

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月12日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21360061

研究課題名（和文） 形彫り放電加工の逆方向シミュレーション

研究課題名（英文） Reverse Simulation of Sinking Electrical Discharge Machining

研究代表者

國枝 正典 (KUNIEDA MASANORI)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：90178012

研究成果の概要（和文）：

放電による熱的作用によって工具電極形状を転写し、所望の工作物形状を得る形彫り放電加工において、工具電極の消耗を考慮して加工前の工具電極形状を得るための逆方向シミュレーション法を開発した。この方法では、所望の工作物形状を初期値として、工作物を工具電極とみなして工具電極を加工する。その際、従来の順方向シミュレーションのために筆者らが開発した放電点探索アルゴリズムを使用するが、放電一回当たりの工具電極と工作物の除去量を、実際の加工で得られるデータベースとは逆にする。また、曲率の影響を補正するため、工具電極の単位面積当たりの工作物の対向面積の比率を求め、工具電極の場合は除去量を除し、工作物の場合は除去量に乘じることによって、正確な逆方向シミュレーションが行えることが分かった。

研究成果の概要（英文）：

This study aimed to develop a reverse simulation method for sinking electrical discharge machining (EDM) which can obtain tool electrode shapes with which desired workpiece shapes can be machined precisely taking into consideration tool electrode wear. In the reverse simulation method developed, the tool electrode is machined using a workpiece with the same initial shape as the target workpiece shape, applying the discharge location search algorithm developed for forward simulation. The data on the removal volumes of the tool electrode and workpiece per pulse, obtained from experiments, was switched in reverse simulation. To compensate for error due to curvature, the removal volumes of the tool electrode and workpiece were divided and multiplied by the ratio of the workpiece area facing a unit area of the tool electrode respectively. Experimental results showed that the workpiece shape after actual machining using the tool electrode obtained from reverse simulation was closer to the target workpiece shape than when the tool electrode shape was obtained by offsetting the target workpiece shape at a distance equal to the gap width.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
2010年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2011年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
年度			
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学，加工学

キーワード：形彫り放電加工，逆方向シミュレーション，工具電極消耗，加工屑，放電遅れ時間

1. 研究開始当初の背景

形彫り放電加工において、工具電極角部では単位面積当たりの放電頻度が平坦部より多いため角ダレが生じる。そのため、目標とする工作物形状を得るには荒加工、仕上げ加工に分けて複数の工具電極を用意する必要があり、加工時間やコストがかかる。そこで、筆者らは放電1回当たりの極間現象を忠実に再現した放電点探索アルゴリズムを用いることにより加工前の工具電極と工作物形状から加工後の形状を予測する順方向シミュレーションを開発している (M. Kunieda and M. Kiyohara: Simulation of Die-Sinking EDM by Discharge Location Searching Algorithm, IJEM, 3, (1998), 79-85.)。しかし、実用的には工具電極の消耗を考慮した上で、目標とする工作物形状から加工前の工具電極形状を予測する逆方向のシミュレーション手法が有用である。これにより、少ない本数の工具電極で高精度な形彫り放電加工が可能になる。これまでに筆者らは放電点探索アルゴリズムを用いた逆方向シミュレーションを開発している (M. Kunieda, W. Kowaguchi, T. Takita : Reverse Simulation of Die-Sinking EDM, Annals of the CIRP, 48, 1, (1999), 115-118.)。しかし、電極が大きな曲率を持つ場合には精度がよくなかった。

2. 研究の目的

加工形状に大きな曲率がある場合にも、曲率の影響を補正することによって精度のよい逆方向シミュレーションを行なえるようにする。また、逆方向シミュレーションで得られた工具電極形状を用いて実加工を行い、実加工結果とシミュレーション結果が目標の形状と一致するか否かを確認することで、開発した逆方向シミュレーション法の有効性の検証を行う。

3. 研究の方法

逆方向シミュレーションの原理を図1を用いて説明する。簡単のためギャップを無視し、工具電極と工作物ともに端面が平らな状態からの突き合わせ加工を例に考える。まず、送り量 F で順方向シミュレーションを行う場合を考える。仮に工具電極の消耗が無ければ破線部まで工作物が除去される。しかし、実際はハッチングで示す工具電極の消耗があるため、実線部が加工後の工具電極形状となる。つまり工作物形状は、電極消耗が無い場

合の工作物の表面に工具電極の消耗長さ分布 L_e を足した形状となる。そこで、逆方向シミュレーションの原理を説明するために、順方向シミュレーションを行った結果としての工作物形状が目標の工作物形状である場合を考える。この形状を初期値として、順方向シミュレーションとは逆方向に工作物を F だけ送る。このとき、放電1回当たりの工作物と工具電極の除去体積に関するデータベースを入れ替えて計算する。工作物の除去が無ければ、破線のように工具電極形状が得られる。しかし、工作物も除去され、放電1回当たりの除去体積を工具電極および工作物で入れ替えているので、順方向と逆方向のシミュレーション時の送り量が等しければ、工作物の除去長さ分布 L_w は順方向シミュレーション後の工具電極の消耗長さ分布 L_e と等しくなる。その結果、工具電極および工作物の形状は加工前の形状に戻る。

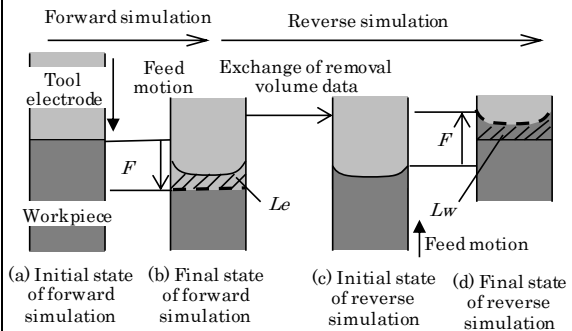


Fig. 1 Principle of reverse simulation

電極の曲率が大きい箇所では、図2(a)のように工具電極上の単位面積に対する工作物上の対向面積が平坦部と比べて大きい。そのため、対向面積に除去長さを乗じた値が除去体積であると仮定し、逆方向シミュレーションで除去体積を工具電極と工作物で入れ替えることを考えると、図2(a)、(b)より順方向シミュレーション時と逆方向シミュレーション時で工具電極と工作物の除去長さが入れ替わらない。そこで、逆方向シミュレーション時において、工具電極側の除去体積を対向面積の比率で除し、工作物側の除去体積に対向面積の比率を乗じる。つまり、順方向シミュレーションと逆方向シミュレーションで除去長さが工具電極と工作物との間で入れ替わるよう、放電1回あたりの除去体積の修正を行う (図2(c))。

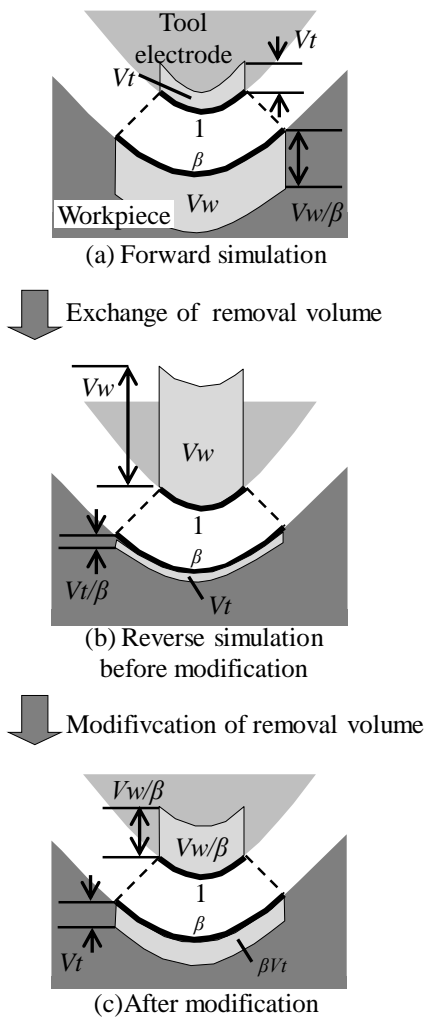


Fig. 2 Method to compensate for curvature

4. 研究成果

図3のようなRの小さいコーナ部を持つ形状を加工するための工具電極形状を逆方向シミュレーションにより求めた。加工条件は放電電流 5A、放電持続時間 18 μ s、工具電極と工作物材料は黄銅とした。

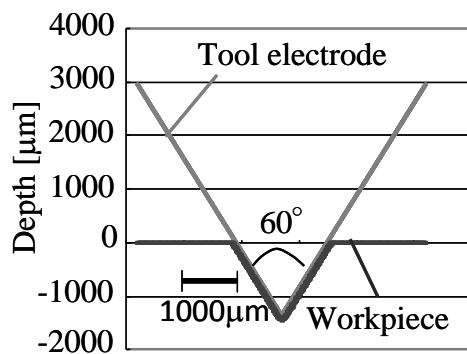


Fig. 3 Target shapes

図4に逆方向シミュレーションで得られた工具電極形状を示す。Rの小さいコーナ部を得るために、工具電極には長い突起が必要であることを示している。

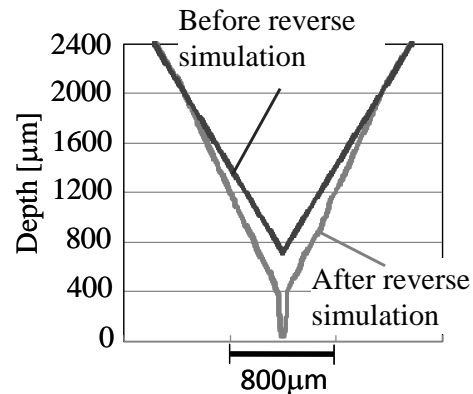
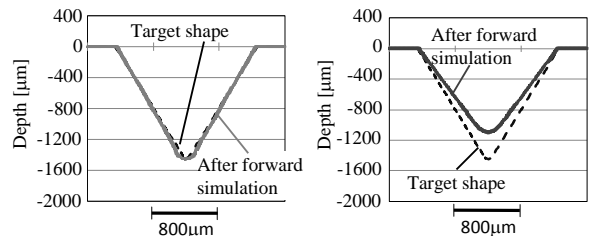


Fig. 4 Tool electrode shape obtained by reverse simulation

得られた工具電極形状が正しいことを確かめるため、順方向シミュレーションを行った。図5に示すように、所望の工作物形状からギャップ長だけオフセットさせて得られる従来の工具電極形状に比べて、逆方向シミュレーションから得られた工具電極形状を用いた方が、より高精度な加工が可能であることがシミュレーションから予想される。



(a) Using tool electrode obtained by reverse simulation (b) Using ordinary tool electrode

Fig. 5 Workpiece shapes after forward simulation

そこで、図4の形状をもとに図6に示す工具電極をワイヤ放電加工により製作した。

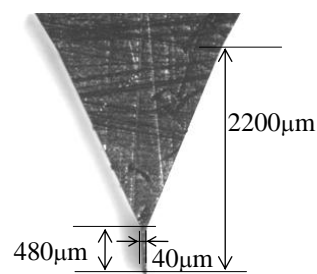
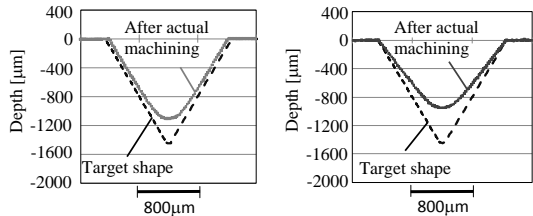


Fig. 6 Photo of tool electrode used in machining experiment

そして、実際に工作物の加工を行った結果、図7に示す工作物形状が得られた。工具電極消耗を考慮していない従来の工具電極形状を用いた場合に比べ、逆方向シミュレーションで得られた工具電極形状を用いた場合は、より目標形状に近い加工ができた。



(a) Using tool electrode obtained by reverse simulation (b) Using ordinary tool electrode

Fig. 7 Workpiece shapes after actual machining

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- 1) Masanori Kunieda, Yuki Kaneko, Wataru Natsu, Reverse Simulation of Sinking EDM Applicable to Large Curvatures, Precision Engineering, 36, 238-243 (2012)
- 2) 放電加工シミュレーション、国枝正典、精密工学会誌、76, 8,861-866 (2010)
- 3) K. Morimoto, M. Kunieda : Sinking EDM simulation by determining discharge locations based on discharge delay time, Annals of the CIRP, 58,1, (2009), 221-224.

[学会発表] (計4件)

- 1) 形彫り放電加工における逆方向シミュレーションの実験的検証、金子勇基, 夏恒, 国枝正典, 電気加工学会全国大会 (2010) 講演論文集, 69-72
- 2) Reverse Simulation of Sinking EDM for Intricate Shapes, Yuki Kaneko, Masanori Kunieda, Key Engineering Materials, (Proc. of ICoPE 2010 and 13th ICPE) (Singapore), 447-448, 178-182 (2010. 7)
- 3) 形彫り放電加工における逆方向シミュレーションの原理の検証, 金子勇基, 国枝正典, 2009年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 755-756
- 4) 形彫り放電加工における角部消耗の逆方向シミュレーション, 金子勇基, 森本賢治, 国枝正典, 2009年度精密工学会春

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 放電加工の工具電極形状予測方法および工具電極形状予測用シミュレータ

発明者: 国枝正典

権利者: 東京農工大学

種類: 特許

番号: 特願 2009-194887

出願年月日: 2009年8月26日

国内外の別: 国内、および国外

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

国枝 正典 (KUNIEDA MASANORI)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号: 90178012

(2) 研究分担者

夏 恒 (NATSU WATARU)

東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号: 40345335

(3) 連携研究者

該当なし