

月刊 トライボロジー

THE TRIBOLOGY

2020 **3** No.391

MOTION & CONTROL™
NSK



電動車用希薄潤滑環境向け円すいころ軸受
日本精工

特集

切削・研削加工技術
塑性加工技術

高圧クーラントを用いた 難削材の切削加工



徳永秀夫
Hideo TOKUNAGA
(株)クビ製作所

1. はじめに

量産の旋削加工ラインは、省人化対策として粗材の搬出搬入用ローダーや、ロボットによる加工素材の脱着で自動化を目指すのが、完全に自動化できないのが切りくず絡みの問題である。

特に内径加工などは、使用するホルダーと加工径のすき間からの排出が難しく、加工完了の度に切りくずの除去が必要となっている。加工素材にそのまま次工程に切りくずが持ち込まれると、様々な問題を発生させるため、切りくずを検知させ設備を停止させる制御方法を取っている。現場用語で「チョコ停止」というのが、長年苦戦している企業は多い。その切りくず除去は人の手で処理しており、省人化の壁となっている。

2. 鍛造粗材の荒加工の改善

鍛造粗材の荒加工の多くは、図1の○印のAB部に来ると取り代の幅が大きく、チップブレイカーの能力を超えて分断が

【著者問合せ先】

〒581-0854 大阪府八尾市大竹3-167
Tel.072-941-2288 Fax.072-941-5181
E-mail tokunaga_tokupi@yahoo.co.jp

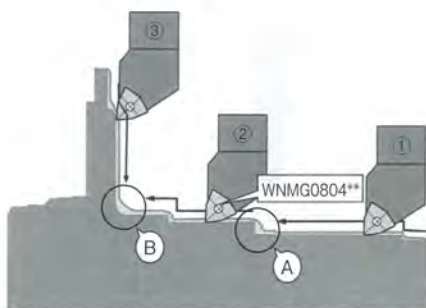


図1 鍛造粗材の荒加工

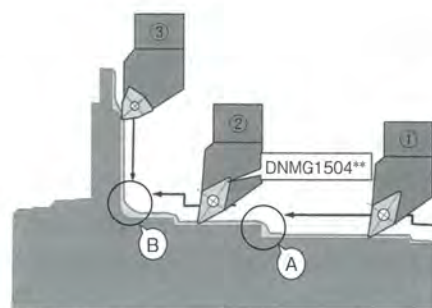


図2 荒加工の改善

難しくなる。

多くの現場では、両面オムスピ型(WNMG08)を選ぶことから、コーナー部での取り代が大きくなり、ブレイカーの能力を超えてしまう。

そのため、①②の刃先形状を変えることが改善の第一歩と考える。そこで、図2のWNMG08**をDNMG15**に変更し切れ刃角を広くとり、刃長を長くすることによる取り代の変化に追従させる工具選びが重要である。

W型6コーナー仕様からD型4コーナー仕様が変わることで、出現するのが工具費の問題である。例えばチップ1個で、1コーナー100個×6コーナー=600個を加工できる仕事量だとする。それを4コーナー仕様にするには、1コーナー

150個×4コーナー=600個といった工具の選び方と、重要なブレイカー選びが第二の改善となる。

チップブレイカーの種類は、200種類以上を超える。仕上げ・中荒加工・荒加工と取り代のニーズに合わせ選択するのだが、もう一つ厄介なのが被削材によって切りくずが変化することである。このことも考慮する必要がある。

3. チップブレイカーの選択は重要

工具メーカーのカタログには、取り代と送り速度の適用範囲が記載されており、選ぶ際には取り代と送り(mm/rev)が重要になる。図3の凸形ブレイカーは仕上げ加工には良いが、鍛造の黒皮を加工するような加工には、チップブレイカー

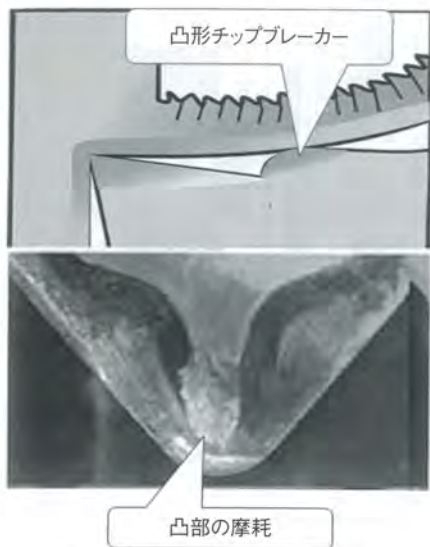


図3 チップブレイカーの摩耗

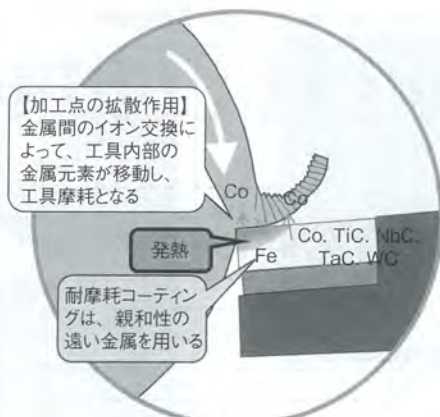


図4 加工点の摩耗

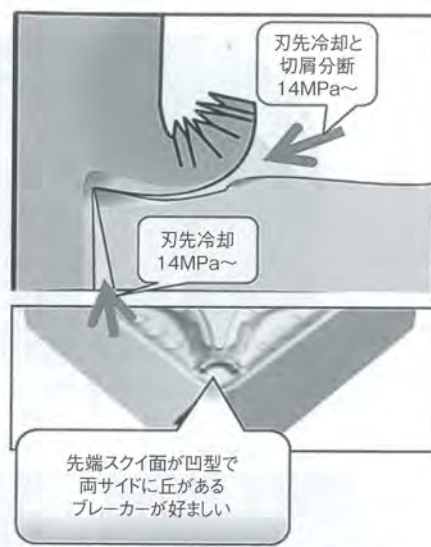


図5 14MPaのクーラント圧での加工

の凸部が摩滅し、すぐに切りくずが分断できなくなる。また被削材・加工方向によってまったく機能しないことが多い。

それを防止するため、耐摩耗性向上を目的としたコーティング技術が進歩しているが、各工具メーカーの技術の差異は素人には判断ができない。また被削材・加工方向によってチップブレイカーがまったく機能しないことが多いことから、実際に使用してみないと分からないのも事実である。

4. なぜ摩耗するのか？

加工点の摩耗は、熱によるもので被削材と超硬との金属間の拡散作用によって行われる(図4)。回転を速くすれば熱が発生するため、適正な切削速度域というのが存在する。要は親和性の近い金属がその対象だが、超硬の表面の摩耗対策に、親和性なるべく遠い金属をコーティングする技術が多く登場してきた。

そのため、以前では200m/min⁻¹付近の速度域で加工していたものが、発達したコーティング技術によって350m/min⁻¹以上まで選ぶことが可能になっている。しかし、肝心の切りくずを分断するという分野は、技術は以前とあまり変わらないため、現在も加工現場の生産性阻害要因となっている。

5. 14MPa以上のクーラント圧で切削

一般的に高圧と言えば7MPaであるが、その圧力では切れない被削材が多い。SS400・SPHC・STKM・HTSSや、SUS・インコネル・ハステロイなどといった、Niを主とした難削材などが挙げられる。チップブレイカーだけでは切りくず分断ができない被削材を、高圧のクーラント圧で分断を可能にした。

加工形態が仕上げ加工であれば、現行のチップブレイカーでも問題なく分断できるが、取り代に変化のある中荒加工の場合は、すくい面が凹型になっているものが分断しやすい(図5)。あくまでもブレイカーで曲げてクーラント圧で押しという理屈である。

6. 各種の被削材に対応

当社では、ユーザーの要望で有償テストを行った結果、様々な加工法や被削材において切りくず分断を可能としてきた(表)。表の◎印のない加工は、今後テストしていくものとなるが、最も重要である内径加工用の高圧専用ホルダーが外径旋削のように選べないことが課題となっている。

内径加工の複雑な形状には、クーラントを当てる位置が重要になることから、工具メーカーの協力なしでは成し得ない

ものである。加工方向とクーラントの当て方や、ノズル径とポンプ容量の制約の問題などの課題も多い。

しかも、刃先の冷却効果で摩耗が小さくなることから、さらに切削速度を上げることによる生産性向上が見込めることや、縦型MCでの小径深穴(φ5-180L) SUS304の20MPaによるノンステップ加工を実現したことが、最も大きな成果となった。切りくずの排出を高圧クーラントによって実現したことによって、これまで切りくず処理がネックで自動化が難しかった工程や、ボトルネックとなった穴加工工程への波及効果は大きい。

また、これまで検証できなかった切削工具の性能評価までを行い、ユーザーへ幅広い工具の提案を可能にした。

7. 高圧クーラントによる加工事例

7-1 事例1 インコネル旋削加工

Ni基の加工は、加工中の熱の伝導性が悪く一般的に切削速度を上げられないと言われる粘りのある被削材である。さらに送り速度が遅いという中で切りくずの巻付きは、自動化の阻害要因となっていた。図6は、14MPaまでクーラント圧を上げることで、切りくず絡みも解消した事例である。

7-2 事例2 ハイテン材の内径加工

ハイテン材は、自動車部品の中で溶接を主体とする被削材だが、被削性が悪い。

表 高圧クーラント成功事例

設備	加工形態	被削材													
		低炭素鋼	中炭素鋼	合金鋼	非調質材	SUS材	アルミ合金	焼入れ鋼	銅合金	圧延銅板	インコネル	チタン合金	ハステロイ	FC	FCD
旋削	外径	旋削	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		溝入れ加工	○	○	○	○	○	○	○	○					
		ねじ切り													
	内径	旋削	○	○	○	○				○					
		溝入れ加工								○					
		穴明け加工		○									○		
		ねじ切り													
TAP加工															
リーマ加工															
MC	穴明け加工		○												
	エンドミル加工		○												
	フライス加工														
	リーマ加工														
	TAP加工														

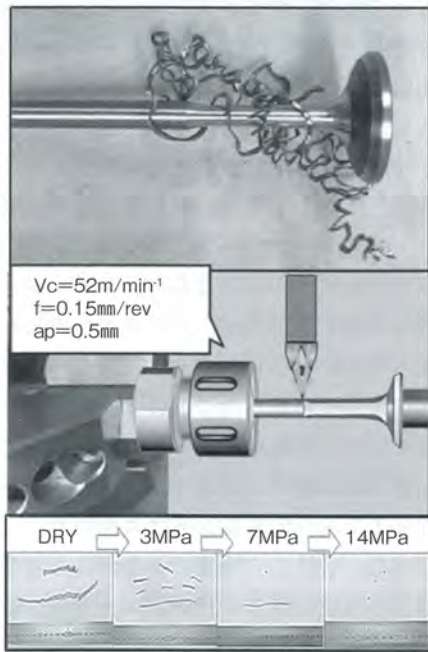


図6 インコネルの旋削加工

非常に粘りがあり、硬い切りくずが内径ホルダーに常に絡み付き、その除去に加工者は苦戦を強いられてきた。この加工では、クーラント圧を20MPaまで上げることで、完全に細かく分断することを実現した(図7)。

7-3 事例3 NC旋盤による深穴加工

図8は、NC旋盤によるφ5-180L貫通穴加工である。被削材は一般的なS50C材であるが、ドリル加工中の切りくずを排出させながら行うステップ加工のため、加工時間がかかっていた。これには

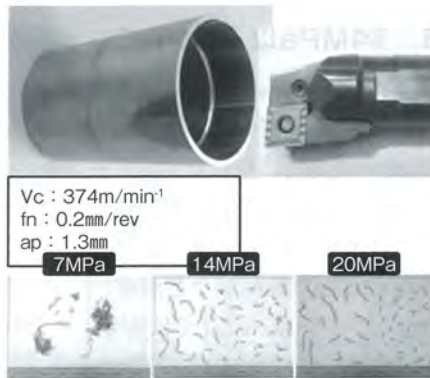


図7 ハイテン材の内径加工

20MPaのクーラントで、 $V_c: 80\text{m}/\text{min}^{-1}$ $f: 0.25\text{mm}/\text{rev}$ ノンステップで加工することで、10秒程度での貫通に成功した。

7-4 事例4 縦型MCによる深穴加工

オークマ製MILLAC561を用いて、NC旋盤での小径深穴加工(φ5-180L)を、MCで行った。切りくずの排出性において不利と言われる縦型MCで、小径深穴加工でスムーズな切りくずを実現したことにより、高圧クーラントの能力を確認した。

被削材はS50C材およびSUS304材で、

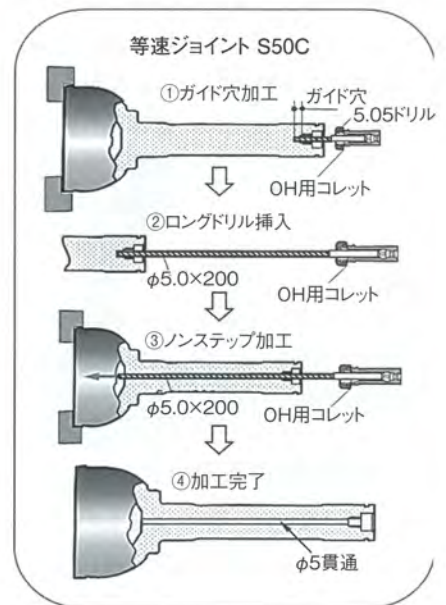


図8 NC旋盤による深穴加工

ノンステップ加工とした。加工条件は、 $V_c: 80\text{m}/\text{min}^{-1}$ $f: 0.25\text{mm}/\text{rev}$ である。

8. 高圧クーラントの応用例

8-1 cBN砥石の目詰まり除去

最近の量産ラインで、cBN砥石の目詰まりによる工具費増問題にも高圧クーラントで対応した。φ300の平面に10mmの

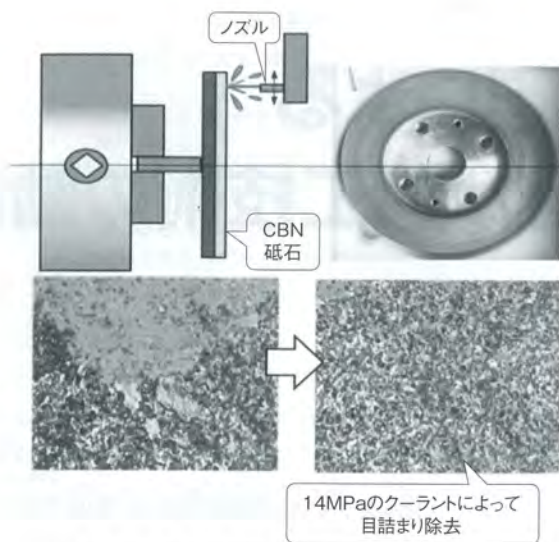


図9 高圧クーラントによる目詰まり除去

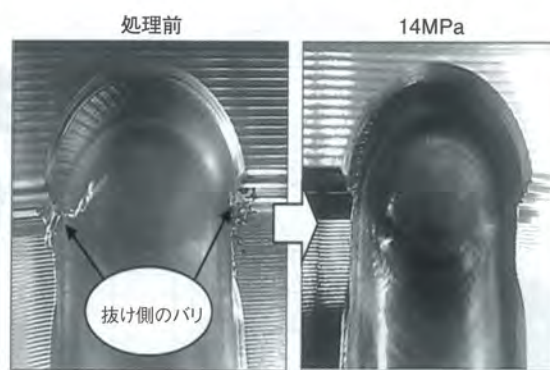


図10 SPHC材のキー溝のバリ除去



図11 高圧クーラントによるカエリバリの除去

距離から、ノズル径 $\phi 0.8$ で14MPaのクーラントを噴射させ、目詰まり除去を行った。大きな工具費削減へと貢献した事例である(図9)。

8-2 完成品のバリ取りテスト

SPHC材のキー溝のバリ除去が難しいという加工現場の課題について、14MPaのクーラント圧で除去ができるかというテストを行った(図10)。従来ではキー溝が段付き部に被った部分が最も除去しにくく、作業者泣かせの手作業を強いられていた。

この事例では、クーラント圧14MPaでバリの除去が可能となったが、これにはエンドミルで高圧加工しながら、バリ発生も同時に抑えられていたためと考えられる。

また、SCr(クロム鋼)材などの端面溝加工後に内部溝加工をした際のカエリバリの発生も、20MPaで完全に除去できる(図11)。アルミ合金なども同様にバリ取りは可能である。

9. 14MPaによって得られる副産物

ユーザーの中には、14MPaで細かく分

断した切りくずを圧縮して切りくず回収業者に渡すところもあるらしいが、まるで黒ゴマ煎餅である(図12)。これまでとは異なり、切りくず処理業者側も高く買い取りがされるという。“たかが切りくず、されど切りくず”として当社も導入を検討中である。

10. おわりに

この高圧クーラントを上市してから10年を迎える。徐々にその効果に理解を示す企業も増えてきたが、年間の設備販売台数から見れば、0.002%以下である。近年日本では、採算の合わない仕事は、人件費の安い海外へ移管してきたが、それまでは困難とされていた加工を攻略してきたことも日本の強みである。

機械と工具と高圧クーラント装置という三位一体となった取組みが、長年の課題とされてきた難加工を解決すると自負している。超高圧クーラント装置は、日本にしかなく、生産現場の頭を悩ませてきた切りくず処理が、この高圧クーラントによって変化をもたらすと確信している。私たちの加工技術によって日本のも



図12 圧縮した切りくず

のづくりに貢献できるよう、今後も精進して参りたい。

参考文献

- 1) 三菱マテリアル：ドリル協力。
- 2) 横山明宣：元素から見た鉄鋼材料と切削の基礎知識、日刊工業新聞社、2012。