

研磨の歴史

安永 暢男 (元東海大学)

1. はじめに

私事ながら、齢 80 歳を越えてもう学会誌に論文を書く機会がやってくることもなからう、と惰眠を貪りかけていたところへいきなり本項の執筆要請を頂きドギマギしている、というのが正直なところである。1965 年(昭和 40 年)、通産省電気試験所(現経産省産業技術研究所)に入所し、小林昭部長(のちに埼玉大学教授、当学会の前身・砥粒加工研究会会長)や今中治室長(後に東大教授)の下で研究者人生を歩み始めて以来半世紀以上に渡って、電子部品としてのサファイアやシリコン基板の高精度・無擾乱加工技術の確立を目指して研究活動に従事させて頂いたが、特別に技術史を研究したわけでも研磨技術全般に精通しているわけでもない。研磨技術の歴史的発展経緯に関しては河西敏雄氏(NTT 電気通信研究所研究員、埼玉大学教授)が詳細な調査しておられるので、本稿は河西氏の調査結果¹⁾をベースにまとめさせて頂く。

2. 歴史的発展経緯

細かい砂粒を石や硬い木に押し付け擦り付けて必要な形状や表面状態に加工する、という古代からの「研磨加工技術」が現代の最先端技術とされる半導体部品や光学部品の製作に不可欠な超精密技術としても更なる発展を続けている。その発展経緯をわかりやすく区分したのが表 1 である。第 1 世代は光沢をもたない磨製石器を使った研磨加工で、第 2 世代では勾玉や青銅鏡に始まり水晶やガラスなどの単一レンズの鏡面仕上げが可能となった。第 3 世代は望遠鏡や顕微鏡などレンズを組み合わせて使うようになり、収差の問題を解決するためにも研磨加工における形状精度の認識が一層高まった。第 4 世代は更なる高精度化と無擾乱性を備えたエレクトロニクス用単結晶材料の製造に不可欠な現代のナノメートルレベルの超精密研磨加工技術の時代と位置付けられよう。

3. 昔の高度研磨加工

「研磨加工」が宝石磨きなど美観を追求するための技能に留まらず、天体観測用望遠鏡レンズなど光学部品の製作に不可欠な製造技術として発展したのは 16~17 世紀以降とみなされている。工作機械の出現していない当時、精密部品は、工具を一定圧力で工作物に押し付けて摩擦運動をさせて少

表 1 研磨加工技術の発展

	特 徴	適 用 対 象	
第 1 世代	梨地面	無光沢磨製石器	
第 2 世代	光沢面, 鏡面	光沢磨製石器 玉, 勾玉, 管玉, 青銅鏡	
第 3 世代	鏡面, 形状精度, 寸法精度	一般レンズ, プリズム類 金属反射鏡 ブロックゲージ, 定盤類	
第 4 世代	- 1	超精密研磨加工 加工変質層の僅 少化	水晶発振子基板, 磁気ヘッド シリコンやGaAsウェーハ レーザロッド, 各種標準器
	- 2	研磨加工の自動 化	各種量産用レンズ類 シリコンウェーハ フォトリソ用ガラス基板 磁気ディスク用基板
	- 3	電算機制御	レーザ核融合用大口径レンズ X線光学用非球面反射鏡 超精密光学用金型

しずつ削り取り「工具形状を工作物に転写する」という「定圧加工」で作られていた。工具形状が当初不正確であっても、工具と工作物の凸部同士が互いに擦られて低くなり、最終的に全体が均されて正確な球面や平面が形成されるという特徴をもち、現在でも精密加工の基準となる石定盤の加工に不可欠な重要技術の 1 つとして利用されている。「3 面すりあわせ」がその一例で、3 枚の平面を相互にこすり合わせて全面が接触する(当たる)ようになるまで削り取る。次に組合せを変えて同じように全面が当たるまで削り取る。この作業を繰返してどの組合せでも全面が当たるようになったとき、全ての面が「真の平面」になる。

4. 近年の超精密研磨技術の進展

ガラスレンズなどの鏡面研磨にはピッチポリシヤが用いられてきた。このピッチ使用はニュートンが使ったという記録も残っているほどに古いようだ。300 年以上にも渡って同じ材質のポリシヤが使われてきた、と聞くと光学部品加工技術の進展は遅々として進んでいないような印象を受けるが、光学レンズ製作を中心に常に新たな挑戦が試みられており、未だに進歩しつつある。

ここ数十年における関連するトピックスをいくつか並べてみる(表 2)。

* 元東海大学

表 2 精密研磨技術関連トピックス

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> (1) ベンガラに代わって酸化セリウムが鏡面研磨加工用砥粒の主流となる (2) ニュートンリングの検査に水銀灯が採用される (3) ピッチポリシヤの分類などに針入度計が開発される (4) セラック含浸フェルトポリシヤのピッチポリシヤへの置換が検討される (5) 接着の剥離に冷凍分離法が採用される (6) ダイヤモンド砥石によるカーブジェネレータが使用される (7) ダイヤモンド自動心取器が使用される (8) 硬質発泡ポリウレタンポリシヤが量産用ポリシヤの主流となる (9) 量産において抜取検査法が導入される (10) 簡易な高精度測定法としてエアマイクロメータが使用される (11) プラスチック接着剤が採用される (12) 超音波自動洗浄機が導入される (13) 自動ヤニ付け装置が開発される (14) 研磨剤が自動供給される高速研磨加工機が使用される (15) ダイヤモンドペレットによる砥石研磨加工がラッピングに置き換わるようになる (16) リセス皿が使用される (17) レンズブランク自動供給カーブジェネレータが導入される | <ul style="list-style-type: none"> (18) レンズ自動供給心取機が導入される (19) コーティングに電子ビーム蒸着装置が使用される (20) レーザ光が使用されるようになる (21) マイクロコンピュータが普及する (22) ポリシヤとして樹脂ペレットが使用される (23) レーザ干渉計が使用される (24) ホログラフィ干渉計が開発される (25) シリコンウエハ加工を中心にメカノケミカルポリシングが普及する (26) 光ファイバと各種マイクロプロセッサが実用化される (27) 各種の超精密研磨加工法が提案されるようになる (28) イオンエッチングによる非球面加工が試みられる (29) ロボットが導入される (30) レンズ等の量産用自動研磨加工装置・システムが開発される (31) 画像解析装置が開発される (32) ダイヤモンド工具による鏡面の超精密切削加工が実用になる (33) CAMによる大型非球面加工が行われる (34) 超精密研削加工による硬脆材料の鏡面加工が進む (35) 精密プラスチックレンズの成形が可能になる (36) ELID 研削加工が実用になる (37) 精密ガラスレンズのプレス加工が可能になる (38) X線光学素子の加工が行われる |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

表 2 で概観した技術動向からだけでも光学部品の加工技術ならびにその関連技術に大きな進歩のあったことが了解されるであろう。

超精密研磨加工は、さらなる高精度化を要求される電子部品や高機能機械部品等の製作にも不可欠な技術として発展しつつあり、新たな分野からのニーズや新材料の開発・応用などがその引き金になっている。

5. おわりに

以上述べたように、「研磨加工」は加工物を石に擦り付けたリ、砂で磨く、といった人類の道具作りの当初から利用され、水鏡に替わって人の顔を映すことのできる鏡面仕上げが可能になってからも既に長い年数を経て生き残ってきた重い歴史をもつと同時に、今後も更なる高度化や多様化に向けた新技術の開発・発展が必須とされる息の長い技術として認識され続ける必要があろう。

6. 参考文献

- 1) 小林昭監修, 河西敬雄編集代表, フジテクノシステム編: 超精密生産技術大系, 第1巻基本技術, 267.