工具内部冷却法によるステンレス鋼切削の工具寿命の向上*

銘 莉 春 栄^{*1}, 福 本 功^{*1}, 中 山 清 光^{*1}Improvement of Tool Life on Cutting Stainless Steel
with the Internal Cooling Method

Shunei MEKARU, Isao FUKUMOTO, and Kiyomitsu NAKAYAMA

When stainless steel, a difficult work material, is cut, cutting forces increase and cutting temperature rises significantly. Consequently, the tool life of high-speed steel becomes markedly short. To reduce the cutting temperature, the tool is cooled internally with water, and to reduce cutting forces, high-velocity cutting oil is applied. With the method of cooling and lubrication technique tool life becomes far longer, compared with that in ordinary cutting. Accordingly, this procedure would be very effective for cutting other difficult work materials.

Key Words: Cutting, Stainless Steel, Tool Life Test, Cooling Technique, High-speed Steel, Internally Cooled Cutting Tool, Cutting Temperature

1. 緒 言

切削工具寿命に影響を及ぼす因子として、切削抵抗および切削温度があげられる。とくに、難削材を切削加工するときには、切削温度が非常に高温になるため、工具寿命が極端に短くなることが知られている⁽¹⁾。

そこで、これらの問題を解決、改善するためには、切削抵抗の減少と切削温度の低下の両方によるアプローチが必要である。

本研究においては、難削材として、オーステナイト系ステンレス鋼をとりあげ、なぜ難削材において工具摩耗が著しいのか、その原因を究明するために、被削性が良好である炭素鋼との摩耗形態の比較検討を行う。次に、切削温度の上昇を抑制する方法として、工具内部に、切れ刃に平行に穴を貫通させ、そこへ冷却水を流す工具内部冷却法を用いた。さらに、切削抵抗を減少させるために、潤滑効果の高い切削油を用いた。そこで、それぞれの因子が工具寿命の向上にどのように寄与しているかを調べるため、乾式、切削油使用、工具内部冷却法、工具内部冷却法および切削油併用の

4種類の切削条件で実験を行い主に工具寿命の観点から比較検討を行った。

2. 実験装置および方法

工具内部より冷却する方法は以前から知られているが^{(1)~(3)}、本実験においては、冷却効果がより高まるよう図1に示すように、切れ刃に平行に穴をあけ、かつ経済性を考慮して水道水を冷却水として用いた。また切削油においては、とくに潤滑効果に重点を置き、粘度の高いタービン油(#42)を使用した。被削材は、オーステナイト系ステンレス鋼管 SUS 304 と炭素鋼管 SGP の2種類とし、それらの材料の機械的性質を表1に示す。工具はタングステン系高速鋼 SKH 5 を用いた。実験で使用した旋盤は池貝鉄工(株)の ED-18 型、切削抵抗は佐藤工機の AST 式切削動力計を用いてビジュグラフに記録させた。また、切削温度は切れ刃の近くに放電加工で小穴をあけ、この穴の中にクロメル-アルメルの熱電対をさし込み測定した。さらに工具切れ刃の観察は日本電子 JSM-25 S III 型走査電子顕微鏡を用いて行った。

3. 実験結果と考察

3・1 工具摩耗の形態 通常の旋削は三次元切削

* 昭和62年10月2日 北陸信越支部信越地方新潟講演会において講演、原稿受付 昭和62年2月4日。

^{*1} 正員、琉球大学工学部 (〒903-01 沖縄県西原町千原1)。

であるが、本実験においては、解析を容易にするために、鋼管端面の切削による二次元切削とした。工具寿命に影響を与える大きな因子としては、切削抵抗と切削温度が考えられることから炭素鋼とステンレス鋼を切削加工したときの比較検討を行った。まず切削距離を変化させたときの切削抵抗の変化を図2に示す。図2より切削距離が増加すると切削抵抗は直線的に増加する傾向にあり、さらに炭素鋼がステンレス鋼よりも、水平方向、垂直方向いずれも高い値を示していることがわかる。しかし、切削速度を増加すると、図3に示すように、切削距離の増加とともに切削抵抗の大小関係は逆転し、ステンレス鋼が炭素鋼より高い値を示していることがわかる。さらに、このときの切削温度を測定し、その結果を図4に示す。ステンレス鋼は切削距離20m付近より切削温度は急激に上昇していることがわかる。以上のことから、ステンレス鋼の難削性は切削速度にかなり依存しているように思える。

また、そのときの工具摩耗の状況を図5に示す。炭素鋼においては、延性破壊に見られるようなディンプルが見られ、機械的な外力による影響が大きいものと思われる。それに対して、ステンレス鋼においては、大きくえぐりとられたような摩耗形態を示している。これは、切削熱により切れ刃部が極端に軟化し、軟化された状態で切削作用が進行するため、逆に被削材によりえぐりとられたものと思われる。このように、炭素

鋼とステンレス鋼とでは、摩耗形態が大きく異なることが明らかとなった。

そこで、ステンレス鋼を切削加工したとき、切削速度が増加することにより、工具寿命がどのように変化するか検討した。その結果を図6に示す。図6より切削距離が増加するにつれて、切削温度は増加する傾向にあり、切削速度が増加するにつれて、その傾向は著しい。このことから、切削速度が高くなると、切削温度が急上昇することにより、切削寿命が急激に短くなることがわかる。すなわち、ステンレス鋼においては、熱伝導率が小さいため、切削熱が切れ刃部に集中しやすい

図2 切削距離と切削抵抗の関係

図3 切削距離と切削抵抗の関係

図4 切削距離と切削温度の関係

表1 被削材の機械的性質

Workpiece	Ultimate strength (MPa)	Total elongation (%)	Vickers hardness (HV) (500g)	Thickness of pipe (mm)
Stainless steel (SUS304)	740	41.0	285~275	2.80
Carbon steel (SGP)	410	27.6	180~250	2.80

図1 工具内部冷却法

く、切れ刃部の温度が著しく高くなるため、工具寿命が短いと思われる。

3・2 工具内部冷却法による工具寿命の改善 ステンレス鋼における工具寿命の軽減は、切削抵抗の減少と切削温度の低下をいかに制御するかにかかっていると思われる。すなわち、両者のアプローチが必要である。そこで、従来からなされている切削油による方法と、工具内部冷却法との比較を試みた。まず、乾式で切削加工を行っている途中で、摩擦係数を小さくするため粘性の高い切削油(#42)を注入したり、あるいは工具内部に冷却水を流したり、または両者を併用することにより、切削抵抗の減少、切削温度の低下にどのような効果があるか検討を行った。図7にその結果を示すが、切削抵抗においては、冷却前後において水平

方向ではそれほど差はないが、垂直方向においていくぶん減少する傾向が見られる。これは、冷却後の切削では、切りくず厚さが減少することより、せん断角が増大したためと思われる。すなわち、工具内部冷却法では、冷却効果による工具すくい面上の摩擦状態の変化が二次的にせん断角を増大させたためと考えられる⁽³⁾。切削温度においては、切削油の注入後の温度低下率は45%，工具内部冷却法では50%，両者の併用では65%の値を示す。すなわち、工具部冷却法は、切削油を上回る効果を示し、さらに両者を併用すると、切削温度の低下率は著しく高まることがわかる。

そこで、実際に工具寿命にどのような効果を与える

図5 工具摩耗の形態

図6 切削速度と工具寿命の関係

図7 工具内部冷却法と切削油を用いた場合の比較

図 8 工具寿命の比較

図 9 工具刃先

かを調べるため、切削距離を変化させたときの工具寿命について比較検討を行った。その結果を図 8 に示すが、工具寿命においても、前述の効果がより明瞭に表れる形で、切削油と工具内部冷却法の両者を併用すると、工具寿命は著しく伸びることがわかる。また、そのときの工具摩耗の状況を図 9 に示すが、切削距離 2700 m においても、切れ刃は鋭利な状態を維持しており、さらに切削抵抗、切削温度の急激な変化もないことから比較的良好な切削がなされていると言える。

次に、工具内部冷却法の効果が確認されたので、水圧を変えることにより、冷却水量を変えたときの切削温度の低下については検討を行った。その結果を図 10 に示すが、冷却水の流量が増加すると、切削温度は低下する傾向にある。また流量が、0.15 l/min までは切

図 10 冷却水の流量による冷却効果

削温度の低下が急激であるのに対し、1.50 l/min 以後はほぼ一定となる。以上のことより、実験をした範囲では、流量は 1.50 l/min でよいと考えられる。

4. 結 言

工具内部冷却法を難削材であるステンレス鋼の切削加工に適用した結果、次のことが明らかとなった。

(1) ステンレス鋼の切削加工では、切削温度の影響が極めて大きく、切削距離の増大とともに工具への熱蓄積もしだいに増大し、工具の熱軟化現象によって切削不能となる。工具内部冷却法は切削工具の温度上昇を抑制する方策として効果的である。

(2) 工具内部冷却法と切削油剤を併用した場合は、切削抵抗、切削温度なども低く、さらに切削寿命試験でも工具の摩耗が少なく、難削材の切削加工として適していることがわかった。

文 献

- (1) 銘苅・ほか 2 名, 機講論, No. 848-3 (昭 59-11), 204.
- (2) 岡本・土井, 精密機械, 38-5 (昭 47), 443.
- (3) 岡本・土井, 精密機械, 41-5 (昭 50), 431.