

[ユーザー事例 3]

放電加工の標準化と自動化による効果

(株)ニチダイ 伊藤 正人*

2000年以降の放電加工機は、機械メーカーによって違いはあるが、スチール材に対して電極の減寸量といくつかの項目を入力することで加工条件が自動設定され、2000年以前のような加工条件に対する知識がなくてもほとんどの加工が可能になった。しかし、冷間鍛造金型のように超硬材料を使用する場合、減寸量に対する加工条件は自動設定されても、電極の消耗率が約15%程度あるので、加工機の自動設定だけでは時間・精度とも適正な加工を行うのは困難で、個々の条件を理解して編集する必要がある。

近年では工具の進化により、粉末ハイス鋼などの高硬度材料に対しても直彫り加工が可能になり、いろいろな工具メーカーが超硬材料の直彫り対応工具の(PCDなど)開発を進めている。当社でも仕上げ領域(50 μ m程度)の直彫り加工は実施している。また、

電着工具を使用することで粗・中仕上げの加工も可能だが、当社が製作している金型に対して全体の除去量を考えると、すべてを直彫りで加工するには時間がかりすぎ、実際の加工として採用するには現実的ではない。しかし、現状の工作機械メーカー・工具メーカーの動向を考えると、この領域はまだまだ進化すると思われる。

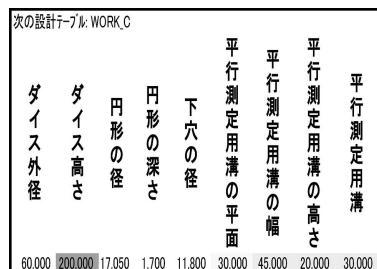
上記を考慮すると、今後の放電加工に求められることは、

- ① 放電加工機の性能・周辺ソフトを活用したスキルのいらぬモノづくり
- ② 設備を有効に利用することでのコスト削減
- ③ ほかの工作機械に負けない高精度加工などがあげられる。

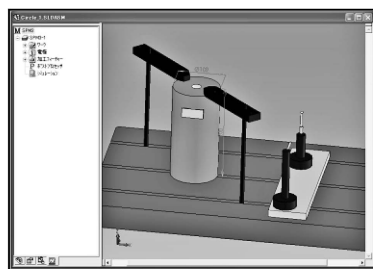
3次元データを利用した加工の標準化 (スキルのいらぬモノづくり)

当社製作の超硬金型を放電加工するにあたっては、

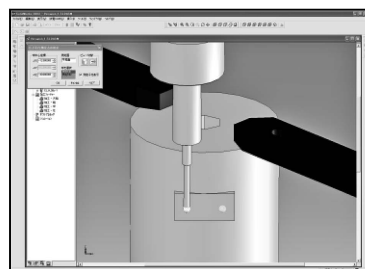
*Masato Ito：生産本部第二製造グループ サブマネージャー
〒610-0201 京都府綴喜郡宇治田原町禪定寺塩谷14
TEL (0774) 88-6313



① エクセル入力



② 3次元データ作成



③ 製品基準設定

図1 放電CAM作成手順(1)

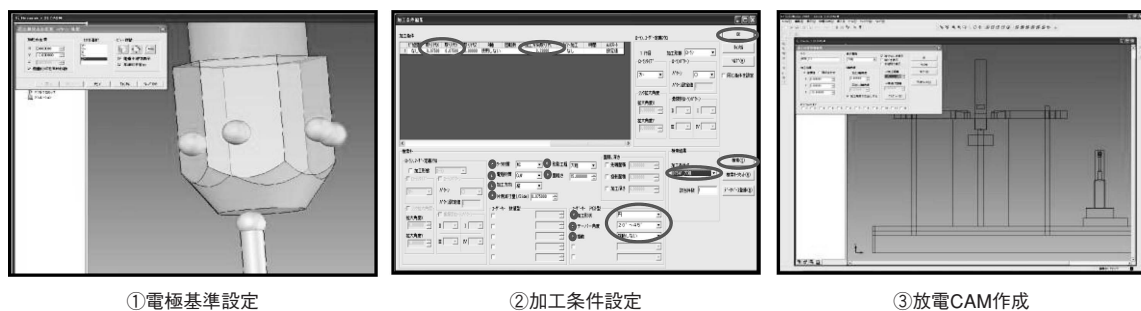


図2 放電CAM作成手順(2)

同寸法の電極で数回加工したり、個々の形状別に加工条件を微調整したりする必要があるため、単純な形状(丸形状・六角形状など)を放電加工するにも加工条件に対する多くの知識が必要で、教育にも時間をかけていた。

そこで、「加工の標準化」を目的に機械メーカーの放電CAMを導入した。導入にあたっての検討項目としては、加工条件の部分だけを標準化するのではなく、人のスキルにより時間が変わる段取り作業の自動化を目指した。段取り作業を自動化するためには3次元データが必要になるが、3次元データを作成するには時間がかかる。そのため、メーカーに専用ソフトを開発してもらい、図1の①のようにエクセルに9項目を入力することで、3次元データを作成できるようにして(図1の②)、時間がかかる3次元データの作成時間を削減させた。

3次元データの作成後は、製品基準設定(図1の③)→電極基準設定(図2の①)→加工条件設定(図2の②)→放電CAM作成(図2の③)の手順で放電プログラムを作成できる。電極の本数・加工回数にもよるが、プログラム作成時間は新規品で15分程度、リピート品は10分程度で作成できる。

加工条件設定(図2の②)は、個々の条件に対しての知識がなくてもプログラムを作成できるように、減寸量・加工形状などはすべて選択性にし、プログラム作成者が判断する項目を最小限にした。機械作業者はプログラムを機械に呼び込むことと加工スタート位置に合わせて加工をスタートさせるだけなので、導入前は新人教育に数カ月かかっていたが、導入後は基本操作とチェック項目を1~2日教育するだけで熟練者と同等の加工が可能になった。

このように、人による判断・教育項目などを削減することで作業の標準化を達成でき、品質の安定に対しても大きな効果はあったが、一方では作業者自身の放電加工(条件・特性など)に対するスキルは向上しないので、別にプログラムを立てて教育をする必要があるのも事実である。

設備の有効利用によるコスト削減

当社の放電加工方法の特徴は、前項の3次元データを使用した加工方法のほかに、自動搬送ロボットを使用した24時間無人対応がある。前項の3次元データを利用した加工対象品は基本的に加工時間がかからないもの(2時間以下)が対象だが、ロボットシステムは長時間物(5時間以上)が対象品になる。当社の放電加工機のほとんどがAWC(オートワークチェンジャー)仕様になっているが、現状の稼働率は60

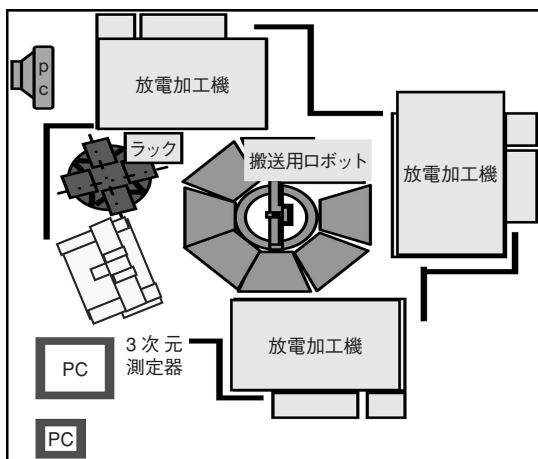


図3 ロボットシステムレイアウト図



図4 ロボットシステム測定状況

%前後で、その要因としては、加工対象物の加工時間が個々に違うことや、2交代は実施しているが無人時・休日には停止していることなどがあげられる。

当社では設備の有効利用を目的として、自動搬送用ロボット仕様の放電加工機(図3)を導入した。システムの内容は放電加工機3台、3次元測定器(基準測定用)、搬送用ロボット、製品パレット15枚、電極ホ

ルダ64個である。運用方法は、金型・電極の基準を3次元測定器で測定後、各製品パレット、電極ホルダについているICチップに登録する。加工は、プログラム条件設定時にパレット番号・電極番号を登録することで行う。加工終了後に順番に自動的に金型を外し、次の金型・電極を搬送用ロボットが搬入して加工する。自動搬送用ロボットを使用することで、通常の単体機の場合は2交代で対応しても稼働率が60%前後だが、ロボットシステムはオペレーター1名(1勤)で現状の平均の稼働率は80~90%を達成できている。

ロボットシステムのもう一つのメリットについて述べる。現状当社の放電加工では加工誤差が $\pm 10\mu\text{m}$ 程度発生するので、加工後にいろいろな測定器を利用して測定を実施しているが、品質基準の3次元測定器とは測定誤差があり、再加工または磨き工程で対応することがある。ロボットシステムでは製品・電極の基準用に導入した3次元測定器で測定(図4)し、誤差がある場合はそのまま再加工することで、放電後の磨き代が適正になり、最終製品の品質も安定する。

高精度加工に向けての取組み

近年、鍛造品のネットシェイプ化・高精度化が進むにつれて金型も高精度が求められている。放電加工後の精度を向上するには、放電加工の特性を理解した電

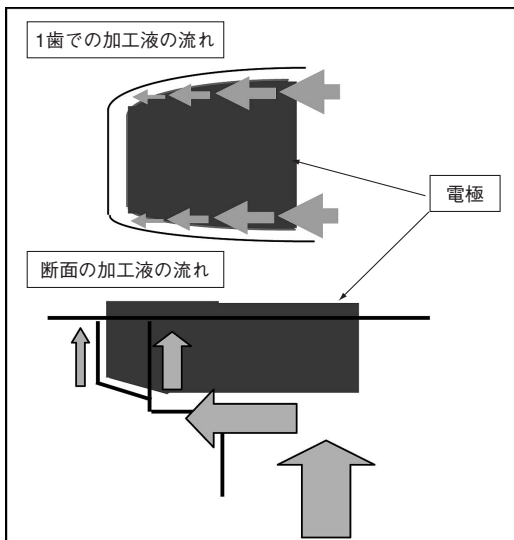
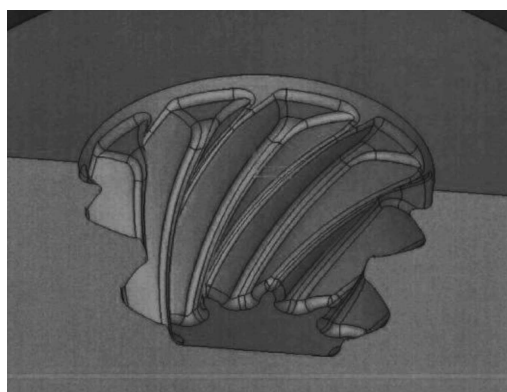
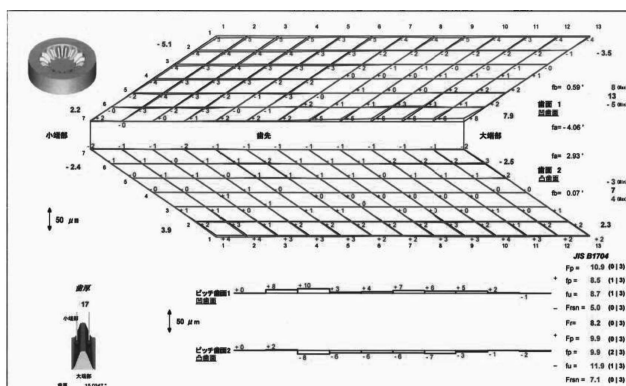


図5 加工液の流れ(参考図)



(a) スパイラルベベル形状



(b) 放電後の測定データ

図6 スパイラルベベル形状と放電後の測定データ

極設定と加工後の面粗さを考慮した適切な取り代の管理が必要になる。放電加工の特性として、加工中に発生するスラッジ除去のための加工液について述べる。現在は放電加工機の性能が上がり、Z軸を高速ジャンプで動かすことで加工後のスラッジを除去する無噴流（加工液なし）の加工などもあるが、対象は小径物が中心で加工面積が大きくなると面圧の問題で加工は困難になる。

加工面積が広く精度が求められる場合は、加工液でスラッジの除去を行っているが、図5のように底面側から加工液を流した場合は、図中の矢印の太さで示しているように小径部から大径部に向かい加工液の流量が少なくなると考えている。

実際に小径・大径の放電後の寸法は減寸量が同じ場合、大径側の磨き代が少なくなる。流量が変化するとスラッジの除去量が変わり、加工自体には大きな問題はないが、2次放電の影響で歯形精度が悪くなる。特に歯形誤差はモジュールにも関係するが、基本的に1~2μmで1等級悪くなるので、流量の変化による2次放電の影響を受けやすい。当社では歯形ダイスの電極作製時に歯丈・歯形状・最大径などを考慮して電極の減寸・形状を設定することで放電後の精度を向上させ、最終製品の品質を確保している。

スパークギヤの場合は電極を2次的に考えて設定することができるが、ソフトウェア、マシニングセンタ（MC）の性能が向上することで、ヘリカルギヤ、ベベルギヤだけでなく、スパイラルベベルギヤも3次元化が進み、電極を5軸のMCで製作することが

可能になったが、図6のように3次元で製作した場合、電極減寸は形状に対して法線方向にかかるが、放電加工は軸中心に円弧を描き揺動加工をする。放電加工機では球揺動などいろいろな揺動加工ができるが、実際には各部に誤差が生じる。放電後の精度を向上させるには、形状・減寸量・放電加工方法などを考えて加工する必要がある。

放電加工を使用するうえでもう一つ重要になるのが、放電後の磨き代の設定である。放電後の精度がよくても、磨き代が多いと精度が劣化する。逆に少ない場合は放電加工時に発生した硬化層やマイクロクラックが金型表面に残り、金型の早期破損の要因になる。鍛造形状部を放電加工する場合は、放電後の面粗さと磨き代の管理が重要である。

☆

部品加工の海外展開による金型の現地調達要望、切削工具開発による直彫り化、マイクロクラックによる寿命問題などにより、今後は放電加工を行う比率は減少すると考えられる。実際当社でも直彫りで加工できるものは放電から直彫りに変更している。ただし、放電加工でしかできないものも多くある。仮に直彫りに変更しても、工具摩耗・材料硬度・CAMのパスなど高精度に加工をしようと思うと管理項目は多くある。今以上にQDCに対する要望は厳しくなることは間違いはない。いろいろな加工機・加工方法の特性を把握し、加工物に適正な加工方法を選択することが必要である。