

ユーザー
事例④

ELID研削システム導入による 鏡面研削加工の高精細化と 生産性向上

㈱ケイ・エス・ケイ
中山 忠巳*

当社は、超硬合金材や耐摩耗材の超精密加工を得意とするプロフェッショナル集団である。サブミクロン(1/10,000 mm=0.1 μ m)単位の超精密部品加工が強みで、主に半導体、電子部品、自動車関連部品の製造装置に使用される部品を受注生産している。当社は顧客に対して技術コンサルティングの役割を果たし、単に受けた注成品をそのまま加工するだけでなく、コスト・品質・納期の面から常に新しい視点を意識しながら、顧客に最適な仕様を提案して採用されている。

また、約70台の平面研削盤と2,000枚を超える豊富なダイヤモンド砥石(図1、溝入れ用、凹凸成形用、外形研削用など)を保有し、これまで積み重ねてきた豊富な実績に裏打ちされた最適な加工方法の選定によ

り、 $\pm 0.5\mu\text{m}$ という精度を安定的に実現する高い技術力が特徴である。1個でも100個でも100回つくっても同じ精度でできる加工を行っている。

さらに当社は、超精密加工に最適な環境を実現するため、さまざまな取組みを行っている。加工時に室温が変化すると機械がその影響を受け、精度を保つことができないため、加工から検査までの作業環境が年間を通して $22\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ になるように温度管理(恒温化)をしている。さらに、加工時に発生する粉塵の作業者による吸引や、加工物への再付着を防ぐため、外部集中集塵方式による加工環境のクリーン化を図り、フィルタ濾過した空気を循環して再利用することで、室温の安定化も図っている。

主要製品

当社の主要製品を以下に挙げる。

- ① 半導体組立装置用部品としてタイバーカットダイ・パンチなど。
- ② デジタル機器組立装置用部品としての製造治具など。
- ③ 自動車用部品として扁平電極など。

特に半導体製造におけるトリムフォーム(Trim/Form)工程で使用されるダイヤパンチ、モールドゲートなどの微細加工は、当社の最も得意とする分野の一つで世界トップクラスである。外形平面研削加工精度で $\pm 0.3\mu\text{m}$ を、くし歯ダイ、くし歯パンチ(図2)のピッチで $1\mu\text{m}$ の研削精度を実現している。当社では、研削砥石を使用したグライディングによってくし歯パンチの製作を行っている(図3)。ワイヤ放電加



図1 2,000枚を超える豊富なダイヤモンド砥石

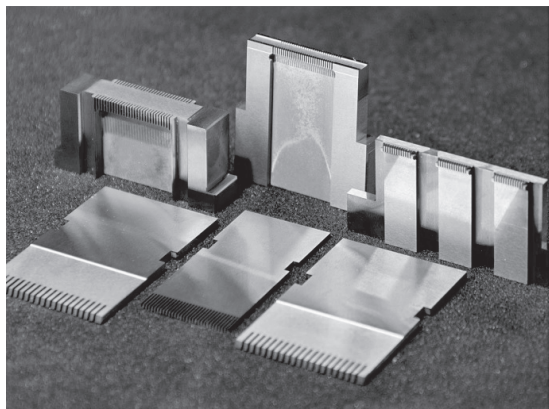


図2 くし歯パンチ

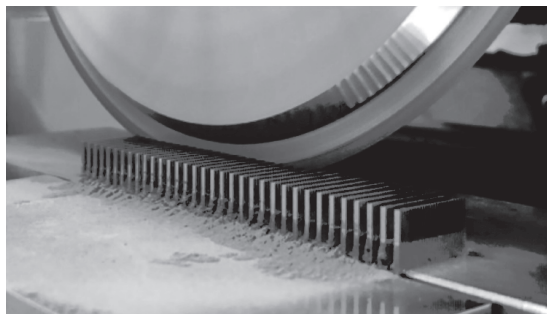


図3 くし歯パンチの製作

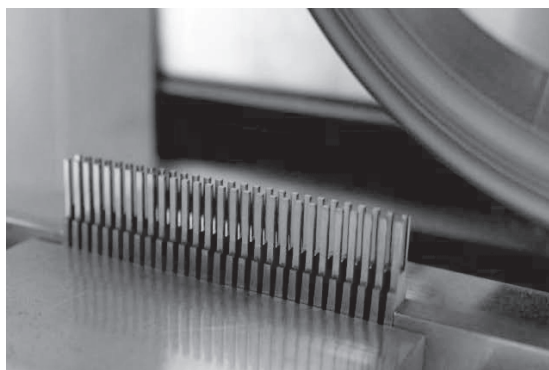


図4 28枚同時加工

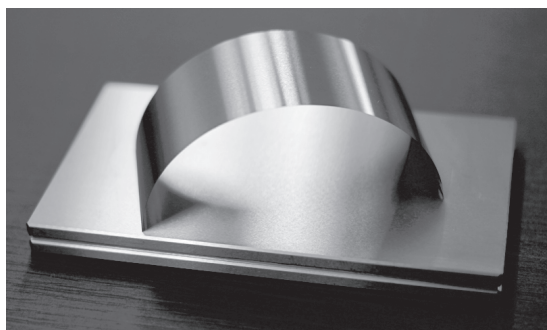


図5 曲がる超硬 ($t=15\mu\text{m}$)

工 (WEDM) では、加工時にタングステンの融点である $3,380^{\circ}\text{C}$ を大きく上回る高温が印加されるため、機能部の耐久性低下につながる。対して研削加工の場合は、タングステンの融点を上回る熱が発生しないため、材料特性変化が極めて小さい。また、同時に多数個を加工するため、製作コストを削減することも可能である。

図4は、半導体製造の後工程に使用される金型部品を自社製の治具を使い、28枚同時に加工している。寸法精度は $1\mu\text{m}$ 以下で、同時加工することで加工時間を大幅に短縮できる。結果、低コスト化、短納期化を図ることができ、顧客に価格・納期面での優位性を確保している。

図5は、当社が得意とする材質の超硬合金をどこまで薄くできるかテスト加工した結果である。厚さ $15\mu\text{m}$ の曲がる超硬合金ができた。

ニッチトップ創出事業

当社は、「令和3年度大分県 LSI クラスタグローバルニッチトップ推進事業（種別：ニッチトップ創出事業）」に申請し、2021年6月に採択された。当該事業は、半導体分野などでこれまで培ってきた自社の強みをさらに高めるための製品競争力の強化など、試作を伴う開発事業に対して支援が行われる。また、この事業を通じて、LSI クラスタ会員が強みを再確認し、その競争力がいっそう強化されることで、地域の雇用と経済の拡大に寄与することを目的として実施される。

ニッチトップ創出事業の事業名は、「ELID 研削システム導入による鏡面研削加工の高精細化と生産性向上」とした。事業の目的は、半導体製造の後工程に使用される金型部品製造で培った超精密加工技術と ELID 研削システムを組み合わせることで、現状の課題を解決し、自社の強みをさらに強化して顧客への価値提供を促進していくことにある。

現状の課題と解決手段

当社の加工品はニッチ市場に向けた製品がほとんど

であり、高精細な顧客要求に対しては、切断刃の刃先を当社の保有砥石の中で最高番手の 2500 番で研削加工しているが、次の課題がある。

- ① 3 μ m 前後の刃先チップング（細かくギザギザに刃先が欠損すること）が発生する。
- ② 黒い研削筋が目立つ。
- ③ 刃先をきれいにするための手磨き鏡面加工によりチップングが発生する。
- ④ チップングがある刃先では、微細な筋状の加工痕が残る切断面になり製品に悪影響を与える。
- ⑤ 手磨き鏡面加工には高い技術が必要なため、強い職人依存があり、高いコストが生じる。

解決手段として ELID 研削システムの導入が考えられた。そこで、ワークの材質や形状は上述の研削加工と同じ仕様そのまま、まずは ELID 研削によるテスト加工を柳下技研㈱に依頼した。柳下技研は、ELID 研削の実用化と普及を推進していた理研ベンチャーの新世代加工システム㈱から ELID 事業の譲渡を受けた企業である。ELID 平面研削実験システムの仕様を表に示す。

図 6 は、ELID 研削テスト加工後のワークの画像



図 6 ELID 研削仕上げり面 (×2,000 倍)

表 ELID 平面研削実験システム

①研削機械	(株)岡本工作機械製作所製「高精度成形研削盤 HPG500L」平面研削盤 ELID 電極、給電体、電極位置調整装置を付加
②研削砥石	平砥石 1A1 180 D×15 T×6 X×31.75 H レジンメタルボンド・ダイヤモンド砥石 #20000 集中度 100
③ELID 電源	YAGISHITA-911
④被削材	超硬切断刃
⑤研削液	ELID 専用研削液 大同化学(株)製シミロン CG-7 50 倍希釈
⑥ツールア	YAGISHITA-TIB/TIC 放電ツールイング装置 (ELID 電源が使用可能)

である。キーエンス製のマイクロスコープ「VHX 7000」で画像解析 (×2,000 倍) し、東京精密製の 2 次元粗さ測定器で表面粗さを測定した。

砥石は 20000 番を使用した。チップングの発生はなく、研削面は大きな筋もなく、きれいな鏡面 (Ra 0.0034 μ m) になっていた。ELID 研削により今までにない高番手の砥石が使用可能になり、最適な加工条件で ELID 研削することで刃先の精度が大幅に改善されることがわかったので、ELID 研削システムを導入し、ELID 研削法の研究・開発・試作を実施することにした。

ELID 研削システムとは

ELID 研削 (Electrolytic In-process Dressing: 電解インプロセスドレッシング) は、国立研究開発法人理化学研究所で開発されたわが国独自の超精密加工技術で、高硬度・高脆性材料を研削加工のみで鏡面仕上げを実現する。

一般研削では、ダイヤモンド砥粒あるいは cBN 砥粒の入った砥石では、砥粒が微細になるとすぐ目詰まりや目つぶれを起こす問題があり、切れ味の確保が困難なため、ドレスが頻繁に必要になる。そこで目詰まりの解決手段として、加工中にも連続して目立てを行うことで解決を図るアイデアとして開発されたのが ELID 研削である。

一般研削では砥石を回転軸につけて使用するが、ELID 研削ではこのほかに電解電源、電極・給電体を取りつけて使用する。図 7 のように、導電性 (金属ボンド) 砥石を陽極 (プラス) として、砥石作業面に対向する陰極 (マイナス) に電極を設置して極間を 0.3 mm 程度に設定する。研削中は電極と砥石の間に水溶性研削液を流し、極間に直流パルス電圧を与える

と、砥石の結合剤の鉄が電解によって溶かし出されていき、砥粒が顔を出す。電解された鉄の表面には不導体皮膜ができ、いったん電解が止まる。研削作業によって、不導体皮膜が摩耗すると、電気が通りやすくなるため、再び電解によって結合剤が溶かされ、砥粒が顔を出す。この自律的な目立て制御機能を

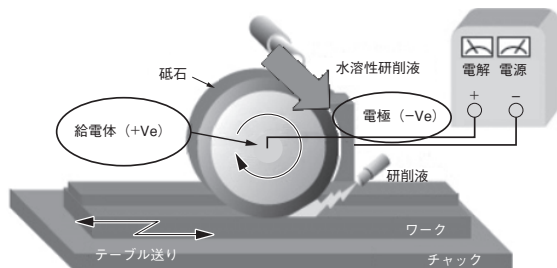


図7 ELID 研削システムのイメージ図

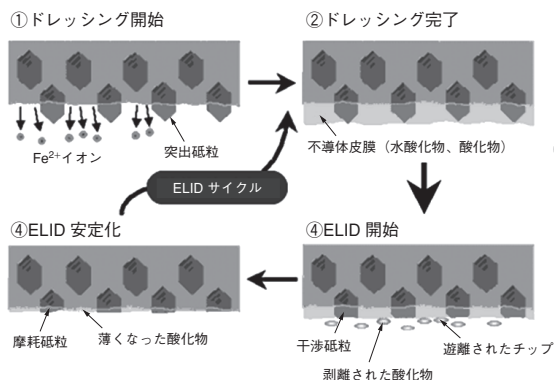


図8 ELID サイクルのメカニズム

ELID サイクル (図8) と呼んでいる。

結合材や研削液の成分や印加パルス電圧の波形や条件を選ぶことによって、ELID サイクルのコントロールが可能で、常に必要な量の切れ味を確保することができる。このように砥石は常に理想的な状態で研削を行うため、加工精度が飛躍的に高まり、削りながら磨きもできるという画期的な手法が生まれた。この結果、高能率、高精度・鏡面仕上げを実現した。

当社は前述の ELID 研削テスト加工に続き、当社保有の NC 平面研削盤「ワシノ MEISTER G2V」に、「ELID ユニット」(ELID 研削専用の①砥石、②電極、給電体、電極位置調整装置、③電源装置、④研削液、⑤ツールイング装置など)を後付けて搭載する ELID 搭載アップグレードサービス、および ELID の取扱い説明・指導などを柳下技研に委託した。

ELID 研削による効果と市場への価値提供

以下に、ELID 研削による効果とどんな価値を市場へ提供できるのかを示す。

- ① ELID 研削を行うことでチップングの発生を大幅に低減できる。
→市場への価値提供は「切断品質向上とツールライフアップ」
- ② チップングのない刃先で切断することにより平滑で高品位な切断面が得られる。
→市場への価値提供は「切断品質向上、材料ロスの削減、小型化製品・ハイスpek 製品が可能に」
- ③ ELID 研削を行うことで磨き加工なしでの高精度鏡面が実現できる。
→市場への価値提供は「ばらつきのない安定した品質部品の供給」

- ④ 機械で高精度鏡面が加工できるので、高い技術力の職人依存から脱却でき、加工時間を短縮できる。
→市場への価値提供は「長期にわたる安定した品質確保」

スケジュールと展望

本事業を担当する筆者は、2021年4月に ELID 研削システムを提供する柳下技研を訪問して、ELID 研削テスト加工を見学するとともに、ELID 研削に必要な装置、資源、環境整備などについて確認している。その後、導入シミュレーションを実施し、事業化に向けたスケジュールを立てた。2021年9月に ELID 研削システム導入し、現在は ELID 技術を習得中である。研究・開発・試作を進め、評価・改善活動を行い、製品化への開発展開に進む予定であり、量産への応用としては、まず切断刃を対象にしている。

☆

年々高精細化の要求が高まる顧客ニーズに対応して価値を提供することで収益を増やし、地域雇用の拡大を行うことで地域の活性化につながる。製品競争力の強化については、切断刃を ELID 研削することで高品位な切断面を実現できる高精細切断刃が生まれ、優位性が高まる。市場への価値提供と地域雇用の拡大を続けることで永続発展企業となる。ELID 研削システムを導入することで生産性を上げ、切断品位の高い高精細切断刃を市場に提供することで、5年以内に国内のみならずグローバルでニッチトップ企業となることを目指したい。