

氏名(本籍)	横川和彦(高知県)
学位の種類	工学博士
学位記番号	工第140号
学位授与年月日	昭和46年6月2日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最終学歴	昭和26年3月 東北大学工学部機械工学科卒業
学位論文題目	円筒研削精度を支配する要因に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 萱場 孝雄 教授 川崎 正 教授 佐藤 健児 教授 松井 正己 教授 高梨 三郎

論文内容要旨

研削加工は非常に硬い多数の小砥粒を結合した砥石を高速回転させ、工作物を微小切削するという特徴を生かし、寸法公差、真円度、真直度、表面あらさ、うねり等の精度を重要視する主として焼入した工作物の高精度仕上加工法として進歩してきた。最近研削盤、砥石、研削油剤、加工技術の開発進歩により、従来の旋削、フライス削りのかわりに研削加工をおこなう位、高能率加工の分野に進出してきた。例えば従来旋削加工でおこなっていたのを研削におきかえることによって作業時間を $\frac{1}{6}$ に短縮することも出来、また鍛造された工作物の旋削をはぶき、そのまま研削する場合が非常に多くなってきた。

一方従来の精度以上に例えば真円度 0.2μ 、円筒度 $1\mu/500mm$ 、表面あらさ $R_{max} 0.04\mu$ 、寸法公差 $\pm 1\mu$ という高精度の研削加工が可能となり、ゲージ類、燃料噴射ポンプのプランジヤ、ノ

ツズル等の加工も従来の超仕上，ラップ仕上等はおこなわず研削加工のままですまされるようになった。

このように研削加工は従来前加工と考えられていた旋削，フライス削りの粗加工の分野から超仕上，ラップ仕上の超精密の分野までをカバーする広範囲の加工法となった。

本論文はすべての研削作業の基礎として円筒研削精度を支配する要因に関する研究をまとめたものである。

本研究においては製品精度中特に表面あらさを中心にしらべた。精度を支配する重要な要因である研削盤については熱変形と静的精度のみにとどめ、主として研削作業条件を中心とした。

研削加工においては高能率を対象としても、高精度を対象としても研削盤の構造、砥石の構成、研削油剤の効果、研削条件の設定等の基本研究は同一である。よってここでは研削盤の構造を円筒研削盤にかぎり砥石の構成要素、研削油剤、研削条件が研削精度におよぼす影響ならびに特に精度を支配することの大きな砥石ドレッシング条件の影響について詳述し、その研究の結果得られた効果を結論としている。そしてこの結論は高能率、高精度円筒研削加工上生産現場において十分に生かされて使用されている。

本論文は全6章よりなっている。以下各章の内容を要約する。

第1章 緒 論

本章は生産加工における研削加工の重要性、研削精度に関する従来の研究、本研究の必要性、本研究の目的と研究概要から成っている。

研削作業においては先ず砥石ドレッシングをおこない、研削を続行して砥石切れ味が低下し研削不能になれば、再び砥石ドレッシングを行う。この砥石ドレッシングをおこなったことにより、また研削を続行することができる。

従来の研究においては研削初期におこなうドレッシングによって砥石表面砥粒切刃形状が如何になっており、これがいかに研削面あらさを生成しているかが解明されてなく、また研削過程で砥粒切刃が破碎し、切れ味が低下する状態も追求されてない。

現場作業に携わる者にとっては単位時間当りの研削代断面積が大なる条件で寸法公差、真円度、真直度、表面あらさ、すなわち研削精度のよい工作物を得るような砥粒切刃の寿命に関する研究が必要である。

本研究は一般には特に考慮を払わない研削条件における研削精度を調べ、ついで砥石ドレッシング時のダイヤモンド送りリードによって形成された砥石表面のねじ状切刃が、研削時工作物にうつされて研削面あらさを形成する条件で、砥石軸回転数と工作物回転数の比をかえ砥石気孔充填剤、研削油剤の効果を知り、また研削条件による砥粒の破碎状態を知る。この場合ドレッシングを一方向におこな

うか、両方向におこなうかによって生ずる研削面あらし、真円度の生成機構を解明し、正しいドレッシングの方法を見出す。そして正しいドレッシングをおこなった砕石による研削過程での砥粒破碎を最小ならしめる高能率、高精度研削が得られる実用的な砥石、研削油剤、研削条件を見出すことを目的とした。

第2章 研削条件が研削精度におよぼす影響

本章は一般の研削条件としての、工作物周速度、砥石周速度、砥石切込速度による研削過程における研削面あらしと砥粒の砥砕状態を調べ、砥石気孔充填剤および研削油剤の種類、濃度容積比の砥粒破碎に対する影響をみる基礎的実験である。

第3章 ドレッシング条件が研削精度におよぼす影響

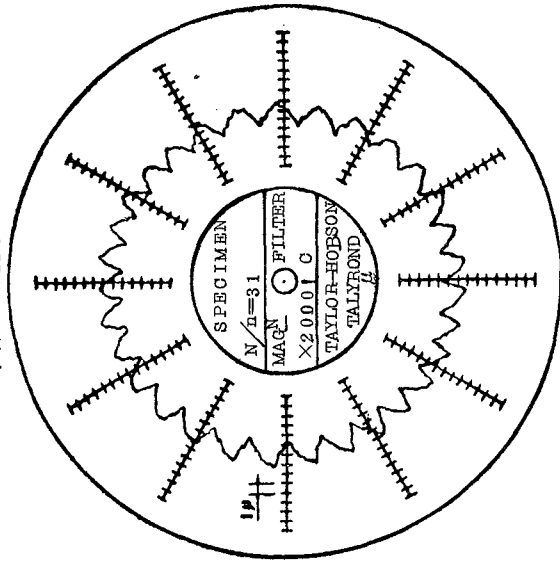
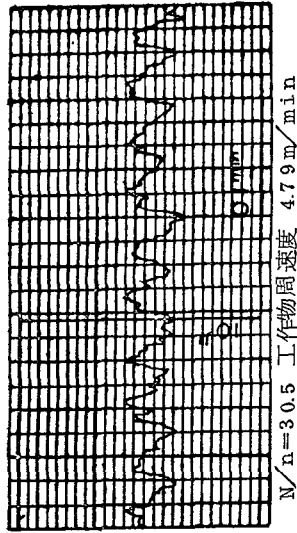
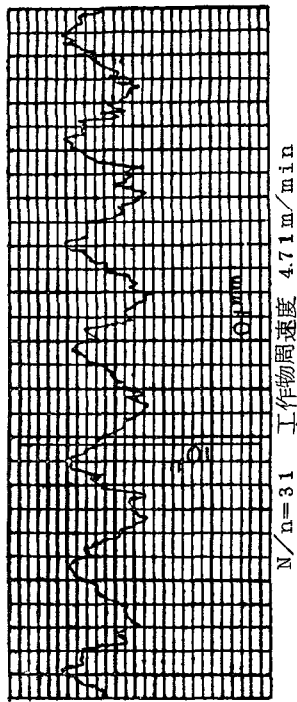
本章はドレッシングによって形成された砥石表面砥粒切刃形状に着目し、研削面あらしとの関係をしらべたものである。

研削時は砥石ドレッシング時のダイヤモンドの送りリードによって形成された砥石表面のねじ状切刃形状に工作物が研削され、砥石表面形状のピッチ、あらしの研削面が形成されることを幾何学的に示し、ドレッシングリードを変化させて、この証明の実験をおこなった。そして砥石表面砥粒分布からの従来の研究はドレッシングリードのピッチをもつあらし曲線上の細かいギザギザ部分に相当することがわかった。

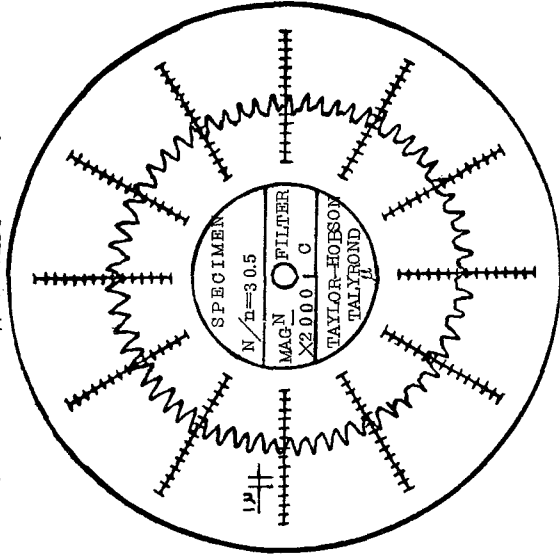
よい研削面を得るには、ドレッシングリードを細かくすることと、砥石軸回転数と工作物回転数の比を整数よりずらし、スパークアウト中に工作物の前の加工のあらしの山に相当する部分を工作し次の回転で、砥石の表面のねじ状砥粒の山が削る方式を採用すれば図1のごとく研削面がよくなることを見出した。この場合、砥石気孔充填剤や研削油剤の種類が砥石の切れ味を左右することを証明した。また研削過程における砥粒破碎が研削油剤の種類と濃度によって異なり、これが砥粒の熱衝撃と研削抵抗によることを実験的に証明した。

また今後ドレッシングをおこなう場合には、砥石面を出来るだけ凹凸なく一様にしようとする目的で砥石左側でダイヤモンドを切込み、右方向にトラバースさせ、砥石右側では切込みを与えずに左方にトラバースさせる方法、またはこの逆の方法にしていた。トラバース速度が左右同速度で両方向に上記のようにドレッシングをおこなうと砥石は楕円状に形成され、この砥石で研削された工作物は砥石の回転数と工作物の回転数の比の倍の軸心に平行なうねりの山をもち、円周方向の位置によってあらしの最大と最小は2:1になる。異速度で両方向ドレッシングした砥石は速度差によってリードは異なるが、砥石上に2条のリードをもった最大高さの切刃を生ずる。この砥石で研削された工作物は軸方向のあらしが2:1をもった周期で繰り返され、研削面にはあらしの差による巻縞の模様を

工作数 SNCM23 HRC62-65 砥石回転数 1860R.P.M
 ドレッシンググリッド 0.2mm/rev 砥石周速度 2076m/min
 ドレッシング切込量 0.01mm×5 砥石切込速度 0.002mm/rev (直径)
 砥石 WA60J7V2B₃ スパークアウト回転数 5回転



山数 31



山数 61

図 1. 砥石回転数と工作物回転数の比をかえた場合の研削面あらさと真円度 (WA60J7V2B₃)

生ずる。

これは従来びびりによると考えられていたが、この研削面模様が実際にはダイヤモンドによってねじ状にドレッシングされた砥石表面切刃の作用によることの証明をおこない、これを避けるためには平らな表面で砥石をドレッシングする以外に方法がないとし、超音波振動ドレッシングによってこの研削面模様を消す実験を行ない成功した。

第4章 砥粒破碎が研削精度におよぼす影響

本章はドレッシングによって形成された砥石表面砥粒切刃形状を研削中に如何にして長く持続さすかについてしらべたものである。最近高速研削により従来の5～10倍の高エネルギー研削が可能になったが、研削砥石としての砥粒の種類、砥石の結合度、砥石気孔充填剤の影響を調べ、また従来、アップ研削とダウン研削法がおこなわれているが、高エネルギー研削では何れが砥粒破碎が少なく面あらしがよいかを実験した。そして軽研削ではダウン研削法が重研削ではアップ研削法がよいことがわかった。

高速高エネルギー研削では砥粒に過酷な力が作用するので、この場合の研削油剤として切れ味がよくて研削熱をもたない水39%を含有するエマルジョン油の開発につき述べ、また研削油剤の量、かけ方についても述べてある。

導電性がよく、ドレッシング可能な電解研削用砥石と円筒電解研削盤を開発し、一般機械研削に対し、75%研削能率を向上させた。また同一研削能率では電解能率に相当する量だけ砥粒の破碎が少なくなり、研削面あらしがよくなることを見出した。

鏡面研削のための条件をドレッシングリード、ドレッサーの形式、砥石の種類についてしらべ、如何にすれば容易に鏡面が得られるかを求め、 $R_{max} 0.01 \mu$ が得られるようになった。

第5章 研削盤の熱変形が研削精度におよぼす影響

本章は研削盤の静的精度と工作物の形状の関係を述べ、静的精度に最も影響をおよぼす熱変形についてしらべた。

研削された工作物の円筒度は研削盤のテーブル用摺動面の真直度によって左右される。研削盤はその各部に熱源をもっており、この熱によってテーブル用摺動面の真直度が変化し、従って研削された工作物の円筒度が害される。

熱源の位置ならびに熱源温度をかえてベッドのテーブル用摺動面の真直度の変化をしらべた。ベッドのテーブル用摺動面の真直度は熱源の位置を適当に組合せれば正しく保つことができることがわかった。そしてこの結果は実際の研削盤の設計の基礎資料として利用出来る。

第6章 結 論

本章は上記第2章～第5章で得られた結果を研削精度を支配する要因の結論として総括してある。

審 査 結 果 の 要 旨

研削加工は精度を重要視する仕上加工法として進歩したが、近年は高能率加工の分野にまで進出し、粗加工から超精密加工までをカバーする広範囲の加工法になってきた。しかし未だに如何にして研削精度が達成されるか、特にそれが砥石表面砥粒切刃の形状および破砕に如何に影響を受けるかなどについては十分な解明がなされていない現状である。ここにおいて著者は円筒研削に対し、製品精度中最重要視されている表面あらさを中心に、それへの影響因子並びにその影響過程について理論的、実験的に検討し、考察を加えた。本論文はその成果をまとめたもので、全編6章から成る。

第1章は緒論である。

第2章は一般研削条件下の研削過程における研削面あらさと砥粒破砕状態並びにそれらの相互関係を実験的に解明したもので、研削抵抗の大小によって加工中の砥石表面砥粒の破砕状態が異なり研削面あらさに差を生ずること、砥石への硫黄充填は研削面あらさの向上に有効であることなどの数々の新見解が得られている。

第3章はドレッシングにより形成された砥石表面砥粒の切刃形状に着目し研削面あらさを論議したものである。すなわち先ず、ドレッシングによる砥石表面のねじ状切刃形状と研削面あらさとの相互関係を幾何学的関係から理論的に誘導し、且つ実験で立証することにより、切刃形状を基にした研削面あらさは比較的簡単な式で表わし得ることを提唱している。また、研削面に見られる平行縞および巻縞についての検討結果から、これらは面上のあらさの差の連なりによるもので、一般に考えられているびりマークではないことを指摘し、これを避け得るドレッシング条件をも確立している。これらは従来の研究においては見られなかった新しい見解および知見である。

第4章は高速高能率研削、電解研削などにおける研削条件並びに砥粒破砕が研削精度に及ぼす影響について検討したものであり、従来未解明な点の多くが解明されている。またそれらの結果を基にし適切な研削油剤、砥石を開発し、その成果を確認している。

第5章は研削盤の静的精度と工作物の形状精度との関係を各部に熱源を与えた時の熱変形を基にして論じたものであり、その結果は実際の研削盤の設計資料としても極めて有用である。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は円筒研削製品精度中特に表面あらさを中心にそれを支配する重要な因子につき理論的並びに実験的に解明したもので、研削加工上の諸問題の理解と解決に極めて有効であり、機械工学並びに生産工学の発展に寄与する所が少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。