

# 金属面の高精度加工を実現する 放電加工機用電極線

金井 亮太

OKI電線(以下、OEC)は、1976年以来40年以上にわたり放電加工機用電極線(以下ワイヤーという)を製造・販売している。図1に製品イメージとワイヤー放電加工の概略図を示す。ワイヤー放電加工は、ワイヤーを電極として用いてワーク材(被削材)との間に電圧を印加することで放電を発生させ、その時発生する熱によって材料を溶融・除去する加工である。放電によりワイヤー側も消耗するため、一定の速度でワイヤーを走行させ常に新しい部分を供給しながら加工する。このためワイヤーは長手方向に一様であることが望ましい。また、ワイヤーの材質や構造によって放電の挙動が異なるため、用途に応じてワイヤーを選定する必要がある。

以上のように、ワイヤーは放電加工機性能に大きな影響を与える機能部品であるため、ワイヤー放電加工を行う顧客にとってワイヤー選定は重要である。ワイヤーの選定基準はその用途によってさまざまだが、例えば高速加工が行えることや、高精度加工が行えることなどが挙げられる。OECでは、常に安定した品質と高機能なワイヤーを提供し続けると共に顧客ニーズに沿ったワイヤーの開発にも注力してきた。この度、高精度加工のニーズに応えるため、面精度の良い放電加工面を得ることのできる電極線(以下、高面精度ワイヤーという)を開発した。本稿ではこの高面精度ワイヤーの特徴と効果を紹介する。

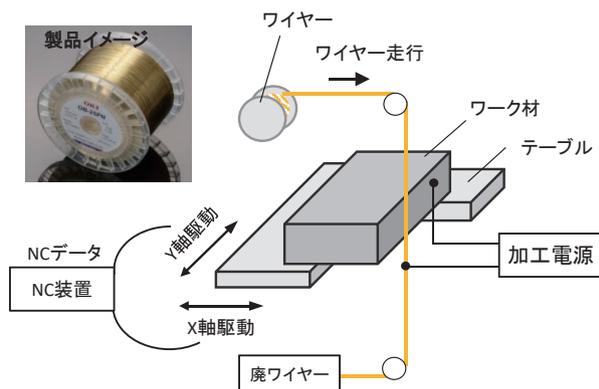


図1 製品イメージとワイヤー放電加工概略図

## 高面精度ワイヤーの真円度

良好な放電加工面性状を得るためには安定した放電が肝要である。安定した放電を実現するためのアプローチは主に放電加工機側からのアプローチとワイヤー側からのアプローチがある。この度OECでは、ワイヤー側からのアプローチとしてワイヤーの真円度に着目し、良好な放電加工面性状を得ることのできる高面精度ワイヤーを開発した。

一般に、ワイヤー製造時に使用するダイヤモンドダイスは伸線に伴って摩耗が進行し、ダイス穴の真円度は悪化する。ダイス穴の摩耗が進行したダイヤモンドダイスを使用してワイヤーを伸線すると、伸線されるワイヤーの真円度も悪化する(図2)。

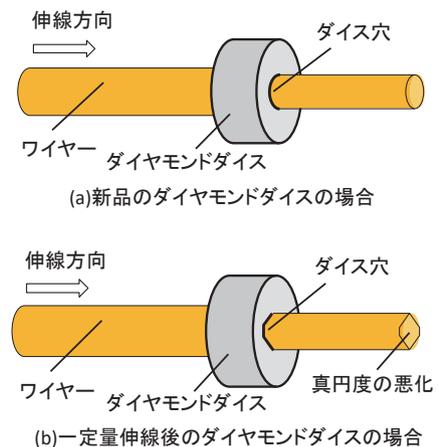
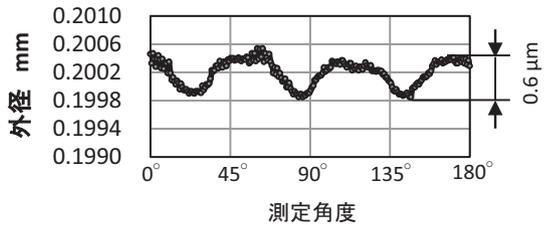
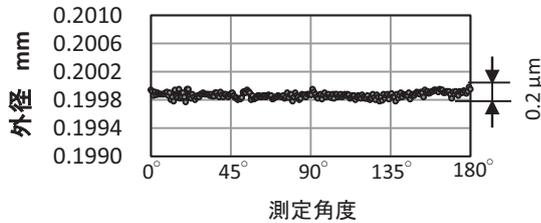


図2 ダイヤモンドダイスの摩耗

本開発ではそのような真円度悪化を避けるための新製法を考案し、限りなく真円に近いワイヤーの製造を可能にした。図3に従来製法による汎用ワイヤーと新製法による高面精度ワイヤーの円周方向の外径分布を示す。従来製法による汎用ワイヤー(図3(a))は外径が $0.6\mu\text{m}$ 程度ばらついている。このばらつきは高精度加工を行う上では弊害となり得る。これに対し新製法による高面精度ワイヤー(図3(b))は外径のばらつきが $0.2\mu\text{m}$ 以下であり、限りなく真円に近い外径をもつ。



(a) 従来製法による汎用ワイヤー



(b) 新製法による高面精度ワイヤー

図3 円周方向の外径分布

### 高面精度ワイヤーの長手方向安定性

前章では真円度の局所的な良化を示したが、本章では長手方向の安定性を示す。図4に各製法での真円度の長手方向推移を示す。前章で述べたように従来製法ではワイヤー製造量と共に真円度が悪化するため、製品内で真円度が変化するケースや、購入ロットによって真円度が変化するケースがある。これに対し新製法では、ワイヤー製造量に伴う真円度変化はほとんどなく長手方向の安定性を持ち、また、真円度管理幅を従来の4分の1としているため、常に安定した製品を提供することができる。

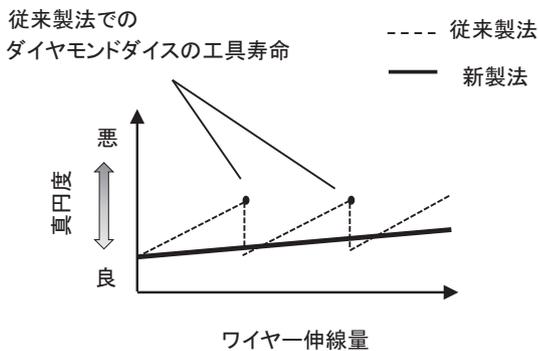


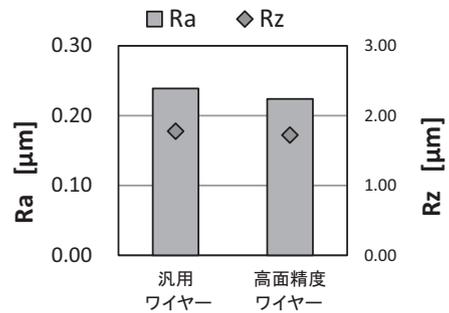
図4 各製法による真円度の長手方向推移

### 放電加工面の粗さ及びうねりの良化

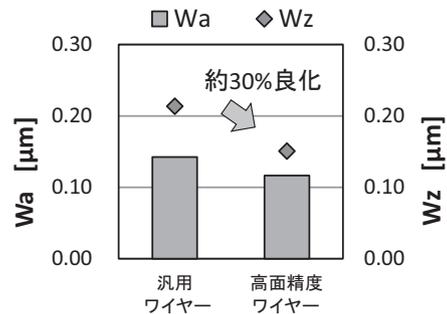
本章では、前述した高い真円度性能が放電加工面に及ぼす効果を示す。図5に各ワイヤーにおける放電加工面の

粗さ及びうねりを示す。また、表1に図5に示す各パラメーターの名称と波長成分の分類を示す。図5(a)の粗さパラメーターは若干の良化が確認できる。放電加工面の粗さは放電加工条件とワイヤー材質に起因する部分が多いため真円度による影響は少ないと考えられる。これに対し図5(b)のうねりパラメーターは、高面精度ワイヤーの効果が大きく、約30%良化する。これは、高い真円度性能によって放電加工中にワイヤー走行ラインでの回転や位置ずれなどの挙動を抑制している効果だと考えられる。

以上の結果から、高面精度ワイヤーは従来どおりの粗さを維持しつつ放電加工面のうねりを良化させる効果があるといえる。



(a) 粗さパラメーター



(b) うねりパラメーター

図5 放電加工面の粗さ及びうねりパラメーター

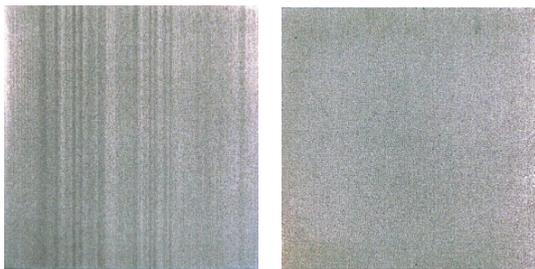
表1 各パラメーターの名称と波長成分の分類

パラメーター記号	Ra	Rz	Wa	Wz
パラメーターの名称	算術平均粗さ	最大高さ粗さ	算術平均うねり	最大高さうねり
波長成分の分類	短波長成分		長波長成分	

## 放電加工面のスジ低減

ワイヤー放電加工では放電加工面にスジが確認されるケースがある。スジは前述した放電加工面のうねりと関係あり、 $W_a$ や $W_z$ の値が大きい場合に顕著となり、反対に値が小さい場合に確認されにくい。これは、うねりが放電加工面の凹凸のうち人の眼に認識されやすい長波長成分であることに起因すると考えられる。図6に各ワイヤーによる放電加工面のスジの様子を示す。ここで、スジが最も顕著となるのは放電加工面の少量研磨後であるため、図6には少量磨き後の写真を示す。図6(a)は汎用ワイヤーを使用して放電加工面にスジが確認されるケースの一例である。このように、 $W_a$ や $W_z$ の値が比較的大きい放電加工面にはスジが確認される。これに対し高面精度ワイヤーによる放電加工面(図6(b))にはスジが確認されない。

以上の結果から、高面精度ワイヤーは放電加工面の数値的な良化だけでなく視覚的な良化にも効果があるといえる。ワイヤー放電加工は主に金型の製造に用いられるが、金型の表面に上述のようなスジがある場合、成形される製品の表面にもスジが転写されるため、放電加工面は視覚的にも良好であることが望ましく、高面精度ワイヤーはそのような懸念を払拭できる。



(a) 汎用ワイヤー (b) 高面精度ワイヤー

図6 放電加工面のスジの様子 (少量磨き後)

## 後工程の工数削減

金型製作の大まかな流れを図7に示す。放電加工は高精度加工に分類されるため、切削・研削加工などを行った後に仕上げ加工として用いられることが多い。放電加工後は砥石やダイヤモンドペーストなどを使用して磨きが行われる。この磨きは手作業で行われることも多いため、放電加工面の精度が磨き時間に与える影響は大きい。例えば、放電加工面に前章で紹介したようなスジがある場合、磨き工程でスジを除去する必要がある。このとき、除去に要する時間は磨き前のスジ量によって決まるため、放電加工面のスジ量は極力少ないことが望ましい。

図8に汎用ワイヤー及び高面精度ワイヤーにおける放電加工面の、スジが除去されるまでの研磨量を示す。汎用ワイヤーで加工した放電加工面は、スジが完全に除去されるまで $4\mu\text{m}$ 程度の研磨が必要である。これに対し高面精度ワイヤーで加工した放電加工面は、 $2\mu\text{m}$ 程度の研磨でスジが完全に除去される。なお、研磨量 $1\mu\text{m}$ でスジ量がピークとなるのは、放電加工面と研磨面が混在することで、両者の粗さの違いにより視覚的にスジが顕著となるためである。

以上の結果から、高面精度ワイヤーは後工程の工数を削減し、金型の完成納期短縮に貢献する。

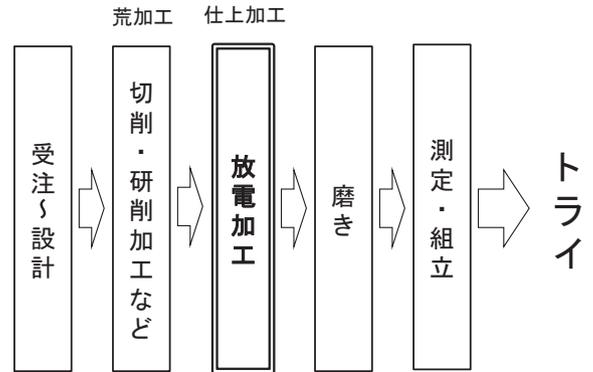


図7 金型製作の大まかな流れ

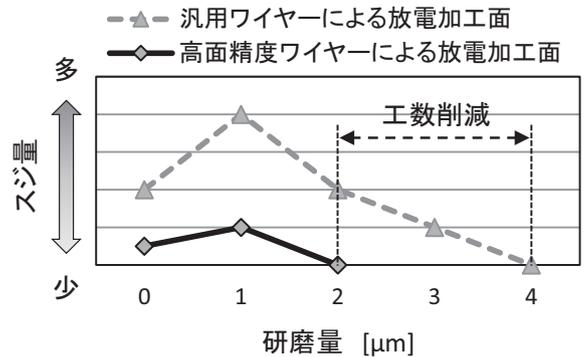


図8 スジが除去されるまでの研磨量

## まとめ

本稿で紹介した高面精度ワイヤーは、新製法によって真円度を向上させ、さらに、長手方向の安定性ももつワイヤーである。この真円度性能向上によって放電加工面のうねりを約30%低減することができ、合わせて、視覚的なスジも低減することができる。また、後工程の磨き時間を短縮できるため、金型の完成納期短縮に貢献する。

## あとがき

冒頭でも述べたとおりワイヤー放電加工ではワイヤーが担う役割は大きく、その用途に応じて最適なワイヤー選定が肝要である。そういった観点から高面精度ワイヤーを開発し、顧客のワイヤー選定の幅を広げることができた。今後も顧客ニーズに沿った開発をテーマとし、更に放電加工分野が拡大することを期待する。◆◆

## ● 筆者紹介

金井亮太: Ryota Kanai. 沖電線株式会社 電極線事業部

## TiPo 【基本用語解説】

### 放電加工

電極とワーク材(被削材)の間に放電現象を繰り返して発生させ、ワーク材(被削材)を溶融除去しながら加工する方法。導電性材料であれば材料の硬さに関係なく加工でき、切削加工などに比べて高精度であることが特徴である。主に金型の作製に用いられる。

### ワイヤー放電加工

放電加工のうち、ワイヤー状の電極を用いるものをワイヤー放電加工という。