

『第34回ほっとクラブ』講演会

生産・加工技術の進歩とその利用方法

金沢大学理工研究域機械工学系 細川 晃

1. 緒 言

金属やセラミックスあるいはCFRPなどの先進複合材料は、要求される形状・精度・品位で加工してはじめて価値ある部品や製品となる。生産活動に用いられる材料の加工方法は多岐にわたり、単に“形状”を創成するだけでなく、製品の機械的特性、電気的特性、光学特性、表面特性など“機能”を付与する場合も含まれる。ここでは、主として前者の形状を創成するための原理をもとに加工方法を分類し、代表的な加工手法を概説するとともに、現在大学で取り組んでいる加工技術の一端を紹介する。なお、本講演会の受講者のほとんどが機械加工や工作機械の実務者と推察されることから、本報では主として本研究室で取り組んでいる研究成果を報告する。

2. 加工方法の分類

2.1 汎用加工法の分類

表1は汎用加工法の分類を示したもので、不要なものを切りくずとして排出するものを①除去加工(-)、切りくずを出さず形状を変えるものを②変形加工(0)、別々の部品を接合して一体化するものを③付加加工(+)という。工作機械で加工する切削加工や研削加工および研磨加工は①であり、鋳造や各種の塑性加工は②に属する。昨今、ニア・ネット・シェイプ成形(Near net shape forming)と称して機械加工などの除去加工工程を経ず最終製品に近い形状を得る成形法を模索している。また、溶接やコーティングは③に分類される。表にはないが、“金沢もてなしドーム”のアルミトラスは摩擦圧接によって接合されたものである。図1は9軸制御の完全工程集約複合加工機を示したもので、工作機械の高度化が進んでいる。

工機を示したもので、工作機械の高度化が進んでいる。

2.2 特殊加工法の分類

通常の切削・研削加工では加工困難な工作物に対して、機械力ではなく物理的・化学的なエネルギーを用いて加工を行うものを特殊加工(Non-traditional Machining)いう。現在では必ずしも特殊ではないため、物理的・化学的加工法と呼ぶ。表2は加工エネルギーによって分類したもので、放電加工、電子ビーム加工、プラズマ加工、レーザ加工などがある。これらは、極めて強度や硬度が高い材料の高エネルギー加工や極めて微細(サブミクロン、サブナノ)な超精密加工に用いられることが多い。

3. 精密加工の基礎

3.1 精密さ、正確さ、微細

高精度な加工を表す語句として、

- “精密さ／精密度(Precision)”
- “正確さ／正確度(Trueness)”
- “微細(Micro-)”

があるが、これらは工学的には異なった概念であり、

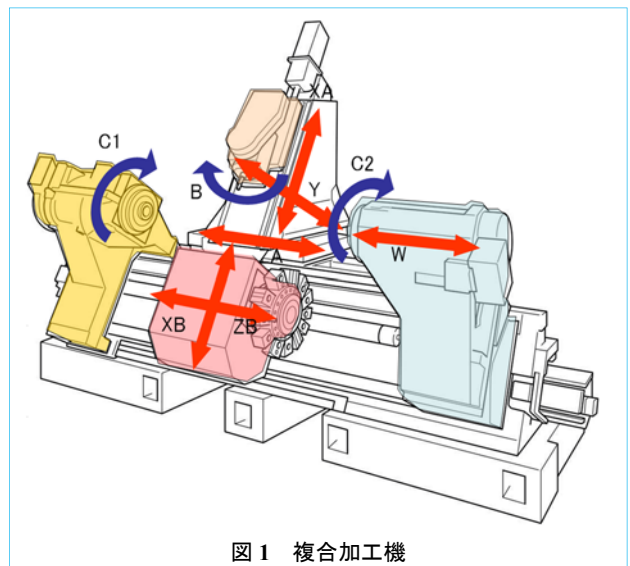


図1 複合加工機

汎用加工法 (Conventional machining)		
除去加工 (-)	機械加工	切削加工 旋削, フライス加工, ドリル加工, 平削, 形削
		研削加工 平面研削, 円筒研削, 内面研削, ベルト研削
		研磨加工 ラッピング, ポリッシング, パフ仕上, 超仕上
変形加工 (0)	鋳造 砂型鋳造, ダイカスト	
	粉末焼結 常圧焼結, ホットプレス, HIP	
	塑性加工 圧延加工, 鍛造, 引抜き, 押し出し, 曲げ加工, せん断加工, 絞り加工	
付加加工 (+)	溶接 アーク溶接, TIG溶接, ガス溶接	
	コーティング PVD, CVD	

特殊加工法 (Nontraditional machining)		
エネルギー源	加工エネルギー	加工法
電気エネルギー	熱	放電加工, ワイヤカット放電加工
	熱	電子ビーム加工
	力学	イオンスパッタエッチング
	化学+力学	反応性イオンエッチング, PVD, イオン注入
電気化学エネルギー	化学	プラズマエッチング
	電気化学	電解加工, 電鍍加工, 電気泳動メッキ
化学エネルギー	化学	化学エッチング, 化学蒸着(CVD)
光エネルギー	光	レーザ加工, レーザフォーミング, レーザ焼入
	量子	反応除去(エキシマレーザ)
熱エネルギー	熱	熱切断, 溶射, 蒸着(めっき)
音・振動エネルギー	力学	超音波加工

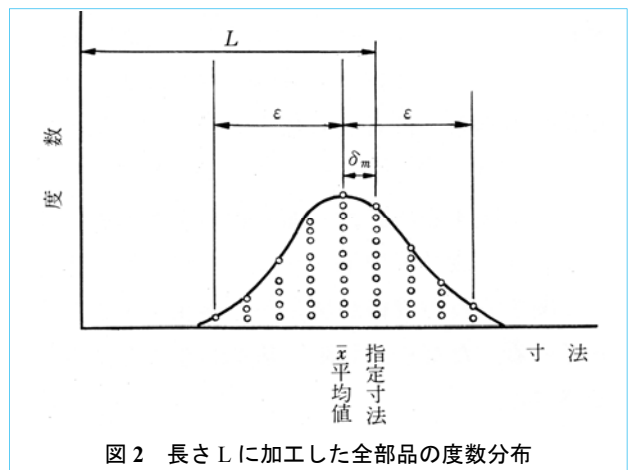


図2 長さLに加工した全部品の度数分布

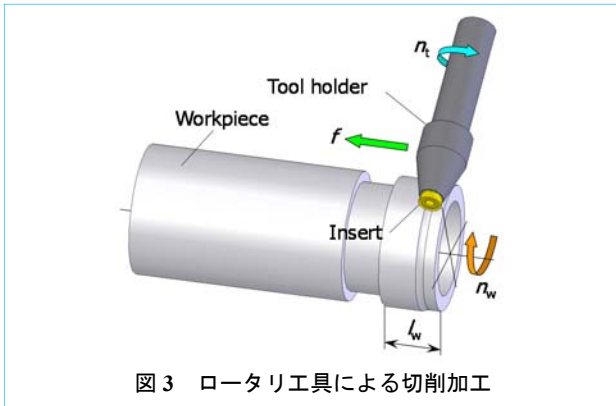


図3 ロータリ工具による切削加工

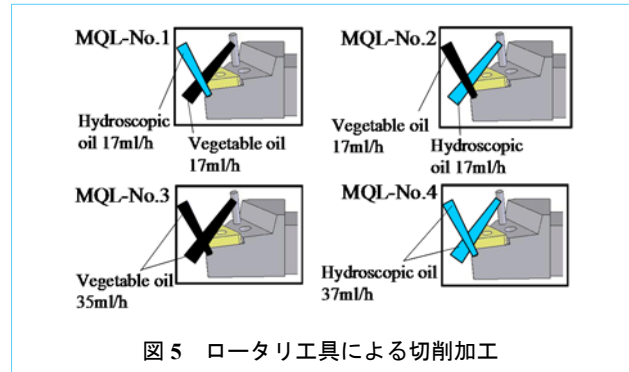


図5 ロータリ工具による切削加工

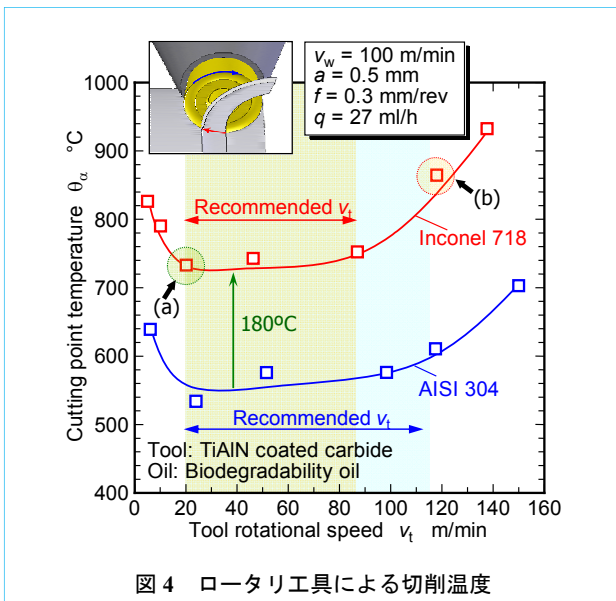


図4 ロータリ工具による切削温度

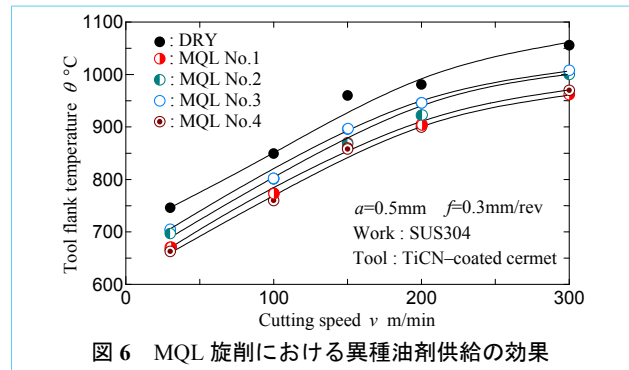


図6 MQL旋削における異種油剤供給の効果

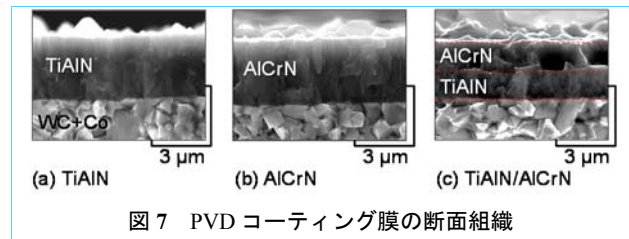


図7 PVDコーティング膜の断面組織

● 精度 (Accuracy) = 精密さ + 正確さ
 で示される。図2は指定寸法Lの部品を加工した場合の全部分の寸法の分布を示したもので、正規分布に近い分布となる*。この場合、平均値の指定寸法からのずれ δ_m を“かたよ”りと呼び、このかたよりの小さい程度を“正確さ”という。また、平均値からの“ばらつき” ϵ の小さい程度を“精密さ”という。一方、“微細”とは正確さや精密さには無関係に、とにかく加工オーダーが細かいことをいい、精密加工に分類される。

3.2 高精度の必要性と現在の技術レベル

高精度に加工できれば種々の調整機構が不要になり、組み立てが簡略化されたり、組み立て後のチューニングが不要になるなど、総合コストが下がる場合も多い。高精度加工の必要性をまとめると、①高精度な運動の実現、②製品機能のばらつきの低減、③部品の互換性の確保、④調整機能の除去、⑤部品点数の減少に伴う累積誤差の低減、⑥機械効率の上昇、⑦イニシャルコスト・ランニングコストの低減、⑧機械寿命の増加、になる。

4. 金沢大学における高度機械加工

4.1 スピニング加工(ロータリ工具による旋削加工)

円形工具を回転させながら旋削を行うスピニング加工 (Actively driven rotary turning : 図3)では、切れ刃が加熱(切削時)と冷却(空転時)を繰り返すため工具への熱負荷が軽減され、難削材加工において工具寿命の増大が期待される。ここでは、代表的な高硬度耐熱合金であるInconel718と一般的な構造材料であるSUS304を旋削し、工具温度および工具損耗形態

からスピニング工具の最適工具回転速度を検討した。

図4は工具の回転数と工具切削点温度の関係を示したものである。図にみるように、工具をある範囲で回転させることによって工具温度が低下していることがわかる。この温度低下によって通常の旋削では不可能な高負荷加工が実現できる。

4.2 すくい面・逃げ面異種油剤噴霧MQL旋削

極微量の切削油をミスト状にして供給するMQL (Minimum Quantity Lubrication)において、すくい面および逃げ面に異なる種類の油剤を噴霧可能な異種油剤噴霧法を提案し、ステンレス鋼の旋削加工における有効性について検討している。

図6は工具逃げ面温度と切削速度の関係を示したものである。図にみるように、MQL-No.1が低速から高速域まで30°C程度工具温度が低く抑えられていることがわかる。すなわち、すくい面には潤滑性の高い油性切削油、逃げ面に冷却性に富む水溶性油剤を噴霧することで、切削温度および切削抵抗が低く、工具摩耗が抑制されることを明らかにした。

4.3 PVD工具による難削材の高効率加工

図7はコーティング膜の断面SEM画像である。同図(c)に示すように、母材(超硬)とも密着性に優れるTiAlNの上に耐熱性に富むAlCrN膜を形成した2層構造コーティング工具が優れた切削性能を有することを明らかにした。

この他、高ねじれエンドミルによるCFRPの高品位加工、クーラントの低減化を可能にするブラシ型ノズルの開発、レーザ照射による砥石作業面の創成(レーザコンディショニング)など多数の研究を行っている。

* 日本学術振興会編、精密加工の最先端技術、工業調査会