

難削材の切削加工と構成刃先について

有限会社瀬戸オイル商会

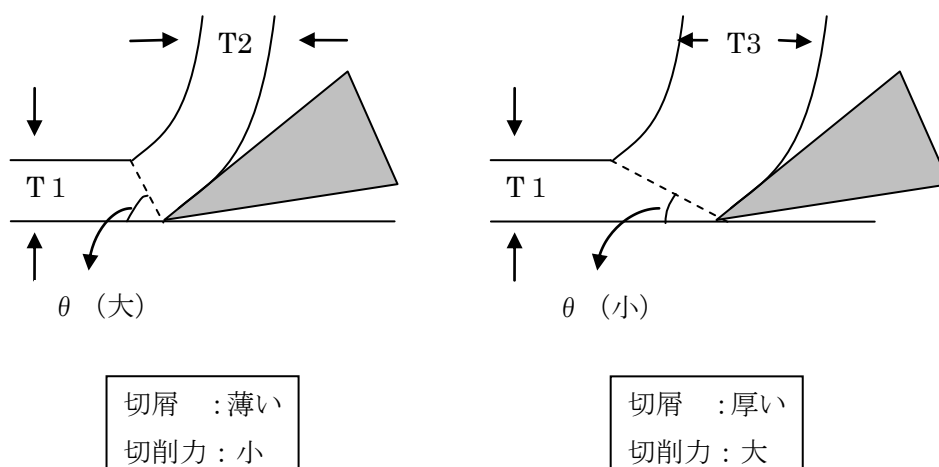
代表取締役 豊田 博

超耐熱合金は、鉄基合金系、ニッケル基合金系、コバルト基合金系それぞれの系列に属する金属であるが、その中でも超難削材と呼ばれている系列はニッケル基合金系である。

特に近年、航空・宇宙産業、原子力産業、高圧化学産業などの発展に伴って、高ニッケル基合金の使用が増加している。これらの系列の金属は、「超耐熱、高耐食合金」と呼ばれ、機械加工において極めて被削性が悪く、材料特性を理解すると共に工具材質、形状や切削条件を十分に吟味して加工しないと大きな損失を招く。

超耐熱合金はその持っている特性から切削加工時には、「高温強度が大きく」「熱伝導性が悪く」「加工硬化性大きく」「凝着性大きい」等など要因が、被削性を悪くする全ての条件であると言える。

被削性指数 (Machinability Ratio) とは各種被削材を旋削し快削鋼の値を100として指数的に比較した値だが、SS材で70、SK材で50、SUS304で45、と比べると、チタン合金13~29、ニッケル基合金は15以下で、Inconel700は僅か8である。一般的に被削性能を評価する時、材料のもつ「せん断角」で比較することがあるので、下の絵を参考に説明したい。



せん断角の大小 (切れ味の良否)

1) 延性のある材料

延性の大きい材料は塑性変形領域が大きい為、せん断角が小さくなり被削材の塑性変形熱が高く、工具すくい面の温度上昇が著しく工具寿命が短くなる。図の中で、T1 は取りしろ T2、T3 はせん断角の大、小 2 種類の材料の切屑の厚さである。同じ取りしろ T1 で加工しても、2 種類の材料でかなり切屑の厚みが違う。つまり延性の大きな材料は厚い切屑が発生する為、工具逃げ面に著しく大きな圧力を受ける事になる。T3 を T2 と同じ厚みの切屑を希望するならば、T1 をより小さくしなければならず、非効率的になり、加工硬化を増長させる原因にもなる。

切削油剤は刃先の温度を下げる目的が第一であるが、同時に塑性変形領域（バキバキ折れ曲がる所）に油糧を多くし、出来れば高圧の油剤を噴き付けるようにすると良い。油性切削油ならば、出来るだけ低粘度のものを、水溶性切削油であれば、潤滑性の高い油剤を高圧で噴射する方法と採ると良い。

2) 引張強度が高い材料

引張強度が高い材料を切削する場合、せん断応力が高く、刃先への応力集中が著しく大きく、構成刃先の脱落強度が高くなりチッピングし易くなる。切削油剤極圧添加剤の多い、構成刃先の脱落力が緩和される油剤が適している。

3) 加工硬化しやすい材料

加工硬化しやすい材料は、材料に工具が食い込まず、材料表面を滑るような挙動が起こりやすく、硬度が高くなり被削性の悪化は悪循環を生む。油剤は潤滑力を多く望まない。むしろ工具が材料に食い込み易い状況を作ることが重視される。刃先の保護の為には切屑処理に注意を払いたい。加工熱で完全に加工効果を起こした切屑はダイヤモンドの粉の様なもので、刃物の周辺で滞留すれば大きなトラブルのもとになるので、出来るだけ速やかにこれを除去する事、出来れば高圧の油剤で吹き飛ばしたい。

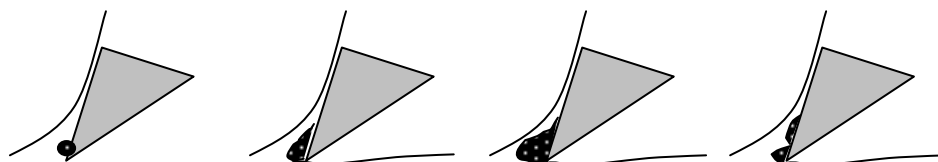
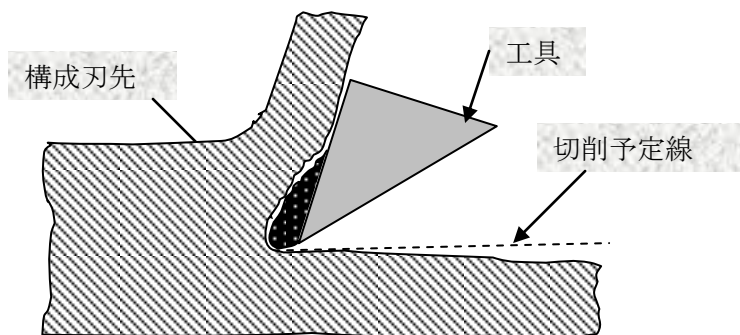
4) 熱伝導性の低い材料

切削時に発生する加工熱は、その 70% を切屑が持って出ると言われているが、それは一般論であって特に耐熱合金には全く当てはまらない。熱伝導性の低い材料は刃先に熱が残ってしまい熱磨耗による刃物の損傷が大きい。従って切削油剤は冷却性の良い油剤を刃先に大量に噴射することが必要である。

5) 構成刃先について

切削工具の刃先は切削加工中は、高い圧力と温度の為切屑の一部が刃先に付着する。この付着物は薄い膜状又は層状で、大きく成長して刃先に固着し刃先と似たような形状をとる。これを構成刃先と呼ぶ。

軟鋼やアルミニウム等ねばい材料を削る時に構成刃先は生じやすい。刃先が構成刃先で丸くなると、切削力は大幅に低下し、切削面はむしりとられ、細かいクラックが出来、光沢がなくなる。構成刃先の成長、脱落で刃先が切り込み方向に動揺し寸法精度を悪くする。構成刃先は刃物材質と被削材との親和性が良いほど出来易いし、超硬より高速度鋼のほうが出来易い。



1. 発生

2. 成長

3. 分裂

4. 脱落

切削加工はある程度までは温度が高いほうが付着物は付きやすいが、高くなりすぎてある程度の温度を超えると構成刃先は軟化して消滅する。

炭素鋼500～600℃ アルミ200～250℃ SUS650～750℃と云われている。

切削速度を上げると切削部の温度が上がり、ある速度以上では構成刃先は出来ない。この時の温度を臨海切削温度と呼ぶ。送りを大きくすると刃先温度を上げる効果があるので、臨海切削温度は下がる。切削速度を変えずに送りを小さくすると、かえって仕上げ面が悪く成る事があるのはこの為である。送りを小さくしたらそれに応じて速度を上げなければならない。臨海切削速度以下での切削は送り切屑の厚さが大きくなれば、構成刃先は大きくなるのが普通で、送りを小さくすると構成刃先は小さくなるが、それを無くす為には切削速度を上げなければならない。

高速度鋼（ハイス）は臨海速度になる前に刃先が軟化してしまうので、高速切削によって構成刃先の発生を抑えることは難しい。良い仕上げ面を得るには、逆に速度を十分に落として温度を上げないようにして、構成刃先の成長を抑える。高速度鋼の場合は適切な切削油を給油することにより、油膜や化合物の介在によって切屑が刃先に付着することを防ぎ、構成刃先の成長を抑えられ仕上げ面を良くすることが出来る。

超硬チップによる高速切削では、冷却して切削部の温度を下げると、逆に構成刃先の消滅が妨げられる場合がある。切削油は切屑と刃先の摩擦面に到達し難くなり、一般にハイスに比べて効果が少ない。従って切削油は滑り性の良い水溶性切削油を高圧で吐出して刃先に液が到達出来る様にすれば、切削効果を上げることが出来る。