

講演概要

テーマ 難削材加工の考え方

講師 広島大学大学院工学研究院材料・加工部門 助教 関谷克彦氏

纏め 日本クエーカー・ケミカル株式会社 池田俊和

切削工具を取り巻く環境は非常に厳しく、高応力（鋼切削時で1.5～4 GPa）、高温（工具切りくず界面の温度は数百℃以上）で、清浄な面同士では摩擦係数はしばしば1を超える。切削抵抗を決めるファクタは、被削材強度、切り取り厚さ、すくい角であるが、すくい角を大きくしても、切削抵抗はそれほど低下しない。切削温度は比切削エネルギー、切削速度、切り取り厚さ、熱物性値から計算できる。切削速度と切削温度の関係は、両対数でグラフにすれば直線関係になる。一般的な切削速度は切削温度が800℃以下の範囲である。

切削工具に望まれる性能としては、①高硬度であること（工業的には被削材硬度の3～4倍は必要）②高強度であること③高靱性であること④良好な熱特性を持つこと（高熱伝導率、高比熱、高密度）⑤雰囲気や被削材と化学反応し難い材質であることが挙げられる。

市販工具材料の機械的特性を知るには①ピッカース硬さと靱性、②熱伝導率と耐熱衝撃性の2つのグラフが利用できる。このグラフから、高速度鋼は高温加工に向かない、CBNを水溶性切削に使わないほうがよい等の判断ができる。

各種工具材料と被削材間の化学的親和性の強弱で、親和性の強い組み合わせは適当ではなく、できるだけ弱い組み合わせを選択する必要がある。化学的親和性を基に、標準的な推奨工具を知ることができる。同じ推奨レベルにある場合は、コストの安いほうを選択する。工具の選定を間違った場合の例を示す。64チタンを旋削加工するとき、炭化チタンを含有するP種超硬合金を使用すると、切削距離が増すと逃げ面摩耗が急激に大きくなる。

工具損傷の原因として、①破壊・欠損、②すき取り摩耗/機械的摩耗、③熱的摩耗が挙げられる。①は通常考えなくてよく、②は0にはならないが工具に問題があると考えられる。③は切削条件を変えることで改善できる。機械的摩耗には掘り起こし摩耗、摩滅、チッピング、き裂が挙げられる。疲労によるき裂は、現在はあまりない。熱的損傷の原因として、工具材料組織の変化、化学反応、電気化学的反応、拡散が挙げられる。すくい面に生じる熱き裂の原因は、断続切削加工時の熱衝撃、酸化による工具の弱化が考えられる。凝着/溶着はアルミ、チタン、インコネルの加工で見られる。

機械的摩耗か熱的摩耗かを判別するには、切削時間と逃げ面摩耗との関係を切削距離（または加工個数）と逃げ面摩耗との関係に整理しなおすとよい。加工速度にかかわらず、逃げ面摩耗が切削距離のみに依存する場合は、機械的摩耗である。機械的摩耗の範囲内であれば高速条件、高能率条件を選択すればよい。工具摩耗は①温度にほとんど依存しない機械的摩耗、②温度上昇に伴い急激に増加する拡散、③ある温度で最大となる凝着/溶着の3つの組み合わせで決まる。

削れるようにするためのプロセスは、①工具損傷の把握、②被削材特性の把握、③工具特性の把握、④切削理論、⑤切削条件の再設定の5つのプロセスのサイクルで考える。切削理論を無視した実施例も多く見られる。被削材の性質をレーダチャート化することは、加工戦略の第一歩として有効である。レーダチャートは硬さ、熱特性、引張強さ、伸びの4項目で作成する。熱特性は熱伝導率、密度、比熱の積の平方根の逆数とする。標準的被削材とすることの多いS45Cで正規化した事例を、ねずみ鋳鉄、ダクタイル鋳鉄、SUJ2で示した。正規化されたレーダチャートは形で見ると判断するもので、絶対比較はできない。加工戦略立案のための基本方針を示す。被削材の熱特性が大きい場合は切削速度を下げるまたは高熱伝導率を持った工具を使用することを考える。硬さが大きい被削材の場合は、高硬度な工具を考える。引張強さが大きい被削材の場合は、高強度かつ高靱性な工具を考える。伸びが大きい被削材の場合はかみ込み防止策をとるとともに、高靱性工具の使用を考える。加工戦略立案例を、SUS304を例にとり示す。S45Cに比べ、熱特性、引張り強さ、伸びが大きいSUS304では、大きなすくい角、高熱伝導率を持つ高靱性工具を使用し、湿式加工、低速度切削等の切削温度を上げない方策が有効である。仕上げ面を悪化させるのは凝着だけではなく、工具の切れ刃の粗さや工作機械のガタなども関係する。

最後に、難削材加工は適材・適所・適切な方法で行う必要があり、そのために理論も必要となる。