

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-168374
(P2008-168374A)

(43) 公開日 平成20年7月24日(2008.7.24)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 4 B 27/06 (2006.01)	B 2 4 B 27/06 H	3 C 0 5 8
B 2 8 D 5/04 (2006.01)	B 2 8 D 5/04 C	3 C 0 6 9

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2007-2431 (P2007-2431)
(22) 出願日 平成19年1月10日 (2007.1.10)

(71) 出願人 592032636
学校法人トヨタ学園
愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1

(71) 出願人 000110147
トクセン工業株式会社
兵庫県小野市住吉町南山1081番地

(74) 代理人 100093698
弁理士 進藤 純一

(72) 発明者 古谷 克司
愛知県名古屋市天白区久方2-12-1
学校法人トヨタ学園 豊田工業大学内

(72) 発明者 山内 俊之
兵庫県小野市住吉町南山1081番地 トクセン工業株式会社内

最終頁に続く

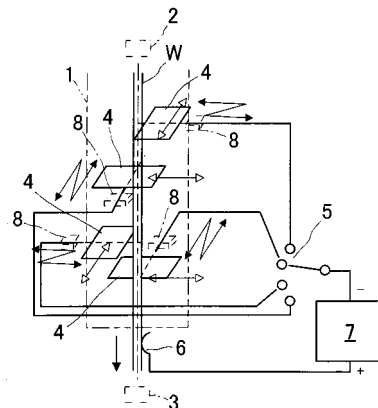
(54) 【発明の名称】 ワイヤ工具、ワイヤ工具の製造方法および放電加工装置。

(57) 【要約】

【課題】固定砥粒式ワイヤ工具のワイヤ表面に任意のパターンで硬質堆積層を形成することができ、繰り返し使用による切断能率の低下を抑えるとともに工具寿命を延ばすことができ、且つ、加工に手間がかからず、容易に生産性を上げることができるようにする。

【解決手段】加工槽1の加工液中でワイヤWを長手方向に走行させつつ電極4を順次切換えて周囲からワイヤWを放電加工し、ワイヤ表面の各電極Wに対向する位置に順次チタンカーバイド等の硬質材を堆積させることにより、ワイヤ表面に螺旋状その他の任意のパターンで局所的にチタンカーバイド等の硬質材の堆積層を形成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

固定砥粒式ワイヤ工具であって、ワイヤ表面に放電加工により硬質材が堆積してなる局所的な堆積層が形成されていることを特徴とするワイヤ工具。

【請求項 2】

前記堆積層が螺旋状に形成されている請求項 1 記載のワイヤ工具。

【請求項 3】

固定砥粒式ワイヤ工具の製造方法であって、硬質材となる粉末材料を混入した加工液中でワイヤを放電加工し、ワイヤ表面の電極に対向する位置に硬質材を堆積させることにより、ワイヤ表面に局所的に硬質材の堆積層を形成することを特徴とするワイヤ工具の製造方法。

10

【請求項 4】

固定砥粒式ワイヤ工具の製造方法であって、ワイヤの周囲複数方向に電極を配置し、硬質材となる粉末材料を混入した加工液中でワイヤを長手方向に走行させつつ電極を順次切換えて周囲からワイヤを放電加工し、ワイヤ表面の各電極に対向する位置に順次硬質材を堆積させることにより、所定のパターンで硬質材の堆積層を形成することを特徴とするワイヤ工具の製造方法。

【請求項 5】

チタン粉末を混入した油液中で放電加工し、ワイヤ表面にチタンカーバイドを堆積させ、チタンカーバイド堆積層を形成する請求項 3 または 4 記載のワイヤ工具の製造方法。

20

【請求項 6】

固定砥粒式ワイヤ工具のワイヤ表面に放電堆積加工により局所的に堆積層を形成するワイヤ工具の放電加工装置であって、硬質材となる粉末材料を混入した加工液を溜める加工槽と、前記加工液中でワイヤを長手方向に走行させるワイヤ送り機構と、前記加工液中で走行するワイヤの周囲複数方向に位置する電極と、前記加工液中で走行するワイヤを順次周方向に位置を変えて放電加工するよう前記電極を順次切換える電極切換え機構と、該電極切換え機構を介して各電極に放電電流を供給するとともにワイヤに給電する放電回路と、各電極をワイヤに対し進退自在とする電極送り機構と、各電極をワイヤ走行方向に対し略平行あるいは斜めに揺動させる電極揺動機構とを備えることを特徴とするワイヤ工具の放電加工装置。

30

【請求項 7】

前記電極が薄板電極である請求項 6 記載のワイヤ工具の放電加工装置。

【請求項 8】

前記電極は前記加工液中の走行するワイヤの周囲 4 方向に配置されている請求項 6 記載のワイヤ工具の放電加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固定砥粒式ワイヤ工具に関する

【背景技術】

40

【0002】

シリコンウエハをインゴットから切り出すスライシング加工等の硬質脆性材料の切断加工に用いられる加工法には、固定砥粒式と遊離砥粒式とがあり、特に、固定砥粒式の砥粒加工法は、例えば固定砥粒式の内周刃ブレードソーを用いるもので、切断能率が高く、スラリーによる環境汚染等の問題が少ないことから広く用いられている。また、例えばシリコンインゴットのスライシング加工では、加工速度を上げるとともに切り代を少なくするため、細いピアノ線等のワイヤ表面に電着によりダイヤモンド砥粒を付着させたワイヤ工具（ダイヤモンド電着ワイヤ工具）を使用するワイヤソーを用いることが提案された。しかし、こうしたダイヤモンド電着ワイヤ工具は、通常はワイヤ表面の全面に砥粒層が形成されたものとなるため、切粉が排出され難く、目詰まりを起こしやすく、連続して使用

50

すると切断能率が低下する。

【0003】

そこで、ダイヤモンド電着ワイヤ工具を、ダイヤモンドの砥粒層がワイヤ表面に螺旋状に形成されたものとする。加工液がワイヤ表面の溝を通して加工部に円滑に供給され、切粉が洗い流されて砥粒の磨耗や目詰まりが低減され、切断能率の向上と長寿命化を図ることが考えられた。そして、そのような螺旋状に砥粒層を形成する手段として、ピアノ線の全周にニッケルメッキを施した後、その上にフッ素樹脂をコーティングし、その樹脂を研削加工により螺旋状に除去し、露出したニッケルメッキ上に電着によりダイヤモンド砥粒を含む砥粒層を形成することが提案され（例えば、特許文献1参照。）、また、ピアノ線の全周にニッケルメッキを施した後、その上に螺旋状にフッ素樹脂をコーティングし、樹脂が付着していないワイヤ周面のメッキ層表面に電着によりダイヤモンド砥粒を含む砥粒層を形成することが提案された（例えば、特許文献2参照。）。このようにして螺旋状にダイヤモンドの砥粒層を形成することで、その螺旋状の砥粒層の間に凹条（チップポケット）が形成され、これが、シリコンインゴット等の硬質脆性材料の切断時に加工液を巻き込んで加工部に供給し、切粉の排出を容易にするよう機能する。そのため、ワイヤ工具の繰り返し使用による切断能率の低下を抑えるとともにワイヤ工具の寿命を延ばすことができる。なお、一旦全周に付着した砥粒層を研削加工により螺旋状に除去することも考えられるが、そうするためには、ワイヤソーの直径200 μ m程度の細いワイヤの表面に電着により付着した数十 μ m以下の砥粒層を除去するための高精度な機械が必要となり、製造コストが高くなる。

10

20

【0004】

また、ワイヤ表面に螺旋状にダイヤモンドの砥粒層を形成するのに、フッ素樹脂を螺旋状に研削したり、螺旋状にフッ素樹脂をコーティングしたりする工程が必要となるのでは、生産性を上げることが困難で、製造コストが高くなるということから、2本の素線ワイヤ（ピアノ線）を撚り合わせて、その表面にダイヤモンド砥粒等の砥粒を一様に電着したワイヤ工具も提案されている（例えば、特許文献3参照。）。このワイヤ工具は、ワイヤ外径に沿って螺旋状に膨らんだ砥粒層が形成され、素線相互の間に形成される螺旋状の谷部（チップポケット）が加工液及び切粉の通路となる。そのため、目詰まりを防いで切断能率の低下を抑えることができる。しかし、このように撚り線を芯としてその表面に砥粒を電着する方法では、螺旋状に膨らんだ砥粒層および素線相互間のチップポケットのパターンが撚りのピッチで決まってしまう、任意にパターンを変更することができない。

30

【0005】

一方、本発明者らは、タングステンカーバイドとコバルトの粉体を混合して圧縮した圧粉体を液中放電加工の電極として用いることでワイヤ表面にタングステンカーバイド層を形成することを提案している（例えば、特許文献4参照。）。

これは、液中放電で被加工物に放電表面処理又は研削加工を行う放電表面処理において、放電表面処理用電極とワイヤ電極との間に放電を発生させて放電エネルギーによりワイヤ電極表面に放電表面処理材料を付着させるというもので、これを固定砥粒式ワイヤ工具製造に応用し、放電加工によってワイヤの表面に硬質の堆積層を形成することも考えられる。しかし、この圧粉体電極を用いた放電堆積加工によれば、理論的には圧粉体電極と対向する部分に堆積が生じるが、ワイヤ工具の堆積層のパターンを細かく形成するためには、圧粉体電極の表面に細かい溝を付けることが必要で、そのような細かい溝を付けたのでは、機械的強度が低下するため、実際には電極として用いることができなくなる。また、この圧粉体電極を用いる放電堆積加工は、ドーナツ形またはU字型の圧粉体電極を円揺動させてワイヤ電極の全周に放電表面処理材料を付着させるもので、処理を続けると電極の穴が大きくなるため、長時間の処理が難しく、また、電極の交換が面倒である。また、この放電堆積加工には、堆積層のパターンを形成するという概念がない。そのため、固定砥粒式ワイヤ工具の表面に任意のパターンで堆積層を形成するためにこれをそのまま転用するというわけにはいかない。

40

【0006】

50

また、本発明者らは、改質材料あるいは改質材料の元となるチタンなどの粉末材料を加工液に混入し、改質物質濃度を高くした状態で、チタン電極と被処理材である鋼材の表面との間で放電させることにより被処理材の表面に改質物質（炭化チタン）を浸透させるとともに厚く堆積させることを提案している（例えば、特許文献5参照。）。そして、チタン粉末を混入した加工油中で放電加工する場合に、細線電極を用いれば平板上に堆積層を形成できることを確認している。しかし、この技術も、それをそのまま転用して固定砥粒式ワイヤ工具の表面に任意のパターンで堆積層を形成できるというものではない。

【0007】

その他、ワイヤソー用のワイヤ工具の加工に放電加工を利用したものとしては、ワイヤと被加工物との摩擦面に砥粒が十分介在できるよう、ショットブラストや放電加工等により、ワイヤの表面に穴を形成し、穴に入った砥粒を逃がさないようにすることで切断効率を向上させるというものが知られている（例えば、特許文献6参照。）。しかし、これは、ワイヤ表面に堆積層を形成するものでなく、これを転用して固定砥粒式のワイヤ工具表面に任意のパターンで堆積層を形成するということとはできない。

10

【0008】

- 【特許文献1】特開平7-96454号公報
- 【特許文献2】特開平9-254008号公報
- 【特許文献3】特開平11-277398号公報
- 【特許文献4】特開2001-252830号公報
- 【特許文献5】特開2000-256875号公報
- 【特許文献6】特開2000-288901号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

したがって、固定砥粒式ワイヤ工具を、切断加工時に加工液を巻き込んで加工部に供給するとともに切粉の排出を容易とし目詰まりを抑制するよう機能するチップポケットができるようワイヤ表面に任意のパターンで硬質堆積層を形成することができて、繰り返し使用による切断能率の低下を抑えるとともに工具寿命を延ばすことができ、且つ、加工に手間がかからず、容易に生産性を上げることができるとすることが課題である。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、シリコンウエハをインゴットから切り出すスライシング加工等に使用したり、パイプ等管状部材の内周研磨等に使用する固定砥粒式ワイヤ工具を、ワイヤ表面の堆積層の間に材料の切断時に加工液を巻き込んで加工部に供給するとともに切粉の排出を容易とし目詰まりを抑制するよう機能するチップポケットができるようワイヤ表面に容易に任意のパターンで硬質堆積層を形成することができるワイヤ工具および該ワイヤ工具の製造方法並びに放電加工装置を提供する。

【0011】

本発明のワイヤ工具は、固定砥粒式ワイヤ工具であって、ワイヤ表面に放電加工により硬質材が堆積してなる局所的な堆積層が螺旋状その他のパターンで形成されていることを特徴とする。

40

【0012】

このようにワイヤ表面に放電加工により硬質材が堆積してなる螺旋状等の局所的な堆積層が形成されていることにより、堆積層の間に材料の切断時に加工液を巻き込んで加工部に供給するとともに切粉の排出を容易とし目詰まりを抑制するよう機能するチップポケットが形成される。そのため、繰り返し使用による切断能率の低下を抑えるとともに工具寿命を延ばすことができる。そして、放電加工で堆積層を形成するため、容易に螺旋状その他の任意のパターンで局所的な堆積層を形成することができ、加工に手間がかからず、容易に生産性を上げることができる。このワイヤ工具は、シリコンインゴット等の硬質脆性材料の切断加工に好適であり、その他、アルミニウムや銅などの目詰まりしやすい金属や

50

樹脂、木材など、様々な材料の切断加工に使用することができ、また、パイプ等管状部材の内面研磨にも使用できる。

【0013】

このワイヤ工具は、硬質材となるチタン等の粉末材料を混入した油液中でワイヤを放電加工し、ワイヤ表面の電極に対向する位置にチタンカーバイド等の金属炭化物その他の硬質材を堆積させることにより、ワイヤ表面に局所的にチタンカーバイド等の硬質材の堆積層を形成する方法で製造することができ、特に、ワイヤの周囲複数方向（例えば4方向）に電極を配置し、硬質材となるチタン等の粉末材料を混入した加工液中でワイヤを長手方向に走行させつつ電極を順次切換えて周囲からワイヤを放電加工し、ワイヤ表面の各電極に対向する位置に順次チタンカーバイド等の硬質材を堆積させることにより、螺旋状その他の任意のパターンでチタンカーバイド等の硬質材の堆積層を形成した長尺のワイヤ工具を製造することができる。

10

【0014】

そして、この製造方法でワイヤ工具を製造するための放電加工装置は、硬質材となる粉末材料を混入した加工液を溜める加工槽と、加工液中でワイヤを長手方向に走行させるワイヤ送り機構と、加工液中で走行するワイヤの周囲複数方向（例えば周囲4方向）に位置する薄板電極等の電極と、加工液中で走行するワイヤを順次周方向に位置を変えて放電加工するよう電極を順次切換える電極切換機構と、該電極切換機構を介して各電極に放電電流を供給するとともにワイヤに給電する放電回路と、電極交換を容易にするとともに電極の磨耗（消耗）の度合いに合わせて先端位置を調整するために各電極をワイヤに対し進退自在とする直動型の電極送り機構と、偏磨耗を防ぐために各電極をワイヤ走行方向に対し略平行あるいは斜めに揺動させる電極揺動機構とを備えたものとするのがよい。

20

【0015】

1箇所の電極による1方向からの放電処理で、ワイヤ表面の周方向に約90度程度の範囲に硬質材が堆積する。そして、このように1方向からの処理で約1/4周に堆積するため、4方向に電極を配置することでワイヤを1周する範囲に硬質材を堆積させることができ、ワイヤを送りながら4方向から放電処理を行うことで、螺旋状や不連続突起状などの堆積層を任意のパターンで形成することができる。

【0016】

この放電加工装置は、電極送り機構を後退させることで容易に電極を交換できるものであり、そのため、長時間の処理にも対応できる。

30

【0017】

電極切換機構は、例えば時分割により電極を切換える。それにより、放電回路の稼働率が向上し、効率的な放電堆積加工が行える。勿論、放電回路を電極毎に設けてもよい。

【0018】

電極揺動機構は、電極をワイヤ走行方向に対し略平行あるいは斜めに揺動させる。それにより、電極の偏磨耗が抑制される。電極の揺動方向がワイヤ走行方向と平行の場合には、電極の幅と略同じ幅の堆積層が形成される。また、電極の揺動方向がワイヤ走行方向と平行でない場合には、電極の幅より広い幅の堆積層が形成され、また、揺動する電極によって加工液が攪拌され極間への供給が促進される。

40

【0019】

加工されるワイヤの走行方向は、略垂直方向、略水平方向あるいは斜め方向のいずれでもよい。

【0020】

電極の形状は薄板に限定されず、細線や、棒状電極の先端をくし歯状にしたものでもよい。

【0021】

また、電極は、1箇所の電極毎に平行に配置した複数枚の薄板電極で構成することもできる。その場合は、それら複数枚の薄板電極のすべてからワイヤに放電できるように、予め各先端位置（電極間隙）を調整しておく。こうすることで、幅の広い砥粒層を形成する

50

ことができる。また、このように電極毎に複数枚の薄板電極で構成する場合に、電極毎にそれら複数枚の薄板電極をワイヤに対し一体に進退自在とする共通の電極送り機構と、各薄板電極を個別にワイヤに対し進退自在として個々の薄板電極の先端位置（電極間隙）を調整可能とする個別送り機構を備えたものとすることもできる。

【発明の効果】

【0022】

このように、本発明によれば、固定砥粒式ワイヤ工具を、切断加工時に加工液を巻き込んで加工部に供給するとともに切粉の排出を容易とし目詰まりを抑制するよう機能するチップポケットができるようワイヤ表面に任意のパターンで硬質堆積層を形成することができ、繰り返し使用による切断能率の低下を抑えるとともに工具寿命を延ばすことができ、且つ、加工に手間がかからず、生産性が高いものとすることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明の実施形態を図1～図6に基づいて説明する。図1は放電加工装置の構成図、図2はワイヤ表面の堆積層の形状の一例を示す説明図、図3はワイヤ表面の堆積層の形状の他の例を示す説明図、図4は放電加工装置の電極の変形例の構成図、図5は放電加工装置の電極の他の変形例の構成図、図6はワイヤ表面の堆積層の各種パターン（a）～（d）の説明図である。

【0024】

図1に示す放電加工装置は、硬質材となるチタン等の金属若しくは金属化合物その他の粉末材料を混入した加工液を溜める加工槽1と、加工液中でワイヤWを長手方向に走行させるワイヤ送り機構としての送り出しローラ2および巻き取りローラ3と、加工液中で走行するワイヤWの周囲4方向に所定のピッチでワイヤ走行方向にずれた配列あるいは対面配列で位置する電極4（薄板）と、加工液中で走行するワイヤWを順次周方向に位置を変えて放電加工するよう電極4を順次切換える電極切換え機構としての切換えスイッチ5と、切換えスイッチ5を介して各電極4に放電電流を供給するとともに給電子6を介してワイヤWに給電する放電回路7と、電極交換を容易にするるとともに電極の磨耗（消耗）の度合いに合わせて先端位置を調整するために各電極4をワイヤWに対し進退自在とする直動型の電極送り機構としての送りサーボに偏磨耗を防ぐために各電極4をワイヤ走行方向に対し略平行あるいは斜めに揺動させる電極揺動機構としての揺動サーボを一体化したサーボユニット8とを備えている。

20

30

【0025】

この実施形態は、シリコンウエハをインゴットから切り出すスライシング加工等に使用する固定砥粒式ワイヤ工具を製造するもので、加工槽1の加工液中でワイヤWを長手方向に走行させつつ電極4を順次切換えて周囲からワイヤWを放電加工し、ワイヤ表面の各電極Wに対向する位置に順次チタンカーバイド等の硬質材を堆積させることにより、ワイヤ表面に螺旋状その他の任意のパターンで局所的にチタンカーバイド等の硬質材の堆積層を形成する。

【0026】

1箇所の電極4による1方向からの放電処理で、ワイヤ表面の周方向に約90度程度の範囲に硬質材が堆積する。そして、このように1方向からの処理で約1/4周に堆積するため、4方向に電極を配置することでワイヤWを1周する範囲に硬質材を堆積させることができ、ワイヤWを送りながら4方向から放電処理を行うことで、図2に示すような螺旋状や、図3に示すような不連続突起状その他任意のパターンの堆積層Tを形成することができる。

40

【0027】

このようにワイヤ表面に放電加工により硬質材が堆積してなる螺旋状等の局所的な堆積層Tが形成されることにより、堆積層Tの間に切断加工時に加工液を巻き込んで加工部に供給するとともに切粉の排出を容易とし目詰まりを抑制するよう機能するチップポケットが形成される。そのため、繰り返し使用による切断能率の低下を抑えるとともに工具寿命

50

を延ばすことができる。そして、放電加工により硬質堆積層を形成するため、容易に螺旋状その他の任意のパターンで局所的な堆積層を形成することができ、加工に手間がかからず、容易に生産性を上げることができる。このワイヤ工具は、シリコンインゴット等の硬質脆性材料の切断加工に好適であり、その他、アルミニウムや銅などの目詰まりしやすい金属や樹脂、木材など、様々な材料の切断加工に使用することができる。

【0028】

切換えスイッチ5（電極切換え機構）は、例えば時分割により電極4を切換える。それにより、放電回路7の稼働率が向上し、効率的な放電堆積加工が行える。勿論、放電回路を電極毎に設けてもよい。

【0029】

サーボユニット8が構成する電極揺動機構は、電極4をワイヤ走行方向に対し略平行あるいは斜めに揺動させる。それにより、電極4の偏磨耗が抑制される。電極4の揺動方向がワイヤ走行方向と平行の場合には、電極4の幅と略同じ幅の堆積層Tが形成される。また、電極4の揺動方向がワイヤ走行方向と平行でない場合には、電極4の幅より広い幅の堆積層Tが形成され、また、揺動する電極4によって加工液が攪拌され極間への供給が促進される。

【0030】

加工されるワイヤWの走行方向は、略垂直方向、略水平方向あるいは斜め方向のいずれであってもよい。

【0031】

また、電極4の形状は薄板に限定されず、細線や、棒状電極の先端を薄歯状にしたものでよい。

【0032】

また、電極4は、1箇所の電極毎に、図4に示すように平行に配置した複数枚（図の例では5枚）の薄板電極4aで構成することもできる。その場合は、それら複数枚の薄板電極4aのすべてからワイヤWに放電できるように、予め各先端位置（電極間隙）を調整しておく。こうすることで、幅の広い堆積層Tを形成することができる。また、このように電極毎に複数枚の薄板電極4aで構成する場合に、電極毎にそれら複数枚の薄板電極4aをワイヤWに対し一体に進退自在とする共通の電極送り機構8aと、各薄板電極4aを個別にワイヤWに対し進退自在として個々の薄板電極4aの先端位置（電極間隙）を調整可能とする個別送り機構8bを備えるようサーボユニット8を構成することもできる。電極4は、また、図5に示すように、棒状電極の先端をくし歯状にしたものであってもよい。

【0033】

図1の装置は1台でもよいが、複数の装置を同一のワイヤに対してワイヤ走行方向に並べて設けることで、さらに生産性を向上することができる。

【0034】

図6は、ワイヤWの周囲4方向に電極4を配置した場合のワイヤ表面の堆積層の各種パターンをワイヤWの周方向展開図で示している。堆積層の形状は、電極4の厚さ（h）、電極配列のピッチ（p）、電極切り換わり毎のワイヤWの送り量（f）の関係により、様々なパターンとなる。例えば、同図（a）は、 $p = f$ の場合で、この場合はリング状に堆積層Tが形成される。同図（b）は、 $|p - f| = h / 4$ の場合、同図（c）は、 $|p - f| = h / 2$ の場合で、これらの場合は、螺旋状に堆積層Tが形成される（図2に示すパターンがこれに相当する。）。また、同図（d）は、 $|p - f| > h$ の場合で、不連続突起状に堆積層Tが形成される（図3に示すパターンがこれに相当する。）。

【実施例】

【0035】

本発明の有効性を確かめるため、通常有形彫放電加工機を用いて次の条件でワイヤに放電堆積による堆積層を形成した。

堆積層を形成する材料：純チタン粉末（粒径 $2.4 \mu\text{m}$ 以下）、濃度： 50 kg/l 、加工液：油、電極：銅（厚さ 0.5 mm ）、被加工物（ワイヤ）：SUS304（直径 0.2

10

20

30

40

50

mm)、加工位置の間隔：1mm、加工順序：対面方向（電極配列のピッチ： $p = 0$ ）で4箇所

銅電極極性：(-)、電流：4A、パルス幅： $8\mu s$ 、休止時間 $1024\mu s$ 、ジャンプ高さ： $1800\mu m$ 、ジャンプ間隔1s、ジャンプ速度： $300mm/min$ 、1箇所の加工時間：30s、電極揺動：なし

【0036】

放電堆積加工後のワイヤの外観を図7、図8に示す。電極の厚さに相当する $0.5mm$ 程度の幅の砥粒堆積が観察される。砥粒層の厚さは最大で $20\mu m$ 程度である。

【0037】

このワイヤを用いて、直径 $5mm$ のソーダ石灰ガラス棒を切断した。その際、ワイヤに切込荷重をかけ、クランク機構を用いて工作物を往復させた。加工条件は次の通りである。

切込荷重： $4.5N$ 、平均往復速度： $8m/min$ 、ストローク： $60mm$ 、切削液：水溶性加工液50倍希釈

【0038】

500往復ごとに測定した加工断面積と往復回数の関係を図9に示す。500往復までの加工速度に比べてそれ以降の加工速度は小さいが、ほぼ一定で低下しなかった、2890往復後ワイヤが断線したため加工を中止した。溝幅は $0.29mm$ であった。堆積層がワイヤ表面全面に付着していないため、切粉が逃げる場所ができ、加工速度が低下しなかった。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明の実施形態に係る放電加工装置の構成図である。

【図2】本発明の実施形態におけるワイヤ表面の堆積層の形状の一例を示す説明図である。

【図3】本発明の実施形態におけるワイヤ表面の堆積層の形状の他の例を示す説明図である。

【図4】本発明の実施形態に係る放電加工装置の電極の変形例の構成図である。

【図5】本発明の実施形態に係る放電加工装置の電極の他の変形例の構成図である。

【図6】本発明の実施形態におけるワイヤ表面の堆積層の各種パターン(a)～(d)の説明図である。

【図7】本発明の実施例の放電加工後のワイヤの外観を示す倍率175の顕微鏡写真である。

【図8】本発明の実施例の放電加工後のワイヤの外観を示す倍率450の顕微鏡写真である。

【図9】本発明の実施例の放電加工後のワイヤによる切断加工の試験結果を示すグラフである。

【符号の説明】

【0040】

- 1 加工槽
- 2 送り出しローラ
- 3 巻き取りローラ
- 4 電極
- 5 切換えスイッチ
- 6 給電子
- 7 放電回路
- 8 サーボユニット
- W ワイヤ
- T 砥粒層

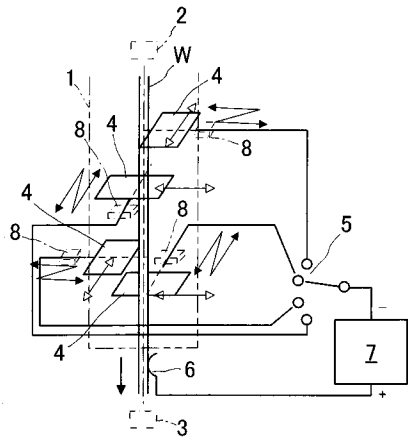
10

20

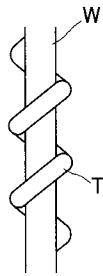
30

40

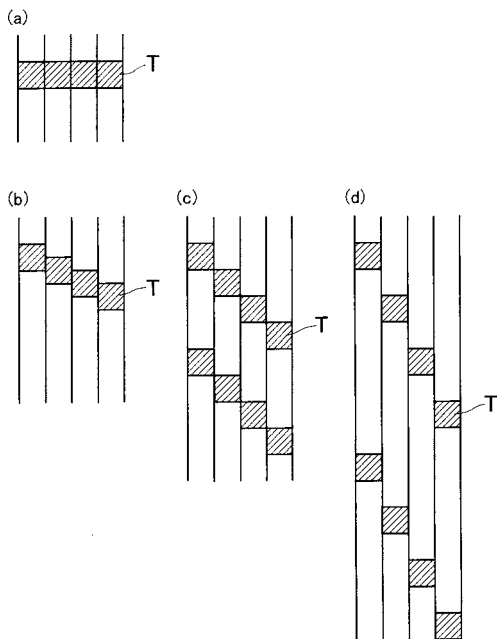
【 図 1 】



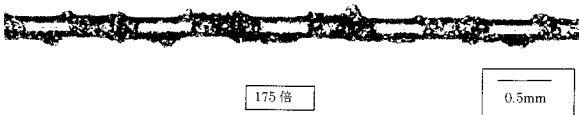
【 図 2 】



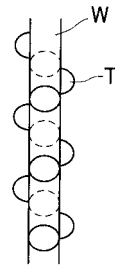
【 図 6 】



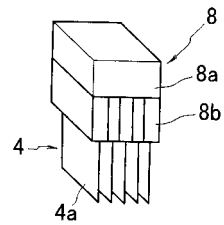
【 図 7 】



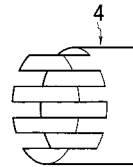
【 図 3 】



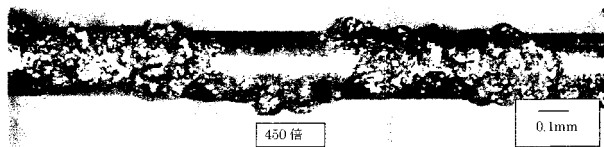
【 図 4 】



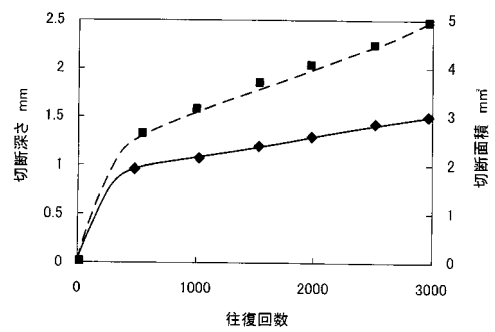
【 図 5 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 大上 寛之

兵庫県小野市住吉町南山 1 0 8 1 番地 トクセン工業株式会社内

Fターム(参考) 3C058 DA02 DA03

3C069 AA01 BA06 BB01 BB02 CA04 CA08