

放電加工の生産性を高める 超高速加工用電極線～OS-UZワイヤ～

吉本 雅一

OKI電線は、1976年の販売開始以来、約40年にわたり放電加工機用の電極線を製造・販売している。

電極線は、金属加工の1つであるワイヤ放電加工で使用される部品であり、放電加工の性能を大きく作用させる重要部品の一つである。当社はその機能部品として安定した品質、及び高機能な電極線をグローバルに提供してきた。

当社では、加工速度性能を追及した「OS-UZワイヤ」を販売し、ユーザーでの生産性向上をサポートしてきた。

本稿では、そのユーザーでの速度性能のキーとなる電極線の構造、その構造実現のための製造技術、生産性向上事例、及び当社の技術サポートを紹介する。

OS-UZワイヤ技術

(1) ワイヤ構造

図1にOS-UZワイヤの断面構造を示す。

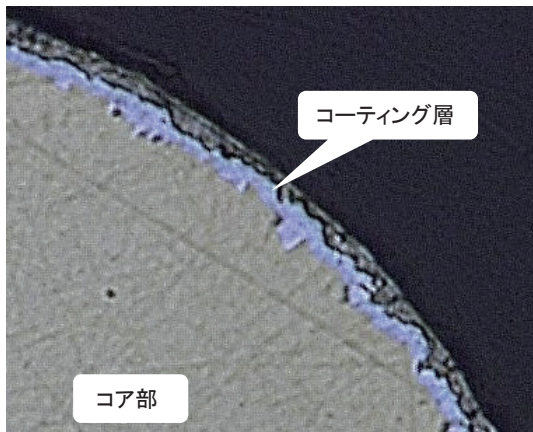


図1 OS-UZワイヤの断面顕微鏡写真

OS-UZワイヤは、黄銅（銅と亜鉛の合金）の外層に放電性の良好な高亜鉛層をコーティングした構造の電極線である。

一般的に黄銅合金中の亜鉛濃度を高めることで放電性は良好になる。しかし亜鉛濃度が約40wt%を超えると展延性の悪い相（β黄銅）の析出が始まり、電極線を製造する際の製造コストが増加してしまう。

OS-UZワイヤは、コア材に展延性の良好なα黄銅を採用し、外層に亜鉛が約60wt%のγ黄銅と純亜鉛層を設けることで、比較的安価な製造コストで放電性の良好な電極線を提供できる。また放電加工時の寸法精度や自動結線性、メンテナンス性も黄銅線と同等の特性をもつ。

実際のワイヤ加工では、コア材にコーティングを行い、その後、線材を細長く引き延ばす伸線工程をへて製品が作られる。

(2) コア材

コア材には、亜鉛33～37wt%のα黄銅を採用した。汎用的な黄銅線に使用されている黄銅合金である。

多くの放電加工機で自動結線が対応できること、寸法精度が高いこと、及びユーザーでの取り扱い性が良いことを考慮し汎用的な黄銅をコア材に採用した。

(3) コーティング技術

一般的にコーティングされた電極線は、汎用的な黄銅線に比べ製造コストが高価になってしまう。これは製造工程が多岐にわたるためである。OS-UZワイヤは、製造工程を極力単純化し一度に複数のコーティングを施す製造方法を開発した。

コーティングの製法開発に当っては、放電加工時の安定性を考慮しコーティングの均一性を重視した。一般的な電気めっきと熱拡散によるコーティングは、均一性は良好であるがコスト高になってしまう欠点がある。一方溶融めっきによるコーティングは、厚めっきを均一に製造することは難しいが、コスト的には安価で製造できるメリットがある。当社は、溶融亜鉛めっき後に窒素ガスでめっきをワイピングしながら行うことで、コーティングの均一性を確保し、めっき温度とガス温を最適な温度に保つことで、γ黄銅と純亜鉛層の2種類の外層を厚く同時に形成する方法を開発した。

(4) 伸線加工技術

直径が0.2mm～0.3mmのワイヤとするにはコーティングした材料を細く引き延ばし伸線加工する。

伸線ダイスと呼ばれる径の小さな孔を通して行う。より孔の径が小さいダイスを通すことで徐々に細くしていく。その際、OS-UZワイヤの外層の一つである γ 黄銅は硬くもろい合金であり、伸線加工中に破碎されて、放電加工時のコーティング層剥離（はくり）の要因となる。

破碎された粒状物がコアに深く埋めこまれないと、放電加工時の走行部位でコーティングがはがれ、放電加工時の短絡など、さまざまな問題を引き起こす。

伸線加工の際、線材に加わる応力の制御により破碎粒状物をコアにしっかりと埋め込むことができる。

伸線加工では各部位にかかる応力は中心部と表層部では異なる。表層部では伸線ダイスの拘束により大きな垂直方向の面圧が発生する。これに対して中心部では引抜きの影響による引張応力が作用する。ワイヤと伸線ダイスの摩擦抵抗が大きいほど、表層部は垂直方向の面圧を受けて、粒状物はコアにより深く埋めこまれる。この摩擦抵抗を大きくする方法はさまざまあるが、ここでは伸線潤滑剤温度を上げる方法で説明する。

伸線潤滑剤の温度が高くなるとその粘度が小さくなり、ダイス表層部にかかる摩擦抵抗は大きくなる。

これにより、粒状物の埋め込み効果が見込まれ、放電加工時の短絡回数の減少につながると期待される。

図2は、伸線潤滑剤温度と放電加工時の短絡回数との関係を示したグラフであり、伸線潤滑剤の温度が高くなると短絡回数が少なくなるの分かる。

このように、伸線工程加工条件を設定することで放電加工時の短絡回数が少ない放電加工用ワイヤの製造が実現した。

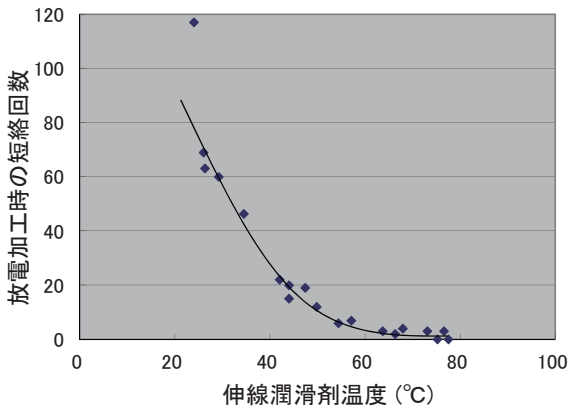


図2 伸線潤滑剤温度と放電加工時の短絡回数

OS-UZワイヤの実用効果

(1) 生産能力の向上

図3にOS-UZワイヤと汎用黄銅線との加工速度性能の比較を示す。

図中のaは、汎用的な黄銅線を使用した時の加工速度である。bは、OS-UZワイヤをaと同一条件（ワイヤを変えるだけ）で加工したときの加工速度である。

cは、OS-UZワイヤを使用し、パラメーターセッティングを最適化したときの加工速度である。

OS-UZワイヤは放電性が良好で放電加工時の加工速度が1.5倍ほど向上していることがわかる。

加工速度の向上は、生産能力の向上につながり下記の効果が期待できる。

①加工数の増加

生産能力の向上により、単位加工時間あたり加工数は増加する。

受注機会の増加につながり売上向上が期待できる。

②短納期での対応

速度向上に伴い工期の短縮だけでなく、無理のない生産計画が実現できる。

これにより突発的な加工対応もでき、結果としてさまざまなプロジェクトの納期短縮ができる。

③品質の向上

無理のない計画生産により機械の予防保全やメンテナンス周期も短縮できるようになり結果として商品の品質向上につながる。

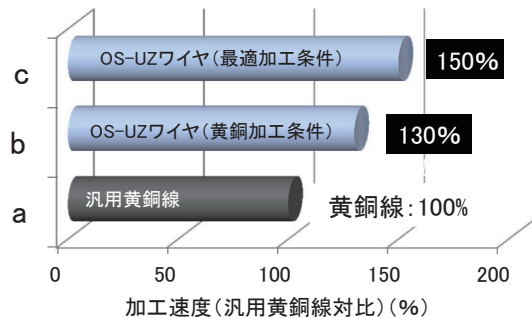


図3 加工速度性能の比較

(2) ランニングコストの削減

高速化に伴い加工時間の短縮が図れ、一加工当りのランニングコストの削減ができる。

図4に、当社のランニングコスト試算の一例を示す。OS-UZワイヤの単価を汎用黄銅線の1.4倍、加工速度が30%向上した時の試算である。

速度向上により一加工当りの加工時間の短縮ができる。ワイヤの使用量は速度が1.3倍の場合23%少ない量で加工できる。

消耗部材の3割を占めるイオン交換樹脂などの他消耗材も同様に23%削減でき、OS-UZワイヤの単価換算でそれは7%に相当する。

オペレーターなどの人員コストも同様に削減され、それはOS-UZワイヤの単価換算で8%に相当する。

トータルとしてOS-UZワイヤの単価換算で39%の削減になり、これは汎用黄銅線の86%のコストで加工できることとなる。

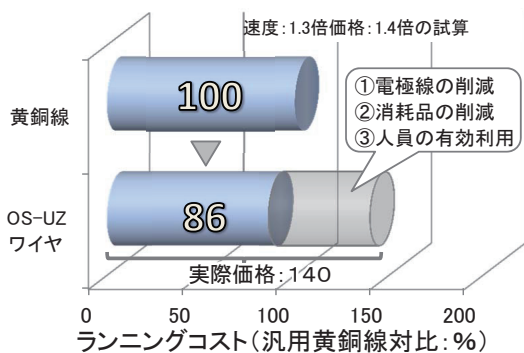


図4 ランニングコスト試算

OS-UZワイヤのエンジニアリングサービス

OS-UZワイヤの速度性能は、黄銅線と同一条件下（ワイヤを変えるだけ）でも発揮できる。さらにOS-UZワイヤに適した条件設定をすることで、性能を最大限に発揮することができる。

当社ではエンジニアリングサービスとしてエンジニア派遣に放電加工条件の調整設定作業も行っている。

その実例としてワイヤ放電加工機（三菱電機製MV1200R）を使用し、被加工物として板厚30mm～100mmのダイス鋼で条件設定をした時の例を次に示す性能評価結果である。

加工精度の目標値は、面粗さ（Ra）：0.8 μ m以下、寸法差：6 μ m以下とし、各板厚に対する放電加工条件のパラメーター設定を実施した。

一般的に加工速度を上げるためには、放電エネルギーを高くするか、放電頻度を増やせば良い。

しかし、いずれの場合も、過度に速度を上げると、放電加工中の温度上昇にワイヤの強度が耐えられなくなり断線を引き起こす。その断線耐力はワイヤの種類によって異なるので、OS-UZワイヤの断線耐力を見極めながら条件設定をすることが最も重要な事項である。

次に精度面を述べる。一般的に放電加工では荒加工後に同じ軌跡を描きながら放電エネルギーを徐々に下げ、被加工物の表面をなぞりながら目的の面粗さ、及び寸法の精度を整える仕上げ加工を行う。

OS-UZワイヤの仕上げ加工においては、ワイヤの構造、及び放電性を考慮し仕上げ加工の条件を設定する必要がある。

図5に条件設定を行ったあとの加工性能を示す。

図5aは、荒加工時の加工速度である。板厚によって結果は異なるが、最大52%、平均でも36%の速度向上が達成できる条件となった。

図5bは、仕上げ加工も含めたトータル加工速度である。荒加工同様、おおむね32%の速度向上を達成できる。

図5cは、仕上げ加工後の面粗さの結果である。汎用の黄銅線と同等かつ目標を達成できる条件である。

図5dは、仕上げ加工後の寸法差を示すグラフである。目標の寸法差を達成できた。

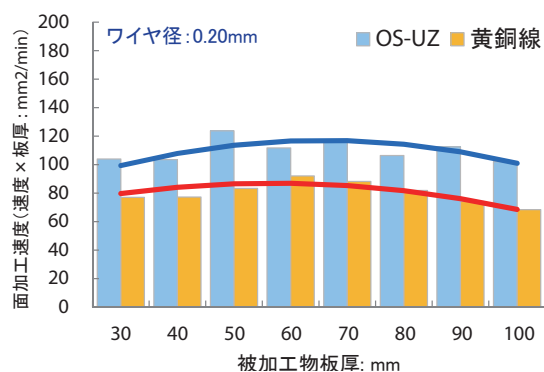


図5a 荒加工速度

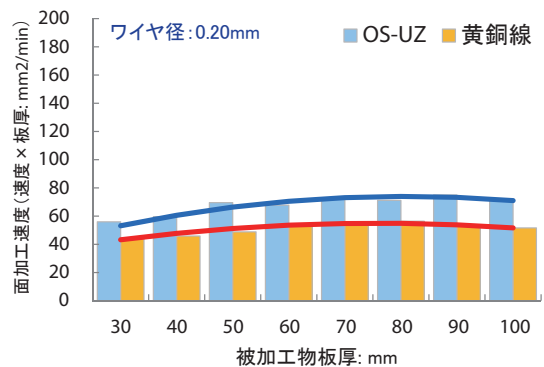


図5b トータル加工速度

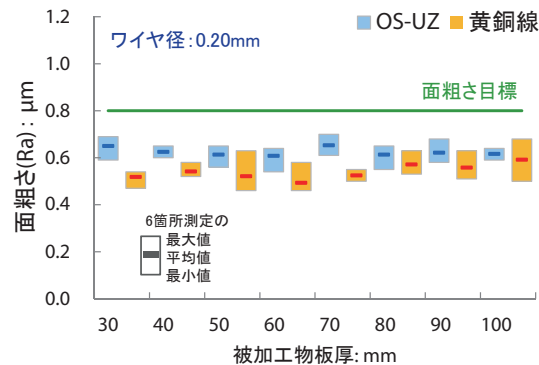


図5c 面粗さ

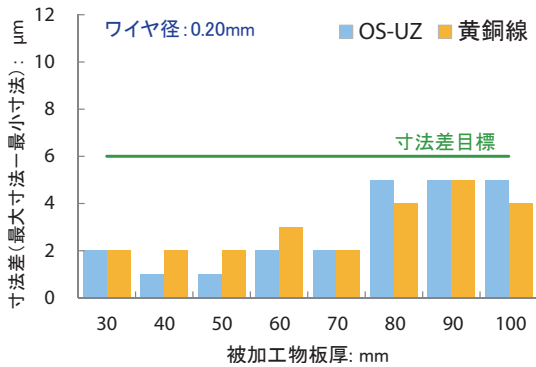


図 5d 寸法差

顧客先での使用例

- A社:** シャーリングマシンなどの刃物を製造する部品加工メーカー
 長尺の刃物の加工で使用。12時間かかっていた加工が10時間程度に削減でき満足。費用対効果にも満足し、継続使用中。
- B社:** プラスチック成型メーカー
 プラスチック金型のパーツ加工で使用。価格単価が黄銅線に対しては高価であるが、速度が1.4倍になりコスト的に十分メリットがある。結線性などの使い勝手もよく不満はない。
- C社:** 大手電気メーカー
 自社内のパーツなど、様々な用途で使用。仕事量が多く生産性の向上が急務でありOS-UZワイヤの速度性能に満足している。速度向上に伴い稼働時間の短縮が図れたことで、放電加工の開始時刻、終了時刻を綿密に計算し、昼夜空き時間無く、効率的に使える。

OS-UZワイヤ製品ラインアップ

写真1にOS-UZワイヤの製品、表1に製品ラインアップと特性を示す。

ワイヤ径は0.20mm、0.25mm、0.30mmの3種類。巻き量は一般的に使用される5種類を販売する。

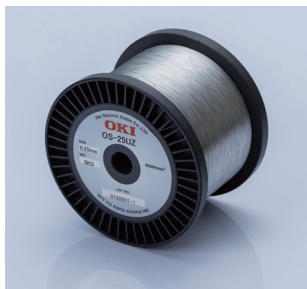


写真1 OS-UZワイヤ製品

表1 ラインアップと特性

| 特性 | | | | |
|---------|---------|---------|----------|------|
| 品名 | ワイヤ径 mm | 外径公差 mm | 引張強度 MPa | 伸び % |
| OS-20UZ | 0.20 | ±0.001 | 800以上 | 3以下 |
| OS-25UZ | 0.25 | | | |
| OS-30UZ | 0.30 | | | |

| 製品ラインアップ | | | | | |
|----------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|
| 品名 | 5kg巻き (P-5R) | 10kg巻き (P-10) | 20kg巻き (P-15) | 8kg巻き (DIN160) | 16kg巻き (DIN200) |
| OS-20UZ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| OS-25UZ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| OS-30UZ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

今後の展開

電極線は放電加工の単なる消耗品であるということではなく、放電加工機の部品の一部として放電加工の特性を最大限活かして、更に高速・高精度・高品質な電極線を開発することをテーマとしていく。それが放電加工の新たな領域（切削加工、研削加工、難削材加工）拡大につながることを期待する。◆◆

● 筆者紹介

吉本雅一: Masakazu Yoshimoto. 沖電線株式会社 電極線事業部

TiPO 【基本用語解説】

OS-UZワイヤ
高速放電加工用電極線OSシリーズ Ultra Zinc type.