

液体ボンド砥石を用いた高能率研磨法の開発 (第1報)

—液体ボンド砥石の製造方法とその加工特性—

Development of High-Efficient Finishing Process Using Abrasives Bonded by Liquid (1st Report)

—Manufacture of Abrasives Bonded by Liquid and Its Application to Finishing Process—

谷 泰 弘*・河 田 研 治*

Yasuhiro TANI and Kenji KAWATA

1. は じ め に

半導体関連分野等において製品の量産化が進められるにしたがい、各部材の最終加工工程である研磨加工技術の高能率・高精度化に対する要求はさらに高まっている。こうした観点より言えば、現状のポリシング加工は比較的柔らかい工具であるポリシャに砥粒を散布して加工を行うために、その加工単位が小さく、高精度な研磨が可能となるが加工能率は低い。また、工具の弾性のために、面だれやうねりが生じやすいうえに、ポリシャの回転速度が大きくなり遠心力が大きくと作用すると、散布砥粒を加工領域に十分供給することができなくなるために、高速度研磨が困難という問題点を有している。

一方、筆者らは磁性流体の磁気浮揚現象を応用した研磨法を開発した。^{1)~3)} この研磨法は、浮揚した砥粒と磁性流体との混合物により形成された粘土層に加工物を押し付けその位置で保持することで、粘土層に作用する磁気浮揚力を加工圧として研磨を行うもので、作用砥粒数が多いために、達成される精度のわりには高い能率が実現できる。しかし、この研磨法で得られる加工圧は、磁性流体の磁化と加工域の磁場の強さにより決定され、現在入手できる磁性流体や磁石ではあまり大きいものとならないため、この研磨法の加工能率はその達成しうる加工圧での現状のポリシングと同程度であった。

そこで、上記の磁気浮揚研磨法で生成される表層の粘土層 (液体ボンド砥石) のみを取り出し、これに加工物を一定圧力で押しあてて磁場の作用のない状態にて研磨を行った。その結果、上記のポリシングの問題点を克服する可能性を有した研磨法が構成できたので報告する。

2. 磁気浮揚研磨法での磁場の効果

磁気浮揚研磨法での磁場の効果については、既報³⁾にて報告した。それによれば、磁場が作用しているときには磁気浮揚現象が生じ、磁気浮揚力に相当する加工圧が常に加工物に作用する。一方、磁場が作用していないと、

研磨開始当初に切込み量に依存する加工圧が発生するが、加工物が定位置に保持されているために、加工物と研磨剤との次の接触時における切込み量 (前回の接触時における切り残し量に相当する) が減少し、加工圧は次第に小さくなる。また、このとき発生する加工圧は、砥粒添加率が多いほど高い値を示し、加工能率はそれに依りて増加する。

以上のことから考えれば、加工圧が持続する形態をとることができれば、磁場の作用がなくても作用砥粒数の多い効率のよい研磨法が構成できる。すなわち、磁気浮揚研磨法のように加工物を定位置に保持することやめ、通常の研磨法のような定圧切込み方式をとればよい。このように磁場を利用しない方法では、砥粒を保持する液体として、磁性流体を使用する必要性がなくなる。そうした観点より開発したのが、液体ボンド砥石を用いた研磨法である。

3. 液体ボンド砥石の製造方法

液体ボンド砥石と本論文で称している工具は、平均粒径が1~30 μm 程度の砥粒を最密状態に充填し、この間隙を適当な液体あるいは流動物で満たし圧縮成形したものであり、図1にその一例を示す。図1の液体ボンド砥石は、炭化珪素系砥粒 C # 3000 にアイコシルナフタリン

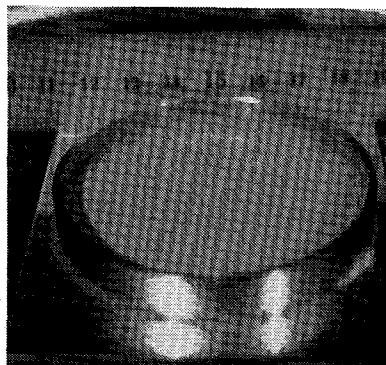
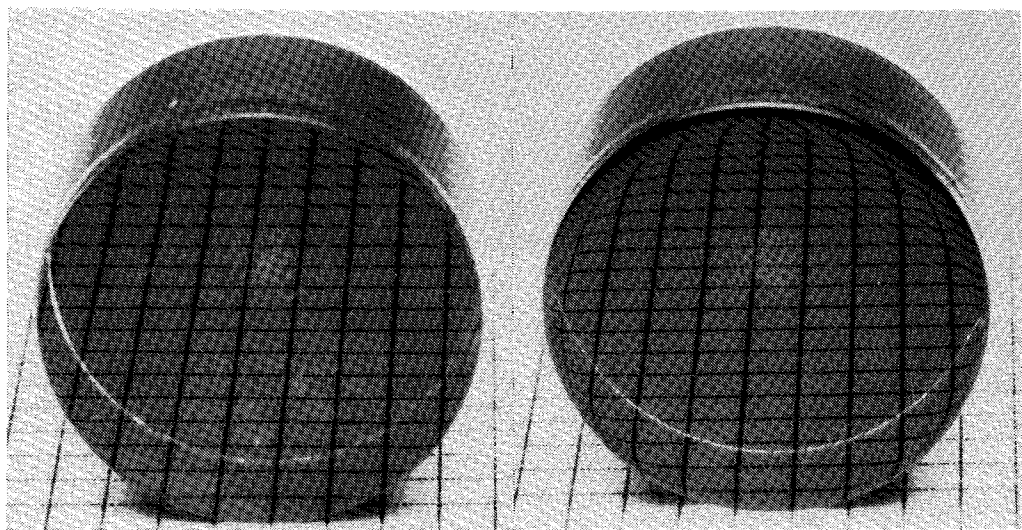


図1 液体ボンド砥石の外観

* 東京大学生産技術研究所 第2部



(a)液体ボンド砥石を用いた研磨法

(b)通常のポリシング (ポリシャ: ポリウレタン)

図3 液体ボンド砥石を用いた研磨法による仕上げ面の性状
(加工物: アクリル樹脂, 加工圧: 48.5 kPa)

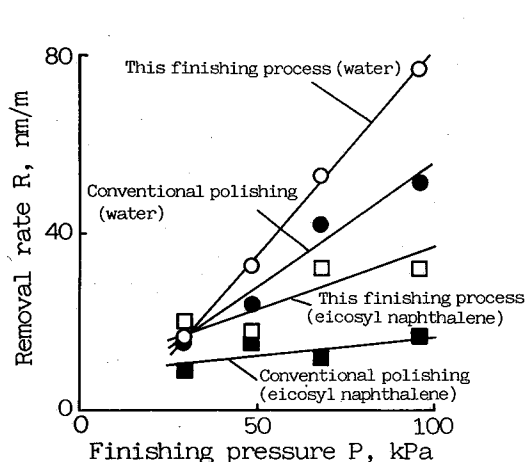


図4 液体ボンド砥石を用いた研磨法での加工圧と加工能率の関係 (加工物: シリコン単結晶)

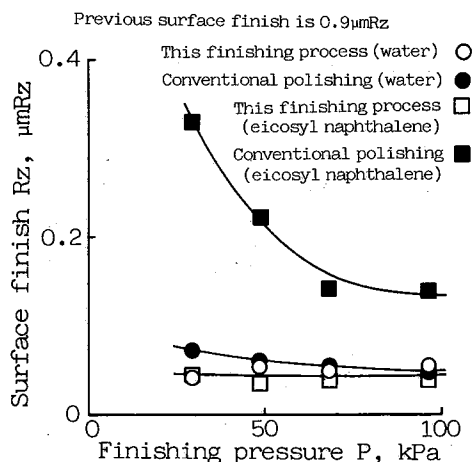


図5 液体ボンド砥石を用いた研磨法での加工圧と加工精度の関係 (加工物: シリコン単結晶)

リシングよりもはるかに優れた加工を行うことができる。これは、本研磨法の液体ボンド砥石が通常のポリシャのような弾性を有していないために、液体ボンド砥石に対して加工物はその形状通りに食い込むためである。

5.2 液体ボンドの種類による加工特性

図4と図5には、加工物をシリコン単結晶とし研磨液(液体ボンドの場合には結合剤に相当する)として水とアイコシルナフタリンを使用したときの、本研磨法と通常のポリシングでの加工能率あるいは加工精度の加工圧による変化を示す。これを見れば、水を研磨液としたほう

がいずれの研磨法の場合にも加工能率は優れており、このことは加工物と研磨液の親和性が、液体ボンド砥石においても通常の研磨法と同様に議論できることを示している。一方、加工精度は液体ボンドとしてのアイコシルナフタリンを使用したときのものが最も優れており、研磨液が水の場合には本研磨法でも湿式ポリシングでもほぼ同程度の値を示している。しかし、研磨液としてアイコシルナフタリンを用いると、その潤滑性のために加工精度は悪く、この傾向は加工圧が小さいほど顕著である。

加工特性として本研磨法と通常のポリシングを比較す

研 究 速 報

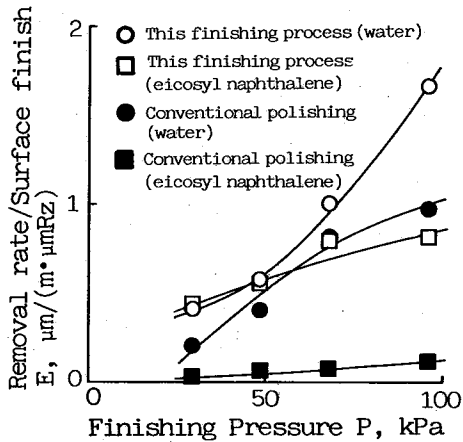


図6 液体ボンド砥石を用いた研磨法での加工圧と加工特性の関係(加工物:シリコン単結晶)

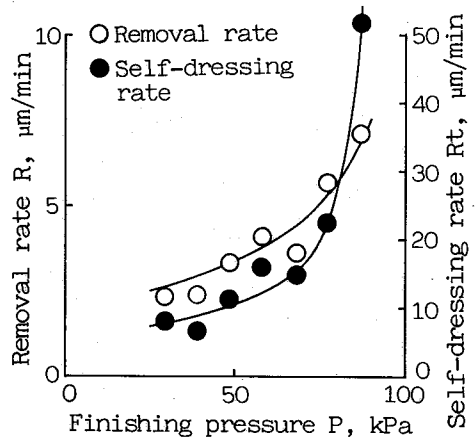


図7 液体ボンド砥石のセルフドレッシング量

るために、加工能率を仕上げ面粗さ(R_z)で除した値をその評価関数として表示したのが、図6である。これによれば、加工圧が高いほど本研磨法の優位性が現れることがわかる。

5.3 液体ボンド砥石のドレッシング方法

ここで使用している液体ボンド砥石は、砥粒が液体で柔らかく保持されているために、アルミニウムのような特に粘り材料等の加工を除いては、図7のアクリル樹脂の場合に示されるように液体ボンド砥石が加工中に自然と削り取られ、セルフドレッシングが生じる。このため、研磨開始当初の高い加工能率が維持される。

しかし、材料によっては次第に液体ボンド砥石が目づまりを起こし、加工能率は低下する。そこで、市販されている通常のけがき針を使用して強制的に機械的なドレッシングを行ったところ、シリコン単結晶の場合に加工圧30 kPaで $0.02 \mu\text{m}/\text{min}$ の加工能率を得た。しかし、このようなシングルポイントの工具でドレッシングを行うと、作用砥粒面には螺旋状のねじが形成され、かえって加工能率が低下する。このように、このドレッシング方法では作用砥粒面の全面が加工物に接触せず、作用砥粒数を多くし能率を高めるという本研磨法本来の趣旨に反する。そこで、液体ボンドに使用している液体を適宜噴霧し、作用砥粒面を軟化させることによりセルフドレッシング作用を促進された。この方法により、同条件にて $0.06 \mu\text{m}/\text{min}$ の加工能率を得ており、その効果が顕著であることが判る。

6. お わ り に

作用砥粒数が多くその加工圧が大きい高能率な研磨法

として、最密充填状態の砥粒を適当な液体の粘着性により保持した液体ボンド砥石を用いた定圧切込み方式の加工法を開発した。この研磨法によれば、

- (1) 加工能率・加工精度共に従来のポリシングに卓越する研磨法を構成できる。また、特に面だれの少ない加工を行うことができる。
- (2) 液体ボンド砥石は砥粒が液体で柔らかく保持されており、セルフドレッシングが生じる。また、液体ボンドに使用している液体を噴霧すれば、このセルフドレッシングを促進させることができる。
- (3) 液体ボンドに使用している液体と加工物との親和性は、その加工特性に大きな影響を与える。

また、この研磨法での工具は砥粒で満たされており、高加工圧でもその圧力が全て砥粒に作用し能率の高い研磨を行える可能性がある。さらに、液体ボンド砥石という固形化した工具を使用するため、高速度でも遠心力の影響の小さい研磨が行える可能性も有している。

最後に、本研究に関し貴重な御助言をいただいた東京大学生産技術研究所佐藤壽芳教授および今中 治元教授、本実験の遂行に御協力いただいたタイホー工業(株)高尾 正昭君および日本メクトロン(株)青木 洋君に深謝する。

(1985年4月17日受理)

参 考 文 献

- 1) 谷・仙波・河田, 生産研究, 35-12, (昭58), 531.
- 2) 河田・谷・高尾, 生産研究, 36-8, (昭59), 366.
- 3) 高尾・谷・河田, 生産研究, 37-2, (昭60), 76.
- 4) 山本・飯塚, 硬さ, (昭49), 144, コロナ社.