

切断・溝加工用電着金網砥石の開発

東京農工大学 ○倉茂周治, ◎笹原弘之, 株式会社 茨城製砥 野村衛, 伊藤幸男

要旨

本研究では、ダイヤモンド電着金網砥石の加工特性を明らかにすることを目的とし、CFRPの切断・溝加工を行い、研削抵抗、加工温度、砥石寿命、加工後砥石表面を調査した。その結果、一般的な切断砥石であるレジノイド砥石と比べて、金網の網目による切りくずの排出が容易であることで、測定される研削抵抗は小さく、加工温度が低くなることを示した。また工具寿命は長く、砥石の摩耗が少ないことを示した。

1. 緒言

炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は、軽量、高強度、高剛性といった特徴があることから、航空宇宙分野や自動車など、様々な産業機器に採用されている。近年、CFRPの加工においては初期投資が安価な研削加工が注目されている。CFRPの研削砥石による切断加工は、結合剤に樹脂であるレジンをを用いたレジノイド砥石が用いられるが、切りくずが砥粒の間に詰まり、加工温度が著しく上昇する目づまりが問題点として挙げられる。また、アスペクト比の大きな溝加工においては、冷却液が加工領域の全体に行き届かず温度の上昇につながる。CFRP研削時に温度上昇により炭素繊維と樹脂の間の接着力が低下することによって加工表面のカーボン繊維の剥離が生じる⁽¹⁾。著者の一部による先行研究⁽²⁾では、金網を円筒状に巻いたものにダイヤモンドを電着した工具を用いて、CFRPの大径穴加工に実用的に適用できることを明らかにした。本研究ではその特徴を活かし、ディスク状の金網にダイヤモンド砥粒を電着し、CFRPの溝入れや切断加工に適用できる砥石の開発を目的とする。

2. ダイヤ電着金網砥石の加工特性

2.1 実験方法

図1に切断・溝加工用に開発した金網砥石を示す。砥石は直径150 mm、厚さ1 mm、突き出し10 mmの薄肉であり、ダイヤモンド砥粒が金網に電着されている。粒度は #100 である。

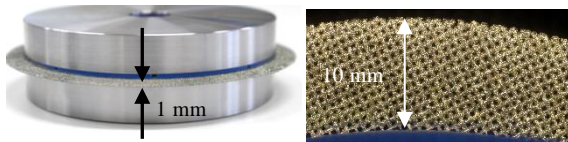


Fig.1 Wire mesh grinding wheel

表1に実験条件、図2に実験のセットアップを示す。厚さ7.6 mmのCFRPに対して、金網砥石とレジノイド砥石(砥粒:GC, 粒度:#100, 結合度:N)を用いて切断加工を行ったときの、砥石表面観察と、研削抵抗、表面粗さの測定を行った。研削抵抗の測定には、多成分動力計(KISTLER 9257B)を、表面粗さの測定には小型接触粗さ測定器(ミットヨ SJ-210)を使用した。また、溝深さ7 mmの溝加工を行ったときの加工点裏側温度を放射温度計(ジャパンセンサー TMHXSCUN0550)を用いて測定した。さらに、研削液の供給方法に着目し、外部ノズルによる研削液供給(External)と八尾ら⁽³⁾が開発した砥石の上下を固定しているフランジの中から研削液を供給する砥石内研削液供給(Internal)の比較を行った。

Table.1 Experiment conditions

Length of workpiece	mm	100
Depth of grooving	mm	7.0
Grinding speed V	m/min	1884
Feed rate f	mm/min	100
Grinding direction	Down cut	
Supplying way of fluid	External	Internal
Fluid supplying volume	L/min	8.0

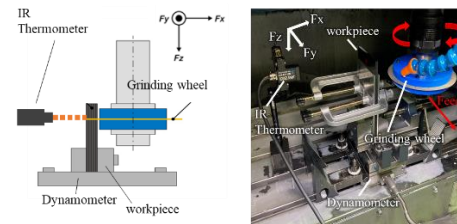


Fig.2 Experimental setup

2.2 実験結果と考察

図3(a)にレジノイド砥石の加工前、(b)に加工後の状態を、(c)に金網砥石の加工前、(d)に加工後の状態を示す。切断加工は各砥石それぞれ3回行った。レジノイド砥石は切りくずによる目づまりが著しいが、金網砥石には目づまりはほとんど見られない。これは網目の空間から切りくずが排出されたためであると考えられる。

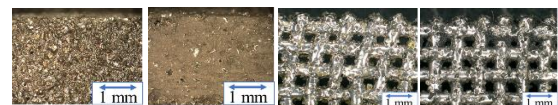


Fig.3 Surface condition of grinding wheels

図4に研削抵抗の測定値を示す。なお研削抵抗は、加工中の入り口と出口部分を除いた定常部分の平均値を示したものである。また、 F_x , F_y の方向は図2に示した通りである。 F_x , F_y ともに金網砥石で測定された研削抵抗の絶対値は小さくなった。レジノイド砥石においては、目づまりを起し、砥石表面に現れている砥粒の数が減少したことにより被削材を押し込んでいる状態になったため、研削抵抗が大きくなったと考えられる。一方で金網砥石は目づまりが抑制されたことにより切れ味が保たれ、研削抵抗が小さくなったと考えられる。

図5に加工点裏側で測定された最高温度を示す。金網砥石とレジノイド砥石を比較すると、レジノイド砥石は53.4℃、金網砥石は34.8℃であり、金網砥石の方が約20℃低い結果となった。金網砥石においては加工時の目づまりが抑制されたことにより砥粒での加工が断続的に行われたのに対して、レジノイド砥石は目づまりにより砥粒が切りくずで覆われた部分で加工されたことで、摩擦による温度上昇が大きくなったためであると考えられる。また、本実験条件においては外部ノズルによる研削液供給と、砥石内研削液供給による違いは見られなかった。

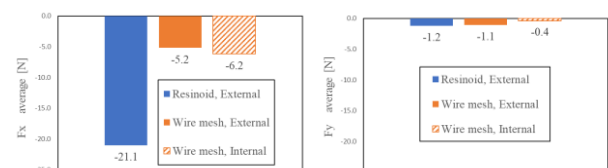


Fig.4 Average of grinding force

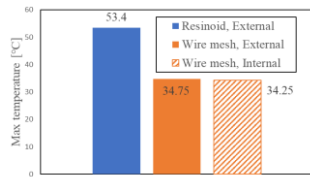


Fig. 5 Maximum temperature behind the grooving point

図6に算術平均粗さと最大高さ粗さを示す。本実験条件においては、金網砥石で加工したときよりもレジノイド砥石で加工した時の方が表面粗さは小さくなった。これは砥粒密度の違いが原因であると考えられる。金網砥石の網目は隙間であるため、必然的に砥粒が存在する部分の面積は小さくなり、砥粒密度は小さくなる。そのため、表面粗さが大きくなったと考えられる。また、研削液の供給方法に着目すると、砥石内研削液供給の方が表面粗さは大きくなった。砥石内研削液供給では研削液が360°全方向に広がっていくため、研削点への供給量は外部ノズルによる方が多かったものと考えられる。

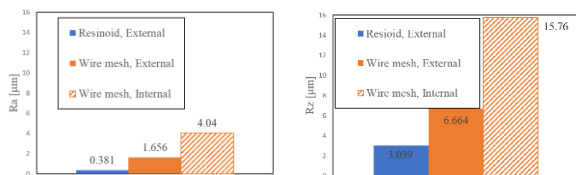


Fig. 6 Surface roughness

3. ダイヤ電着金網砥石の工具寿命

3.1 実験方法

表2に実験条件、図7に実験のセットアップを示す。金網砥石とレジノイド砥石を用いて厚さ7.6 mmのCFRPに対して、溝深さ7 mmの溝加工を複数回行ったときの、砥石表面観察と、砥石摩耗量を測定した。

Table.2 Experiment conditions

Length of workpiece	mm	100
Depth of grooving	mm	7.0
Grinding speed V	m/min	2120
Feed rate f	mm/min	Resin:100 Wire mesh:300
Grinding direction		Down cut
Number of grooving		60

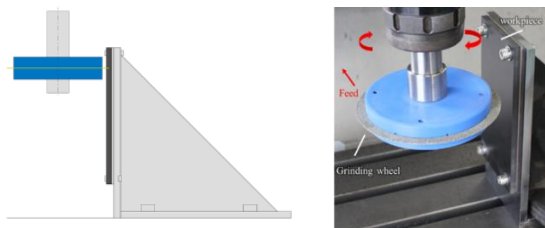


Fig.7 Experimental setup

3.1 実験結果

表3にレジノイド砥石の加工前後の外径寸法を、表4に金網砥石の加工前後の外径寸法を示す。金網砥石は100mmのCFRP板の60回の加工を問題なく終えたが、レジノイド砥石は4カット目で破壊を起こした。そのため、レジノイド砥石は2カット前後の外径寸法であり、金網砥石は60カット前後の外径寸法を示している。レジノイド砥石は2カットで約0.05 mmの摩耗が見られた一方、金網砥石は60カット後においても摩耗は0.01 mm以下であり、ほとんど見られなかった。CFRPの溝加工において、金網砥石の摩耗量は圧倒的に小さかった。

Table.3 Measurement of diameter

		Resinoid 2 cuttings	Wire mesh 60 cuttings
Before grinding	mm	150.85	151.34
After grinding	mm	150.80	151.33
Amount of change	mm	-0.05	-0.01

図8に加工に関与する金網砥石の外周部分を示す。矢印で示しているものが砥粒であり、その他の部分はNiめっき面ある。図はそれぞれ左から未加工、30カット後、60カット後の様子を示している。加工後の写真は表面の切りくずをエアで除去した後の状態を示している。図の左上に赤丸で示したところで、未加工から30カットの間に砥粒が脱落しているのが分かる。また、図の右下の青丸で示したところを見ると、30カットから60カットの間に砥粒が若干ではあるが摩耗していることが分かる。未加工の状態から加工を行うと、めっき層に完全に埋め込まれずに固定力が弱い砥粒が脱落し、後に最外周の砥粒が摩耗すると考えられる。しかしその他の外周部分でも観察を行った結果、砥粒の初期目こぼれ、摩耗はほとんど見られなかった。本実験条件においては、砥粒の初期目こぼれ、摩耗は砥石円周上のごく一部のみ起きていたと考えられる。

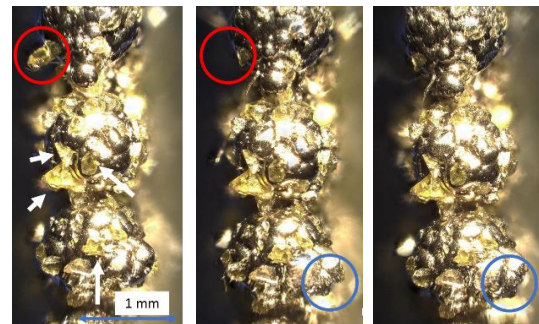


Fig.8 Surface of wire mesh grinding wheel

4. 結言

本研究ではダイヤ電着金網砥石を用いて、CFRPの切断・溝加工を行い、研削抵抗、加工点裏側温度、加工面粗さ、砥石の加工後表面性状、砥石の摩耗量を調査した。その結果、以下のことを明らかにした。

- 1) 金網砥石は目づまりが抑制されたことにより切れ味が保たれ、測定される研削抵抗は小さくなり、加工点裏側温度は低くなる。
- 2) 金網砥石はレジノイド砥石より砥粒密度が小さいことにより加工面の粗さは大きい。
- 3) 金網砥石はレジノイド砥石に比べて砥石の摩耗量は少なく、寿命は圧倒的に長い。また砥粒の初期目こぼれが見られるが摩耗量はごく小さい。

文 献

- (1) 大橋一仁, 前野隼人, 藤原良平, 窪田真一郎, 吉川満雄, 塚本真也, CFRPの研削特性に及ぼす加工雰囲気の影響(水溶性クーラントおよび液体窒素供給の効果), 日本機械学会論文集(C編), Vol.79, (2013), pp.5068-78.
- (2) Koki Suzuki, Rei Koyasu, Yukihisa Takeda, Hiroyuki Sasahara, Application of a novel woven metal wire tool with electrodeposited diamond grains for carbon fiber reinforced plastics core drilling, Precision Engineering, Vol.56 (2019), pp.386-94.
- (3) 八尾泰弘, 不破洋平, 笹原弘之, 砥石内研削液供給機構による難削材形状研削加工に関する研究, 日本機械学会論文集(C編), Vol.77, No.781 (2011), pp.319-28.