

ファインセラミックスおよび難削材の精密加工における AE信号解析と信頼性の向上に関する研究

船田 昌・木下和久*・姫野敏彦*
機械電子部・*大分大学 工学部

Investigation on Analysis of AE-signal and Improvement of Reliability in Precision Machining of Fine-ceramics and Inferior-machinability-material

Masashi FUNADA・Kazuhisa KINOSHITA*・Toshihiko HIMENO*
Mechanics & Electronics Division・*Faculty of Engineering, Oita University

要旨

本研究は、ファインセラミックスおよび難削材の高精度、高能率研削加工とその自動化を実現する事を主な目的としている。この目的を達成するためには、インプロセスでの加工状態の把握と、ファインセラミックスの研削に使用されるダイヤモンドホイールのツールイング法の確立が必要となる。

著者らは先に、インプロセスで加工状態を把握する手法であるアコースティック・エミッション（以下AEと略す）信号の計測法について、基礎実験である単粒圧子押し込み実験と単粒引っかき実験を数種の被削材に対して行い、破壊状態（き裂モードの相違）等によってAE信号に有意差が生じることを明らかにした。

本年度は、ダイヤモンドホイールと数種の被削材を用いて、実際に行われている軟鋼研削ツールイング法を模したプランジ研削実験を行った。その結果、被削材、ホイールの結合剤、研削条件の違いによるホイールの減耗量等の特徴が確認された。

1. 緒言

ファインセラミックスは優れた耐熱性、耐摩耗性、耐腐食性を有する。しかし、高硬さ、高脆性ゆえに加工が困難である。現在、その機械加工においては研削加工が中心で、使用するダイヤモンドホイールも多くの種類がある。中でも結合剤にレジンを使用したホイールは切れ味がよく、被削材へのダメージが少ないことから多用されている。研削加工においてはホイールの作業面が被削面に転写されるので、製品の仕上げ面の品位は、ホイールの作業面の状態に大きく影響を受ける。したがって、ホイール作業面の形直しのために行うツールイングは重要な作業である。レジンボンドダイヤモンドホイールのツールイング方法において、軟鋼研削法は軟鋼ブロックを湿式で研削しホイール作業面の形直しをするもので、発生する流れ型切り屑が砥粒を保持している結合剤のレジンを削り、ツールイングとドレッシングを同時に行うといわれている^{1) 2)}。また、ダイヤモンドホイールで鋼を研削する場合、発生する熱により酸化摩耗を生じるが、軟鋼研削法はこの現象を利用した方法とも言われている³⁾。このツールイング法は簡便であり、よく使用されて

いるが、これについての研究はあまりされていない。しかし、被削ブロックに軟鋼及び銅を用いたツールイング研削実験において、結合剤のレジンより軟質の銅の研削においても十分ホイールの形直しが行われること、また銅の被削ブロックのツールイングで作業面の端に突起が現れる傾向があり、ある種のホイールにおいて、その突起は顕著に現れることが報告されている⁴⁾。本研究では、軟鋼と銅の他に強い難削性を示すステンレス鋼の3種の被削ブロックを用いて、実際に行われている軟鋼研削法ツールイングを模したプランジ研削実験を行い、ホイールの減耗量、作業面の突起等を調べた。

2. 実験方法

実験装置は、岡本中型横軸平面研削盤（ホイール軸回転数 3600rpm）を使用した。用いたダイヤモンドホイール2種の結合剤は、BE、BGのレジンボンドである。ホイールの仕様および結合剤の機械的性質をTable 1及びTable 2に示す。以後、この2種のダイヤモンドホイールをBE、BGと記述する。被削ブロックの材質は、鋼（S45C）、銅（圧延材）、ステンレス（SUS304）の3

種で、ブロックの形状、寸法は40mm角、長さ 400mmである。

Table 1 ダイヤモンドホイールの仕様

砥粒	粒度	結合度	集中度	結合剤	外径mm	幅mm
SDC	170	N	75	BE	180	8
SDC	170	N	75	BG	180	8

Table 2 ダイヤモンドホイールの結合剤の機械的性質

	硬度 HRB	弾性係数 MPa	抗折強度 MPa
BE	90	12000	9000
BG	110	34000	11000

実験は、研削によるホイールの作業面の減耗量を調べるため、平面研削盤のテーブルに取り付けた被削ブロックを、ホイール作業面の約半分をプランジ研削する事により行った (Fig.1)。実際のツールイングでは、ホイールの作業面は切込み量を直接受け持つ部分とスパークアウトの部分が混在するが、本実験では、この状態に近付けるため、往路のダウンカット時に切込みを入れ、復路のアップカット時はスパークアウトとした。ダウンカット時に切込みを入れるのは、平面研削盤の機構がアップカット終了後テーブル送りが停止するためであり、便宜上、アップカット側を復路に設定した。また、研削量は長さ 400mmの被削ブロックを研削する往復の回数で表した。切込み量は実際現場で行われている軟鋼研削法に用いられる 2 μ m, 5 μ m, 10 μ mの3通りで行い、テーブルスピードも実際用いられている26m/min に設定した。研削実験は湿式で行い、研削液はエマルジョン系JIS-W1の50倍の水溶液を使用した。なお、実験に入る前にホイールの作業面は、軟鋼研削法ツールイングを行いほぼ平にしたあと、GC砥石のブロックの研削によるドレッシングを行い、不安定砥粒やツールイングによる目詰まりを除去した。

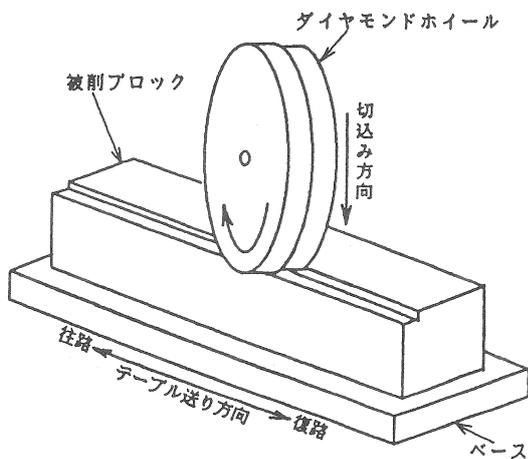


Fig. 1 研削実験概略図

平面研削法ツールイングにおいてホイールの作業面は円周に沿って筋状に減耗変化していく場合が多い。その作業面形状の観察は、テーブル送り方向に1/300の勾配を付けて固定した試験片をプランジ研削し、生じた観察用研削傷により行った。この観察用研削傷は、研削方向に対し、横方向にはホイールの幅等が等倍に、縦方向にはホイールの作業面の筋状の凸凹や砥粒の高低が300倍に拡大されて現れる。

実験はまず、ツールイング、ドレッシングを終わった実験前の観察用研削傷をとり、ホイール作業面の初期の状態を確認しておく。実験後のホイールの作業面は半分が研削により減耗し、残りの半分は初期状態となる。したがって、実験後とった観察用研削傷において、研削をしない側の傷から初期位置がわかり、この位置から実験により変化した作業面の変化量を調べることができ、減耗量等の測定が可能となる。

3. 実験結果及び考察

3.1 残留突起

Fig.2 は、BG, BEにおいて切込み量10 μ m, 研削回数20回の研削実験を行った後の観察用研削傷である。この傷の左半分は低くなったところが研削実験によりホイール作業面が減耗した部分に当たる。

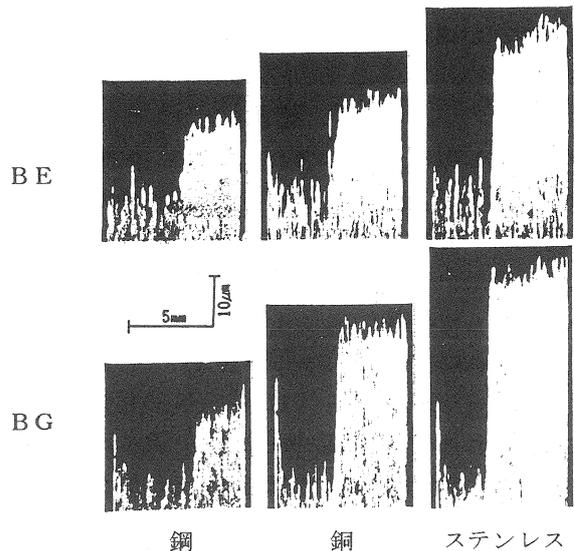


Fig. 2 ホイール作業面形状観察用研削傷 (切込み量10 μ m, 研削回数20回)

BGの研削傷において、3種の被削材すべての左端にホイールの減耗が遅れて残留したものと思われる高い突起がみられ、銅においては約30 μ mに達している。BEでは銅のみに低い突起が現れ他の被削材には見られなかった。この残留突起部はFig.3 に示すように被削材の段付き部の隅を研削する位置に当たる。研削実験は、トラバ

ース研削で行う実際の軟鋼研削法ツルーイングと異なり、より過酷な研削となるはずで、ホイールの減耗が進み、角が丸くなると考えられる。しかし、ホイールの角部に残留突起部が存在するような逆の結果となった。

軟鋼研削法において、砥粒により削られ発生する切り屑は、ホイールの作業面と被削材との間で高圧になり、塑性流動状になり押し出され、砥粒を保持している結合剤のレジンを削る。しかし、ホイール作業面の端において切り屑は側方に逃げ、圧力が十分上がらないため結合剤が削られ難く、その結果砥粒が残留し突起が形成されると考えられる。

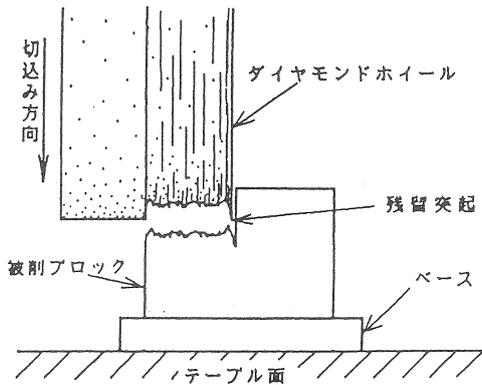


Fig. 3 研削実験によるホイールの減耗概略図

Fig. 2 において結合剤の種類により残留突起高さが異なるのは、BEでは結合剤の弾性係数がBGの約1/3しかなく、切り屑の圧力で結合剤が弾性変形により窪み、作業面の端で窪みにより切り屑が側方へ逃げ難くなるため、BGと比較し作業面の端において圧力が上昇し、結合剤が削られやすくなるためと考えられる。

Fig. 4 は、BGを用い、切込み量2 μ m、研削回数20回の研削実験を行った後の観察用研削傷である。この傷の左半分が研削実験後の作業面に当たる。BGにおいて切込み量10 μ mで現れる残留突起は、切込み量2 μ mではほとんど観察されなかった。切込み量10 μ mでは切り屑圧力も大きく、側方の逃げによる圧力差が大きくなり突起が顕著になるが、切込み量2 μ mの場合は、全体の減耗量が

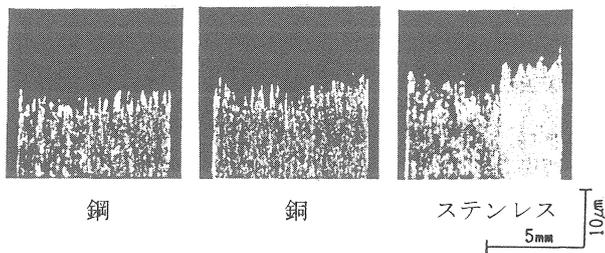


Fig. 4 形状観察用研削傷

(BG, 切込み量2 μ m, 研削回数20回)

量が小さいこと、切り屑が微量で圧力が上がらないこと等により突起が現れないと考えられる。

Fig. 5 は、BGでの実験後の研削傷を投影機で測定し、残留突起の付け根から先端までの高さを比較したものである。残留突起は研削初期から大きく現れ、その高さは鋼、ステンレス、銅の順に高くなっている。被削材により残留突起の高さが異なるのは、被削材が塑性変形しやすく流動性に富む材料ほど切り屑は側方に逃げやすくなるため、ホイール作業面と側方での圧力差が大きくなり、ホイールの減耗量の差が大きくなるためと考えられる。

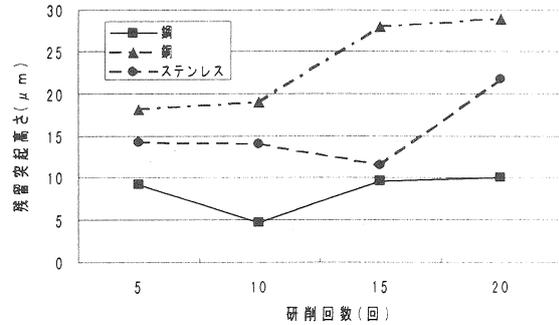


Fig. 5 ホイール端残留突起高さ変化 (BG, 切込み量10 μ m)

3.2 平均減耗量

Fig. 6 は切込み量10 μ mで研削実験を行った観察用研削傷から、投影機を用いて残留突起部を除いた部分の高さ平均を出し、ホイールの平均減耗量を求め研削回数の違いで比較したものである。回数を増すとBE, BGとも平均減耗量は、鋼, 銅, ステンレスの順に大きくなり、20回の研削において、BEでは鋼に対してステンレスは約2倍になっており、BGでは鋼に対し銅が約2倍、ステンレスにおいては約3倍に達している。また、BE, BGの両図を被削材別に比較すると、各材質ともBGの平均減耗量が大きい事がわかる。結合剤による平均減耗量の違いは、弾性変形による結合剤と切り屑と間の接触圧力の違いや、結合剤自体の被削性の違いによるものと考られる。

Fig. 7 に切込み量の違いによるホイールの平均減耗量の変化を示す。BE, BGとも切込み量10 μ mにおいて、ステンレスは減耗量が大きく、他の材質との差も大きい。切込み量5 μ mでは減耗量が著しく小さくなり、銅および鋼との差は僅少である。これらは、結合剤自体の弾性変形および各被削材の切り屑の弾性変形による結合剤と切り屑との間の接触圧力が、切込み量5 μ mから急激に上昇する事が原因の一つと考えられる。

Fig. 6, Fig. 7 に見られる被削材の違いによる平均減耗量の差は、被削材の物性や切り屑の形状による切り屑

の結合剤に対する被削性の違い等が原因と考えられる。研削加工において砥粒はそのほとんどが負のすくい角となるが、負のすくい角を設定した形削り盤による切削実験では、ステンレスは鋸歯状、銅はむしれ型、鋼は流れ型の切り屑が観察された。

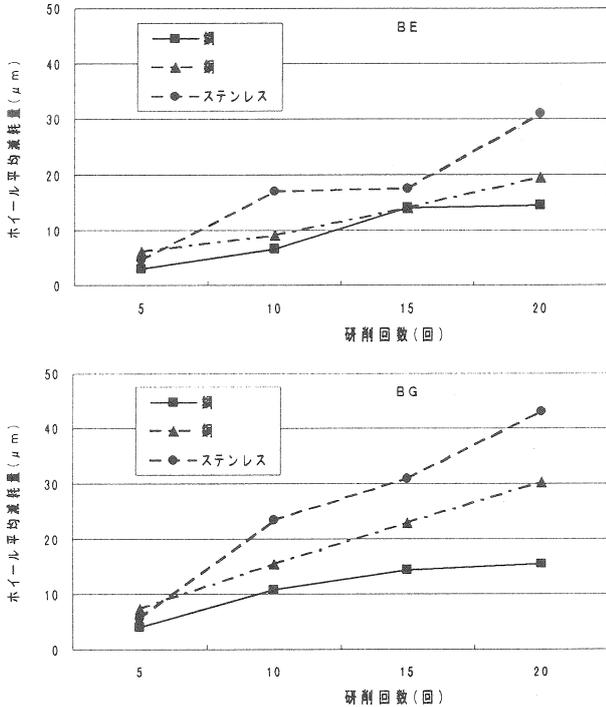


Fig. 6 研削回数の違いによるホイールの平均減耗量変化 (切込み量10μm)

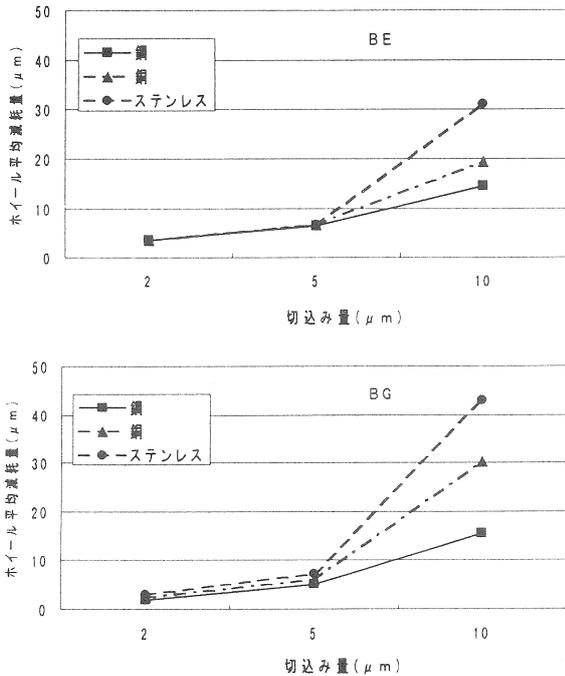


Fig. 7 切込み量の違いによるホイールの平均減耗量変化 (研削回数20回)

4. 結言

軟鋼研削法ツルージングは一般に時間がかかるといわれているが³⁾、その一つの原因として研削の際にホイール作業面の高い部分と同時に低い部分も減耗していく事があげられる。したがって、ホイールの高い部分は大きく減耗し、低い部分の減耗量が極端に小さくなるような被削材の開発により、軟鋼研削法ツルージングにかかる時間は短縮される。

本実験において、BE、BGとも切込み量10μmにおける平均減耗量が鋼、銅、ステンレスの順に大きく、その差が大きく現れたこと、またステンレスにおいて、切込み量10μmの場合と比較し5μmにおける平均減耗量の値が大きく下がっていること等から、ステンレス(SUS304)は、軟鋼研削法ツルージングにとって注目すべき材料といえる。しかし、ホイールの結合剤の材質等の違いにより、研削面の表面粗さを増大させる残留突起が現れることを考慮しなければならない。

参考文献

- 1) 小川浩二：研削砥石のツルージング・ドレッシングのキーポイント，機械と工具，4(1993)85
- 2) 愛恭輔，大石健司：セラミックスの切削・研削加工，海文堂出版，(1990)16
- 3) 海野邦昭：ファインセラミックスの高エネルギー機械加工，日刊工業新聞社，(1986)100
- 4) 木下和久，姫野敏彦，他4名：大分大学研究報告，No. 30(1994)9