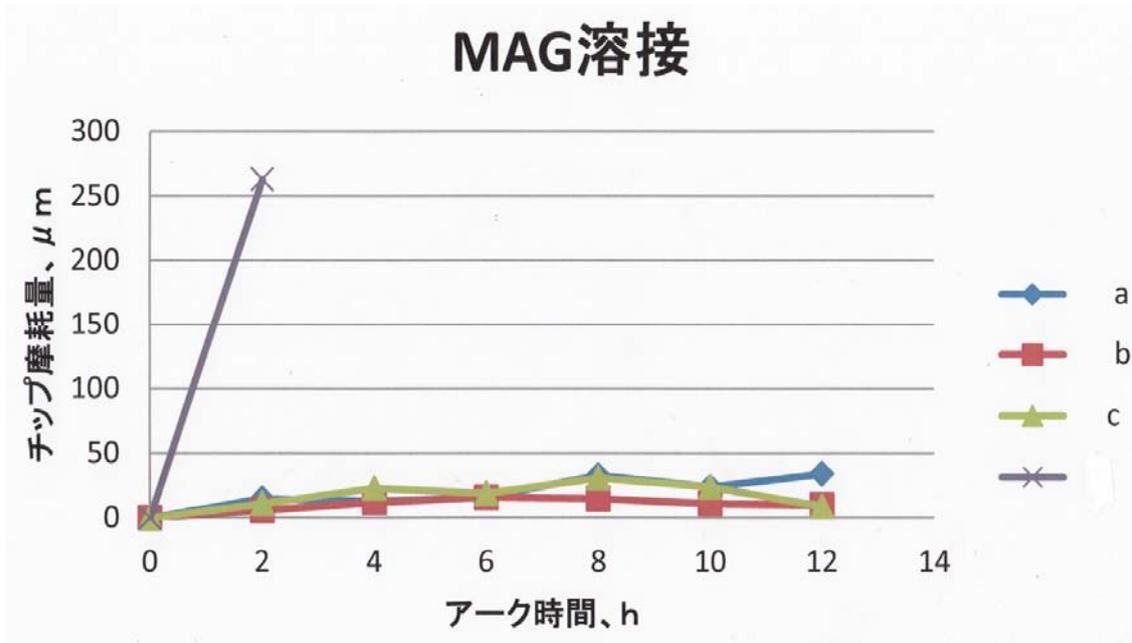


図 1 0 MAG 溶接におけるチップ溝の摩耗量測定結果

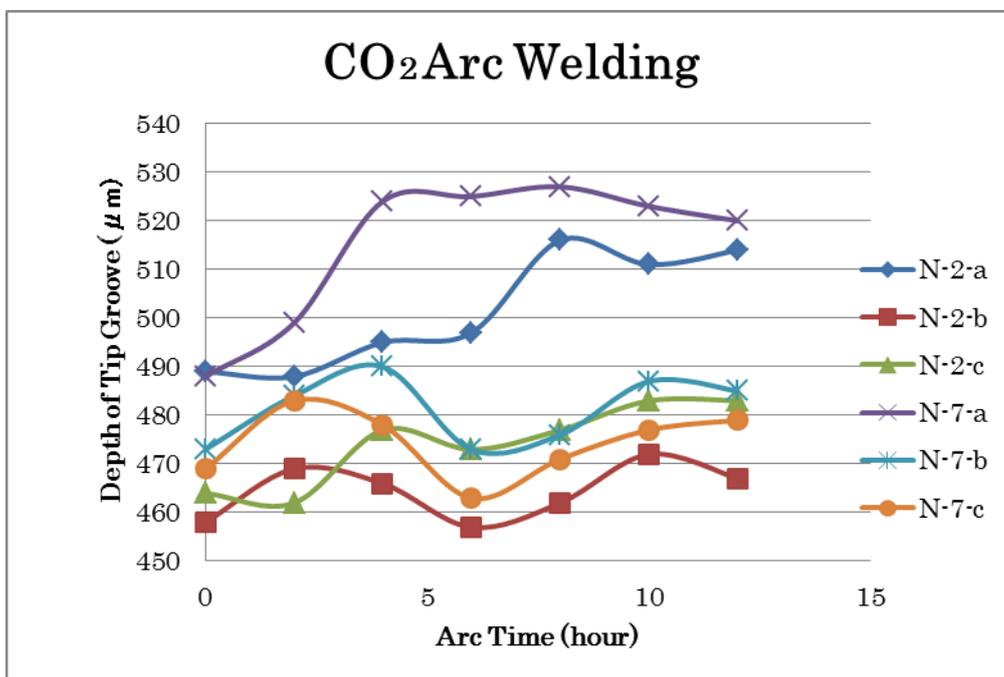


図 1 1 CO₂ アーク溶接におけるチップ摩耗量測定結果

μm 、MAG溶接で $37\mu\text{m}$ と微量であった。これは従来の実験データ（250A、28V、100cm/minの条件で、3%Cr銅チップを使用）では126m溶接長で $263\mu\text{m}$ 摩耗した例に比べるとMAG溶接は700m溶接長で、 $37\mu\text{m}$ の摩耗量であるので、39.3分の1の摩耗量になる。

そこで、この半割れ型給電チップを自動車関係の製品をロボット溶接して大企業で、実際に溶接ラインで10台の溶接ロボットを用いて評価をして頂いたところ、従来チップより10倍寿命が長いことが確認された。現在適用の拡大を進めている。

4. まとめ

考案した半割れ型給電チップを用いて、そのチップの摩耗特性などを調査したところ、次の結論を得た。

- 1) アークタイム12時間（溶接作業時間24時間）のMAG溶接で摩耗試験において、チップ摩耗量は約 $37\mu\text{m}$ であった。これは通常チップと比較すると、約40の1の量であった。
- 2) 試作した半割れ型給電チップは自動車産業の生産ラインで10台の溶接路ロボットで実験したところ、従来チップより10倍寿命が長いことが確認された。

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 Stromkontaktdüssen 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
 - 14) 中国特許 : Z L 2 0 1 0 8 0 0 0 0 7 4 1 . X