

生産加工技術を支える

機械と工具

2020
4



金型加工の最新技術動向
特設記事:金型製作製品ガイド

Y軸ストローク 1,050mm

立形マシニングセンタ

MB-80V



OPEN POSSIBILITIES

オークマ株式会社

LOKUMA

技術解説

加工における問題点を、 原点から見直し最適化する

徳永 秀夫*

1. はじめに

高圧クーラント装置 (U-HIPRECO 30MPa) の販売開始から10年が経過する。2012年から1m²のコンパクトサイズ (S-HIPRECO 20MPa) を追加し、量産ラインへの対応にも応えられるようになった。量産ラインでは、ラインタクトが設定され、時間当たり出来高を管理している。このラインタクトを短縮させ生産性を上げるために、技術スタッフは日々苦戦をしている。

モノづくりは、製造コストをいかに小さく、利益幅を広げるかであるが、なかなか解決できない切屑問題が生産性の足を引っ張っている。高圧クーラントは一般的に7MPaと言われているが、この圧力でも切屑を分断することができない企業はたくさん存在する。当社の高圧装置は、0~20・30MPaを手元で簡単に調整できる。だが家庭のエアコンのように、単に高圧クーラント装置を取り付ければ問題が解決する訳ではなく、それには高圧クーラントが対応可能となる機械側の問題や、工具では加工点に高圧のクーラントを吐出させるホルダーが必要となるため、思うようにことがすすまないのが現状である。まさに三位一体となった協力体制が必要となる。

これまで新規導入する機械には、機械メーカーの技術協力に対応していただき、既存の機械の対応は当社が改造を行う。これまでの加工実績を表1で紹介する。ユーザーのテスト依頼は、外径旋削が圧倒的に多いこともあり、実績も集中した結果ではあるが、ほぼ切屑分断は可能である。昨年からは内径加工の相談や、内径ねじ切り、TAP

加工などの切屑絡みの相談は多い。

2. 多くの加工現場に共通していること

相談を受ける企業の大半は、熱間および冷間鍛造粗材の中荒加工の切屑巻きである。鍛造品特有の取り代の問題は、図1のA部やB部のような、段付き部の余肉が大きいことで、切屑巻きの要因の一つである。

ユーザーのほとんど、このオムスビ型 (WNMG**) のチップを選んでいることが多い。工具コストを考えるとコーナ数が6コーナの物を選択している。CNMG** (4コーナ) 仕様の刃先角

表1 被削材別テスト加工 (14MPa~) 事例

設備	加工形態	被削材													
		低炭素鋼	中炭素鋼	合金鋼	非鉄鋼	SUS材	アルミ合金	銅合金	圧延鋼板	ステンレス	インコン	チタン合金	Hastelloy	FCD	樹脂関係
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	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

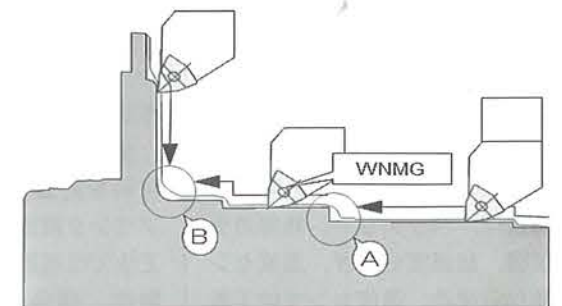


図1 切屑巻きの要因

*TOKUNAGA, Hideo / 株式会社トクビ製作所 顧問

度がWNMG** (オムスピ型) と同じであることから、採用するのであろうが、これが逆に生産性を悪化させていることに注視して欲しい (図1)。

WNMG** (オムスピ型) を選ぶのは、丸材から削り出すような、一品一様の加工で加工パスが多いが取り代が一定で、安定した切屑処理はできる。一方、取り代を少なくした鍛造粗材は、段付き部で取り代が多くなるため、チップブレイカ機能を越えた取り代となることから、切屑巻きが発生する。これは極力避けるべきである (図2)。

そこで、チップ形状を変えてチップブレイカの分断能力範囲で選択することで、大幅な切屑処

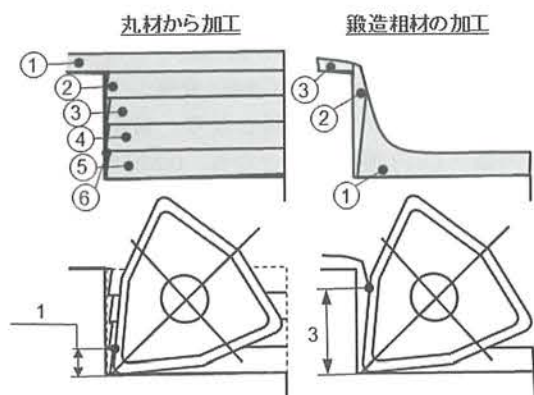


図2 丸材と鍛造素材の加工例

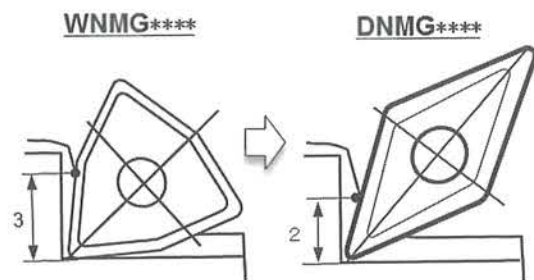


図3 チップブレイカの種類と切屑処理

理ができる。工具改善の第一歩である (図3)。また、内径加工の微い加工は、加工する角度が変化するものが多く、切れ刃角を大きくしたホルダー一選択で大きく生産性が変わる (図4)。

3. 切屑処理を行うチップブレイカの選び方が難しい

企業によっては、工具の購入先に制約があり、決められた工具メーカーから選択するしかない場合がある。実務に携わっていない部署から見ると、工具はどれも同じで価格は安いものでいいと思っているかもしれないが、それは大きな間違いで、小さな刃先には大きな技術力が満載で、それに気づいていないだけである。特に違うのは、チップブレイカである。両面仕様 (ネガタイプ) だ

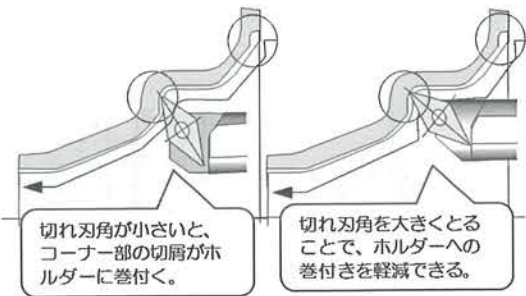
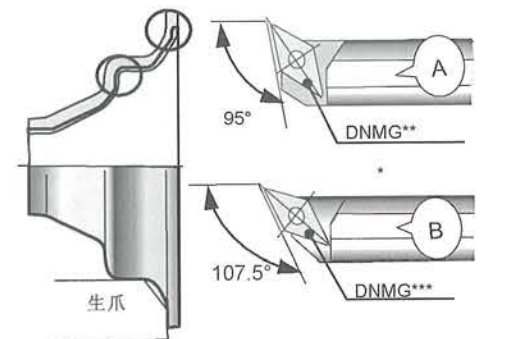


図4 切れ刃角度と生産性

表2 各社チップブレイカ検証 (ネガチップ)

工機メーカー	国内													海外	合計
	M	S	T	D	H	N	K	Sv	Kn	Is	Sc	計			
炭素鋼	1	1	1	1	0	0	0	1	2	1	0	1	0	5	
合金鋼	1	1	1	1	0	0	0	1	2	1	1	2	0	10	
炭素鋼・合金鋼	5	5	4	4	3	3	6	2	3	2	1	0	0	38	
炭素鋼	2	8	7	7	2	4	2	5	2	2	1	2	0	37	
合金鋼	2	3	4	2	3	2	5	5	1	2	2	0	0	31	
炭素鋼・合金鋼	5	3	4	2	2	0	2	2	2	2	3	0	0	27	
炭素鋼	2	4	3	3	1	1	0	2	2	1	1	0	0	20	
合金鋼	0	3	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	
検証	18	26	24	24	13	0	13	10	18	4	17	9	12	171	
検証率	39%	96%	96%	0%	23%	0%	22%	47%	8%	0%	0%	0%	0%	41%	

けでも、170種類を超えるものがあり、過去に筆者は70種類を検証しながら、工場全体の切屑処理を解決してきたが、実際に採用したものは、わずか5種類と少ない (表2)。

自動車部品などの、鍛造粗材は低炭素に熱処理で強度を上げる技術が進んでおり、その粗材を加工する際は、刃先は欠損しないような処置で、スクイ面は切屑の摩擦熱に耐えられるコーティングなどを施したものを選ぶ必要がある。切屑を切ることにだけブレイカを選ばず、チップのスクイ面の凸突起型にして、そこへ当てて切屑分断をするようになる。だが、凸部に当たった部分の摩擦が早く、工具寿命が短いという問題が発生するのである。

4. チップブレイカと送り速度がマッチングしていない

切屑処理問題の現場を見ると、低切込み低送りによって、ブレイカに当たらないような選び方をしていることが多く、仕上げ切削という情報だけで、ブレイカを選んでいることが多い。図5は取り代 (ap) と送り速度 (mm/rev) を表すもので、チップブレイカの箱にも表示がある物もあるが、その表示はあくまで目安であって、絶対のものではない。これは加工してみないと分からないのが現状である。図6で紹介するような中切削

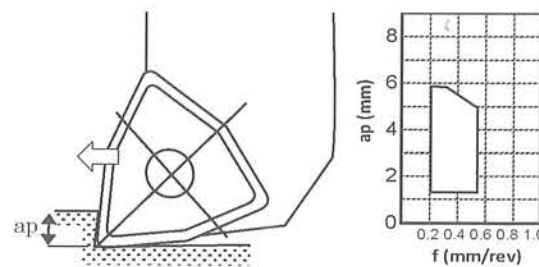


図5 チップブレイカと使用領域



図6 中切削に最適なブレイカ

には、凹型で両サイドに壁を設けているような、ブレイカの方がいい。工具の改善に必要な情報の一つである。

5. 使用コーナ数を減らすと工具費が上がる?

工具の評価をする際は、どのような判断をするかであるが、チップ単価をチップ1個の総仕事量 (交換値×コーナ数) で割った値、すなわち工具技術原単位で判断すべきである。加工品を1個加工するのに必要な原単位を「見える化」することで、正しい評価基準をつくる。

例えばチップ単価600円のオムスピ型 (WNMG**) チップをコーナ当たり100個とすると、6コーナで600個の仕事をするようになる。@600円÷600個=1.0円/個当たりとなる。これを4コーナ仕様のDNMG**に変更して、コーナ100個4コーナで400個となり、@600円÷400個=1.5円/個当たりとなる。0.5円上がるというならば、交換寿命を50%延ばす改善を行いコーナ当たり100⇒150個へチャレンジすることを薦めたい。工具形状を変えることによって、切屑の巻付きが改善され生産性 (加工出来高) が上がり、付加価値を上げる方が、工具コストを下げるより効果は大きい。工具の改善で生産性が上がる取り組みが本来のコスト低減活動である (図7)。

6. 生産性を上げると言うことは、加工費を下げること

時間チャージ6,000円とすると、100円/分当たりとなる。工具費16.7円/個 (工具費/本÷工具寿命) +加工費加工費/分50円 (機械費100円/分×加工時間0.5分/個) で、1個当たりの加工費を66.7円/個を現状とし、①安価工具にした場合、②工具寿命を25%upさせた場合、③加工速度を25%upさせた場合、④高圧クーラントを使い切

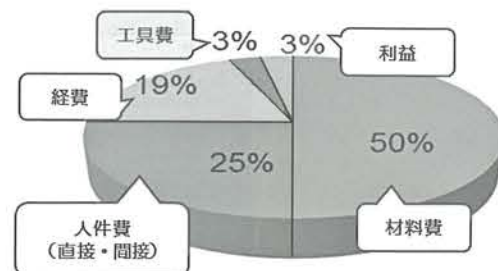


図7 製造原価

表3 生産性と加工費の比較

加工費計算	現状	安価工具	寿命25%UP	条件2.5倍UP	高圧クーラント
工具費(円/本)	6,000	2,500	6,250	6,250	5,000
工具寿命(本/本)	300	225	375	300	300
1個当り工具費	16.7	11.1	16.7	20.8	16.7
機械費(円/分)	100	100	100	100	100
加工時間(分/個)	0.5	0.625	0.5	0.375	0.250
分当り加工費	50.0	62.5	50.0	37.5	25.0
加工費(円/個)	66.7	73.6	66.7	58.3	41.7
効果		▲4%		△7.3%	△32.1%



図8 刃先冷却と生産性

削速度を50%upさせた場合の加工費への効果をまとめて見た。表3のように、工具は現行のまま高圧クーラントを使用した結果が最も付加価値を上げることができる。

7. 高圧クーラントで生産性を上げる

高圧クーラントは、切屑だけを切る装置ではない。あくまでも、切削工具が主役である。ブレーカの種類によって分断の内容も変わる。むしろ、刃先の冷却によってもっと切削速度を上げ、加工費を下げる役割が狙いである。

※高圧クーラントにより、切屑が分断される理由

高圧クーラン供給法を併用することにより、

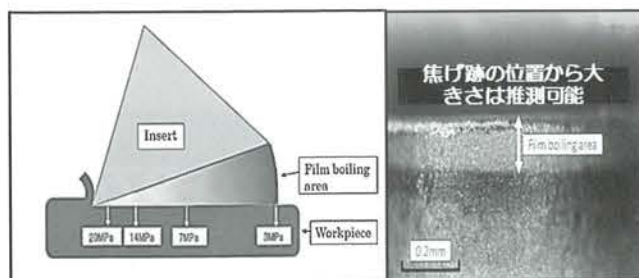
クーラントの噴流によって切屑とインサート間に流体くさびが形成される。この流体くさびにより、切削部における領域が広がるだけでなく、切屑の曲げ半径が減少し、切屑がより分断されると考えられる。したがって、切屑分断を効果的にするには、このくさび作用による切屑曲げ半径の減少を効果的にするためには、クーラントの供給方向が非常に重要である(図8)。

※高圧クーラントにより、切削速度を上げられる理由

切削速度を高速にすると一般的に切削温度の上昇による工具寿命の低下が発生する。そのため、通常の切削では高速切削速度で切削加工を行なうことは極めて困難である。高圧クーラント法を併用すると、クーラントノズルの位置を最適化すると工具寿命が80%以上改善される。また、工具の接触長が短くなり、他の切削条件よりも切削ゾーンの奥深くまで切削油剤が浸透する(図9)。

8. 高圧クーラント加工に必要なこと

現在ではユーザーの要望で、機械メーカーも14MPaが使える仕様が出てきた。これは新規に購入する場合だが、既存の設備に設置できるかという問い合わせが多い。その時漏れはないか?などさまざまである。漏れは設備外に漏れるのか、それともタレット部かであるが、機械外に漏れるものは、カバーを付けたりすることになる。タレット部については、クーラント水の供給経路によって異なる。多いのはピストン部(正式名称不明)へ供給され、タレットが回転し工具へ流れる改造が必要となる。そんなに難しい話ではない。もう一つは、タレット内部にあるセンタハブ(正式名称不明)を介し、刃先へ流れるセンタハブ方式で、ここにはロータリシールの改善が必要と



(資料) 東京大学CM生産技術 名誉教授帯川利之、松本航、林遼、トクビ製作所森台主税

図9 膜沸騰領域の実態

なるため、タレットをバラし確認が必要となる。現在当社の高圧装置を使用しておられるユーザーは、ここをクリアし、問題を解決している。

更に必要なことは、高圧専用のバイトホルダである。外径旋削用として、各社それぞれ標準品がラインアップしているが、内径加工用は特定のメーカーに限って存在する。現場の最大の悩みは、この内径加工の切屑巻付きであるが、加工形態が多様にあることから、思ったものが手に入らないのが大きな問題でもある。下穴の径に入る範囲で、刃先へクーラントを吐出させるわけだから、いろんな制約が出てくる。各工具メーカーに特注で依頼しても、納期がかかることから、確実に切屑が分断できるノズルの位置や加工点までの距離・角度など、開発を急いでいる。

9. モノづくりの現場には、最善のモノを設定する

当社でテスト加工を行いOKだったものを、実際導入する際、工具メーカーが取引されていないことから、別のメーカーを購入することとなり、結果切屑がうまく切れない結果となったケースもある。工具はどこも同じではない。現場に最適なモノをテストしても、この商流というルールが大

きな壁でもある。商社も現場のモノづくりをしっかり見て、一緒に参加すべき時がきている。これまでのように何でも売れる時代ではない、現場が喜ぶ情報でリードすべきだ。日本が他国に技術力で負けないためにも、現場には最善のモノを提供するときである。ユーザーの生産性を上げることであれば、そのルールも見直しが必要な時である。今後更に現場の人手不足が発生し、ロボット化が進んでも、この切屑絡みによって完全自動化ができないのである。当社は、ユーザーの声に応えるべく、三位一体となった取り組みを今後も行うものである。

参考文献・引用資料(敬称略、順不同)

- 1) 横山明宜著：鉄鋼材料と切削の基礎知識2015
- 2) 帯川利之：東京大学帯川研究室
- 3) 奈良高専：和田教授研究室
- 4) 株式会社製作所：森台勇介

□ □ □ □