

粉末混入放電による各種金型鋼の仕上げ加工特性

工学院大学 ○元村 蓮 工学院大学 ◎武沢 英樹

要旨

絶縁液中でのパルス放電により加工が進行する形彫り放電加工において、加工液中に金属粉末を混入させると面粗さの向上や鏡面化に効果があることが知られている。金型の最終仕上げでは磨き工程が必要な場合が多く、放電加工のみで鏡面に近い加工面が得られれば仕上げ工程の短縮となる。本研究では代表的な金型鋼に対して Si と Al 粉末を用いた粉末混入放電加工を行い、加工面性状の比較を行った。

1. はじめに

形彫り放電加工は、絶縁液中で電極と工作物を対向させ、微小なパルス放電を発生させ、材料を熔融除去する加工法である。電極と工作物は非接触で加工が進行し、材料の硬さなど機械的強度によらず複雑形状加工が可能である。これまでは、比較的加工速度が遅いことから、金型の仕上げ加工に用いられることが多く、仕上げ面粗さの向上や加工面の鏡面化が追求されてきた。

近年では各メーカーから加工面積が小さい加工においては、鏡面が得られる加工電源が開発されているが、大面積加工においてはいまだに鏡面化は難しい状況である。それに対して、大面積放電加工においても、電極を小径に多分割して個々に給電する手法や、シリコン板を電極に用いる抵抗体電極法が仕上げ面粗さ向上に効果があることが報告されている¹⁾。さらに、抵抗体電極法から着想したSi粉末混入放電加工により、通常の銅電極でも鏡面加工が可能なが報告されている²⁾。その後、各メーカーから各種粉末を混入させた粉末放電加工機が市販されるに至っている。また、熱間・冷間金型材として良く用いられるSKD61とSKD11の放電加工においては、経験的にSKD11のほうが仕上げ面粗さが良くないことが知られている。いくつかの報告によれば、炭化物の欠落や含有硫黄成分の欠落によるピット形成がその要因とされる³⁾。

そこで、本研究ではSKD61, SKD11に加え一般炭素鋼のS50Cに対してSiおよびAl粉末を用いた粉末混入放電仕上げ加工を行い、その加工面性状について比較考察したので報告する。

2. 実験方法

放電加工は、ソディック製AM3Lを使用した。被加工材はS50C, SKD61, SKD11のいずれも非熱処理材である。過去に、同3種の鋼材を熱処理したものに対して、通常加工およびSi粉末混入放電加工を行ったところ、非熱処理材と同等の仕上げ面粗さであった。そのため、本実験においては非熱処理材で比較することとした。電極は20mm角の銅電極を使用した。加工液には通常の放電加工油(パイトル-2)のほかに、Si粉末(WAKO:150 μ m以下)

を20g/L、およびソディック製Al粉末混入材(ピカゲンホワイト)を30g/L混入させた粉末混入加工液を用いた。両者の粉末のSEM観察写真を図1に示す。Si粉末は角張った形状であるのに対して、Al粉末はそれよりも細かな楕円形状をなしている。

加工は以下の手順で行った。工作物は、加工機テーブル上に設置した小型加工槽に固定した。始めに行うベース加工は、通常加工液を用いて、小型加工槽ごと加工液に浸漬させて加工が行われる。この時、加工機付属の加工条件アシスト機能を用い、加工深さ指定0.5mm、仕上げ面粗さRa0.5 μ m狙いを入力し、数段階の加工条件を連続的に変化させるベース加工を行った。このベース加工は、3種の鋼材とも約60分前後の加工時間を要した。その後、粉末混入放電加工を行うが、その際は、小型加工槽内の通常加工液を手動ポンプで抜き取り、その中にそれぞれの粉末混入加工液を満たし30分の加工を行う。加工液の攪拌は行わず、電極のジャンプ動作による攪拌のみが行われる。粉末混入加工においては、図2(a)に示すように原点から電極位置を一定方向に14mmずらし、幅6mmの領域にSi粉末放電加工を、その後、逆方向に14mm電極をずらし幅6mmの領域にAl粉末放電加工を行った。両者の粉末混入放電加工では、加工深さ指定をベース加工の0.5mm深さ指定のままで行っている。深さ指定を追加せずに加工が進行していることは、オシロスコープ(Iwatsu DS-5634A)を用いた放電波形観察および放電発声音から確認している。粉末混入放電加工では、放電間隙が広がることが報告されており²⁾、そのため加工深さ指定が同一でも加工が進行したと考えられる。使用したそれぞれの放電条件の詳細を表1に示す。電流値、パルス

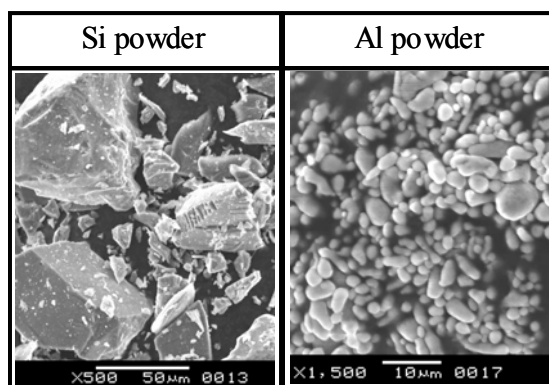


Fig.1 SEM photograph of Si and Al powders

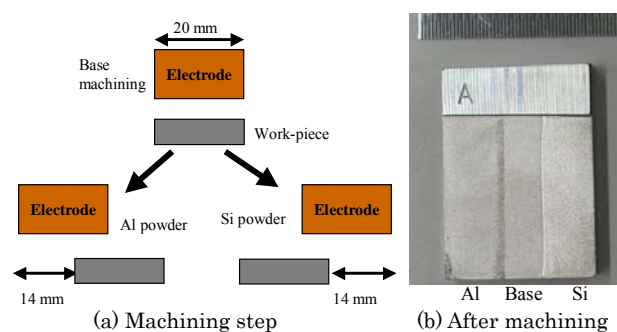


Fig.2 Machining step and after machining work-piece

Table 1 Discharge conditions

	Fainal base condition	Si and Al powder mix condition
Electrode polarity	negative	negative
DischARGE Current	0.8 A	0.5 A
Pulse duration	1 μ s	1 μ s
Off time	10 μ s	15 μ s
Planetary motion	ON	ON
Jump motion	ON	ON

幅および休止時間は、オシロスコープ観察による実測値である。加工後の工作物表面には、図2(b)に示すように20×20mmの領域に3種類の加工部位が存在する。

3. 実験結果および考察

3.1 加工面粗さの比較

各面の表面粗さを触針式表面粗さ測定機(東京精密 Surfcom 1900D 新JIS基準)を用いて計測した。測定は、各面につき10カ所測定し、最大最小を除いた8点の平均値を測定値とした。算術平均粗さRaのほか、最大高さRz、スキューネスRsk、クルトシスRku等多くのパラメータについて比較したが、いずれもRaの傾向と同様の傾向を示したため、ここでは代表値としてRaの比較を図3に示す。図3は、3種類の鋼材に対する3種の加工条件の違いである。図より、いずれの材料においてもSi粉末放電加工により、ベース加工面に対して面粗さの向上が確認でき、特にSKD61では、約半分の値Ra 0.34μmを示した。ただし、Si粉末混入加工でも3種の鋼材の中でSKD11は、面粗さの向上率ももっとも小さい。またAl粉末混入加工では、ベース加工面の表面粗さとほぼ同等であり、Si粉末混入のような面粗さ向上の効果を確認することが出来なかった。図4には、各加工面のSEM観察写真を示す。全て同一倍率で観察している。これら写真より、ベース加工の放電痕の大きさは40μm程度であるのに対して、Si粉末

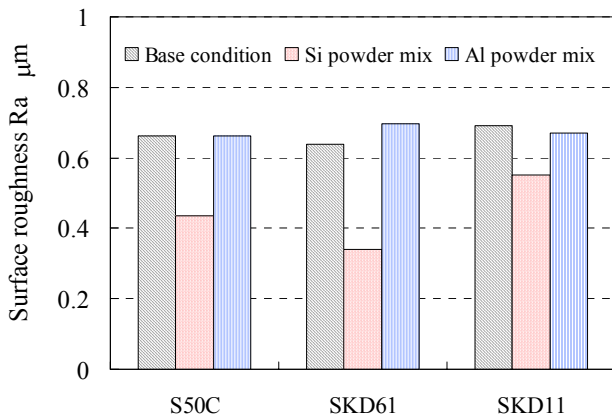


Fig.3 Comparison of surface roughness Ra

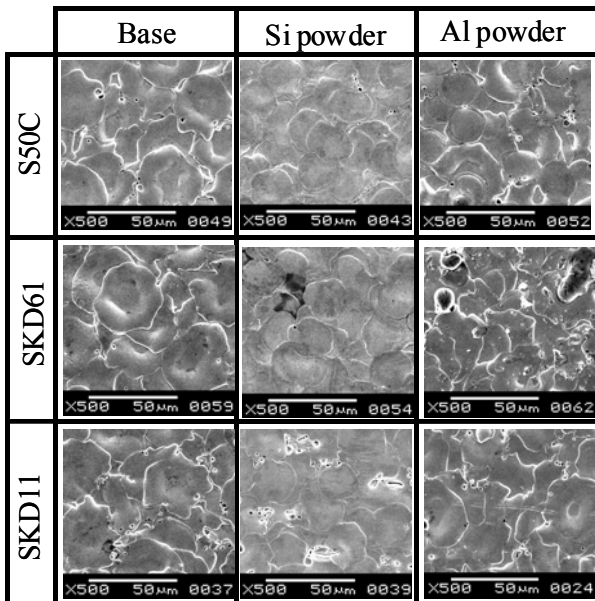


Fig.4 SEM photograph of each machining surface

混入加工では30μm程度以下の大きさを示しており、さらに放電痕外周部の盛り上がりも小さいように観察される。面粗さが向上したのは電流値の低減による放電痕サイズと盛り上がり高さの減少が要因と考えられる。一方、Al粉末混入加工においては放電痕の大きさはベース加工よりも小さなものも観察されるが、同等程度の大きさのものもあり、Si粉末混入放電加工面のように均一ではない。さらに、放電痕外周部の盛り上がりも多少あるように観察される。放電条件は同一にもかかわらず、混入粉末の違いにより放電痕の大きさや外周部盛り上がりなどに違いが生じるのは、極間距離や放電頻度の違いなどが考えられるが、本実験において両者の計測は行っておらず、今後の確認課題として残る。鋼材種の違いにおいては、過去の論文に報告があるように、SKD11の加工面、特に放電痕の外周部にピットのような小さな凹部が観察され、そのために表面粗さがSKD61に比較して悪化していることが考えられる。

3.2 光沢度の比較

加工面の鏡面化の度合いを比較するために、光沢度計(HORIBA IG-331)による計測を行った。測定条件は、入射角60°、受光角-60°、光源LED波長890nmであり、2カ所の測定値の平均である。また、光沢度は数値が大きいほど光沢度が高いことを示す。図5に比較結果を示す。図よりいずれの鋼種においても、Si粉末混入放電加工において光沢度が高く、なかでもSKD61の値がもっとも高い。同じSi粉末混入放電加工においてもSKD11が低い値を示すが、この傾向は図3の表面粗さの結果と強い相関が認められる。一方、ベース加工とAl粉末混入放電加工の加工面はほぼ同等の値を示し、Si粉末混入放電加工の値の1/5程度であった。

4. まとめ

粉末混入放電加工における加工面性状について鋼材種や混入粉末を変化させた加工を行い比較した結果、以下の結論を得た。

- (1) 3種の鋼材とも、Si粉末混入加工のほうがAl粉末混入加工よりも表面性状が良くなり、値は最大1/2程度まで減少する。
- (2) SKD11の加工面が悪くなる理由は、加工面に観察される小さなピットと放電痕外周部の盛り上がり高さの残存による。
- (3) 表面粗さRaと光沢度の測定値には、強い相関があることがわかった。

参考文献

- (1) 毛利尚武ほか、大面積仕上放電加工の研究、精密工学会誌、Vol.53, No.1, (1987), pp.124-130.
- (2) 毛利尚武ほか、粉末混入加工液による放電仕上加工、電気加工学会誌、Vol.25, No.49, (1991), pp.47-61.
- (3) 増井清徳ほか、金型製作における放電加工面のトラブル事例とその対策、電気加工学会誌、Vol.34, No.76, (2000), pp.42-49.

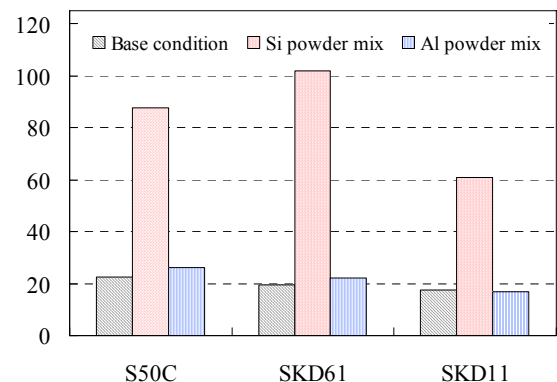


Fig.5 Comparison of glossiness of each machining surface