

悩み解決の
ヒント
あり

02



KEY
WORD
...

ドレッシング間隔の延長

研削焼け抑制

工具費削減

生産性向上

歯面精度

〔著者〕石澤 孝政、大浦 雄介
工業機材事業本部 技術本部 商品開発部
ビトリファイドグループ

Q

工具費削減、砥石寿命の延長、
研削焼けの抑制、
全てを満たす砥石が欲しい



A

こんな悩みにはこの製品



歯車研削における
品質と製造コストの両立
歯車研削用砥石
ギヤエース



研削焼けの発生しやすい歯車研削特有のドレッシング条件でも切れ味を損なわず、ドレッシング間隔の延長が可能な新砥石を開発しました。A系の一般砥粒*のためドレッサへのダメージが少なく、セラミック砥粒に近いドレッシング間隔であるため、砥石・ドレッサそれぞれのコスト低減が可能です。

連続創成式歯車研削工程の悩み

※本報での歯車研削(以下、歯研)は、連続創成式歯車研削を示します。

歯研は、歯車歯面の最終仕上げ工程に使用される加工方法の一つです。1990年以前には最終仕上げに研削が必要な歯車の数も限られており、歯研は5パス加工から多い場合には9パス、10パス加工という事例もあり、砥石周速度も30～45m/sとサイクルタイムを要する加工でした。歯研用砥石は、A系の一般砥粒のWA、PA、SN、または、そのコンビネーションが主流で、歯研用砥石といわゆる一般の円筒研削用砥石とは大きな違いはありませんでした。しかし、近年、自動車の省エネ化や静粛性といった要求から歯車への高精度化が求められ、歯研を行う歯車の比率が上がってくると、当然、歯研工程の生産性向上の要求も高まってきます。同時に、歯研盤の制御系が著しく進歩したこともあり、歯研工程は2～3パス加工へと大幅に短縮が可能になり、砥石周速度も63m/s、75m/sと高速化してきています。そのような高能率研削に対応すべ

く、歯研用砥石はセラミック砥粒が使用されるようになってきました。ノリタケでもドレッシング性重視にはA系の一般砥粒のMA/SN砥石*を、研削能率重視にはセラミック砥粒のCXY砥石を推奨しています(図1)。

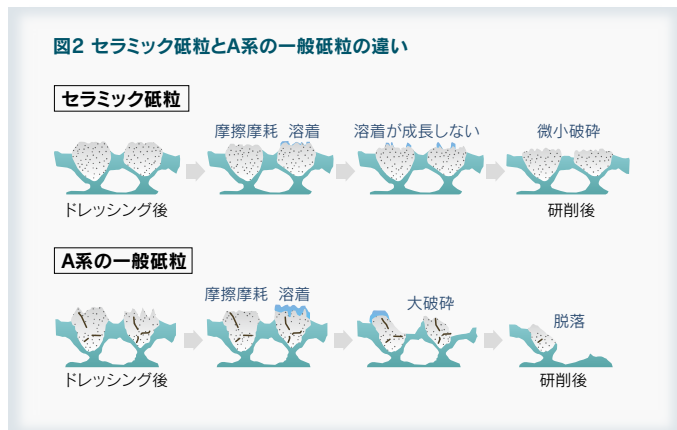
図1 ギヤエース(左:CXY砥石、中央:TA砥石、右:MA/SN砥石)



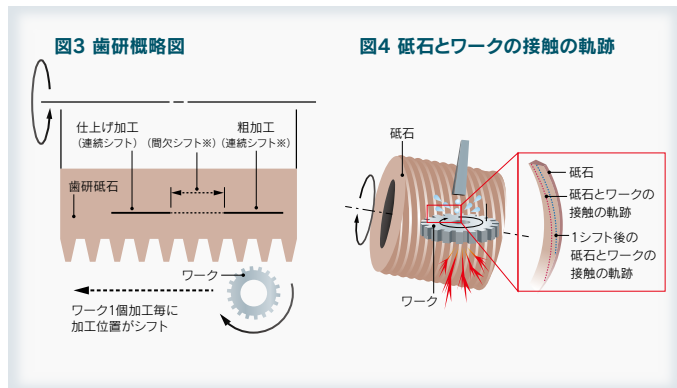
しかし、歯研において多くの知見を得た現在、ノリタケでは、一般的な研削条件ではセラミック砥粒は性能を発揮し難いのではないかと考えています。

セラミック砥粒は高性能な砥粒ですが、性能を発揮するメカニズムは他のA系の一般砥粒とは大きく異なります。A系の一般砥粒は研削時、特に高能率研削時において砥粒表面に溶着することがあり、溶着が生成すると、研削抵抗の原因となり、研削焼けや、砥粒が割れて形状崩れに繋がります。これに対し、セラミック砥粒は非常に微小に破碎するという特徴があり、自生作用*により溶着の成長を抑制し形状維持性や研削焼けに大きな効果を発揮します(図2)。

歯研のメカニズムは、ウォームギヤでいうところのウォームが砥石、ウォームホイールがワークの関係で、砥石とワークが噛み合いながら研削され、理論的には砥石とワークの接触の軌跡は線接触となります。加えて、砥石を細かくシフトしているため、円筒研削や平面研削のように砥石が一回転する毎に砥粒が1回作用をする加工と比べると、砥粒の作用回数は大変少なくなります(図3、図4)。従って、セラミック砥粒が一般的に高性能を発揮するメカニズムである、溶着→微小破碎→溶着→微小破碎…というサイクルも少なくなるため、円筒研削や平面研削と比較するとセラミック砥粒の性能を発揮させ難い研削と言えます。



また、歯研工程は、その他の旋盤工程や研削工程などと比較すると、工具費が高いことも課題として挙げられるため、工具費低減と研削焼けの抑制可能な砥石が求められています。



A系の一般砥粒で最大のタフさを有する、TA砥粒を使用

近年の歯研の研削条件は高能率研削に分類されます。そのため、前述のようにセラミック砥粒の性能を発揮させ難いメカニズムですが、WA、PAやSNといった従来から使用されている砥粒では砥粒が大きく破碎する等の課題があり、セラミック砥粒の方が生産性を上げられます。しかし、図3、図4に示したような特徴的な研削方式であるため、タフ*でありながらドレッシング性も良好な砥粒であれば現在の研削能率の範囲においては十分に加工が可能であると考えました。

ノリタケのオリジナル砥粒であるTA砥粒はA系の一般砥粒の中で最大のタフさを有しており歯研に対し有効です。TA砥粒を活用し、寿命重視のTA砥石[□]と寿命と切れ味を両立したとTA2砥石という新しい歯研用砥石を開発しました。

生産性の向上に寄与する歯研用TA砥石

TA砥石のドレッシング間隔の延長の有効性を検証した結果、TA砥石はMA/SNと比べて250%のドレッシング間隔の延長が確認できました(表1、図5)。

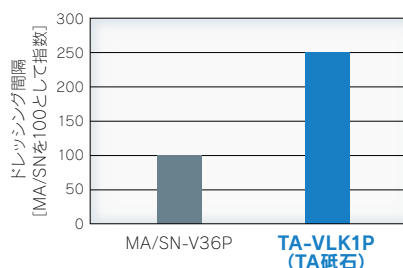
表1 試験条件

[砥石]		[ドレッシング条件]		
寸法	φ300×T125×φ160mm	ドレッサタイプ	-	コンポジットロールタイプ*
スペック	TA-VLK1P(TA砥石)	ドレッシング工程	-	粗 仕上げ
	MA/SN-V36P	砥石回転数	min ⁻¹	100 50
		ドレッサ回転数	min ⁻¹	4000 4000
		切込み量	mm	0.025 0.02

[研削条件]				
研削盤	-	歯車研削盤		
研削方式	-	連続創成式歯車研削		
ワーク材質・寸法	-	SCM420 φ200×T40mm		
モジュール	-	2.0		
圧力角	°	15		
歯数	枚	50		
研削工程	-	粗	中仕上げ	仕上げ
研削方法	-	コンベンショナル*	クライム*	コンベンショナル
砥石回転数	min ⁻¹	4500	4500	4500
切込み量	mm	0.20	0.15	0.05
アキシャル送り*	mm / rev	1.2	1.0	0.5
研削能率*	mm ³ / s	250	150	20
研削液	-	不水溶性研削液		

ドレッシング間隔の延長により、ワーク1個当たりで換算した工具費の低減やドレッシング時間(ドレッシング時間÷ドレッシング間隔)の短縮、砥石交換による非稼働時間の短縮など生産性の向上にも寄与することができます。なお、TA砥石は一定の研削能率の範囲であれば、セラミック砥石と同等に研削が可能です。

図5 TA-VLK1でのドレッシング間隔の延長結果



工具費削減と研削焼け抑制に寄与するTA2砥石

前述のようにTA砥粒を使用することで大幅なドレッシング間隔の延長が確認できましたが、ノリタケではさらに、研削焼け抑制が可能な切れ味の良い砥石としてTA砥石を改良したTA2砥石を新たに開発しました。

TA2砥石の歯研時における消費電力値はTA砥石と比較して10%低く、切れ味が向上しているため研削焼け抑制に有効です(図6)。

TA砥粒はタフな砥粒でありながら、ドレッサへのダメージは従来のA系の一般砥粒と同等であることも特長ですが、TA2砥石はTA砥石をさらに改良し、切れ味を向上させているため、セラミック砥石よりもさらにドレッサへのダメージが少なく、ドレッサ寿命の延長が可能です。歯研工程では、砥石工具費以上にドレッサ工具費が高いため、歯研工程における工具費削減に寄与することが期待できます。

図6 TA砥石とTA2砥石の歯研時の消費電力値比較



歯研用TA砥石、TA2砥石の良好事例

これまで記してきたように、TA砥石、TA2砥石は従来のA系の一般砥粒の砥石と比較し、ドレッシング間隔の延長や、研削焼け防止において優位な点が多く、併せて工具費削減も可能であることから多くのお客様に採用いただいております。種々の外径、歯幅、諸元の歯車において良好な実績があります。本稿をご覧になり、ノリタケの歯研用砥石をご検討いただく方の参考になれば幸いです。

[注釈]

- ※一般砥粒：一般砥石に用いられる砥粒。ただし、セラミック砥粒を除く。
- ※A系の一般砥粒：アルミナ質の砥粒。アラウンドム(Alundum)のAからA系と呼ばれる。
- ※MA/SN砥石：A系の一般砥粒のMAとSNをコンビした砥石。
- ※自生作用：砥粒先端が摩耗して鈍化すると砥粒が局部的に破砕し新しい切れ刃が再生される。破砕が繰り返された後に砥粒の保持力が一定以下になると最終的に砥粒は抜け落ち、下層から新しい砥粒が現れ切れ味が継続される現象。自生発刃とも呼ばれる場合がある。
- ※タフ：砥粒が破砕し難いこと。
- ※ドレッシング間隔：1ドレッシング間での加工個数。
- ※コンビジットロールタイプ：歯研用ドレッサの1種。砥石を1歯ずつ成形し、歯先・歯面・歯底を同時に成形するロータリードレッサ。
- ※モジュール：歯の大きさを表す指標の1つ。
- ※圧力角：歯面の法線と半径方向とのなす角(インポリユート歯車の場合)。
- ※コンベンショナルカット：研削中の砥石の送り方向がワークに対して上から下へ進む研削方法(アップカット)。
- ※クラ임カット：研削中の砥石の送り方向がワークに対して下から上へ進む研削方法(ダウンカット)。
- ※アキシャル送り：加工1パス中における、ワーク1回転当たりの砥石の上下方向移動量(Z軸方向)。
- ※研削能率：単位時間当たりのワークの除去体積。

[文献]

□ 大山 紘史：ライフキング, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018(2017), 28

Q TA砥石とTA2砥石はどのように使い分ければよいですか？

A 歯研盤の種類、加工条件、ドレッシング条件、研削液種類によって使い分けます。形状維持性が求められる場合はTA砥石、研削焼けが発生しやすい場合にはTA2砥石をご推奨します。

Q TA砥石およびTA2砥石は、セラミック砥石と同じ研削条件で使用できますか？

A 研削能率にもよりますが、同条件で使用は可能です。



[適用範囲と期待効果]

金属材料		非金属材料		その他
鉄系材料	非鉄系材料 (Al・Cuなど)	無機材料 (ガラス・セラミックス)	有機材料 (ゴム・プラスチック)	先端材料
●				
サイクルタイム短縮	工具寿命向上	加工品質向上	作業性改善	環境配慮
●	●	●	●	