

# 軸受製造工程における 研削ソリューション



[著者] 上久保 裕樹

工業機材事業本部  
技術本部  
研削ソフト技術部  
フィールド技術グループ

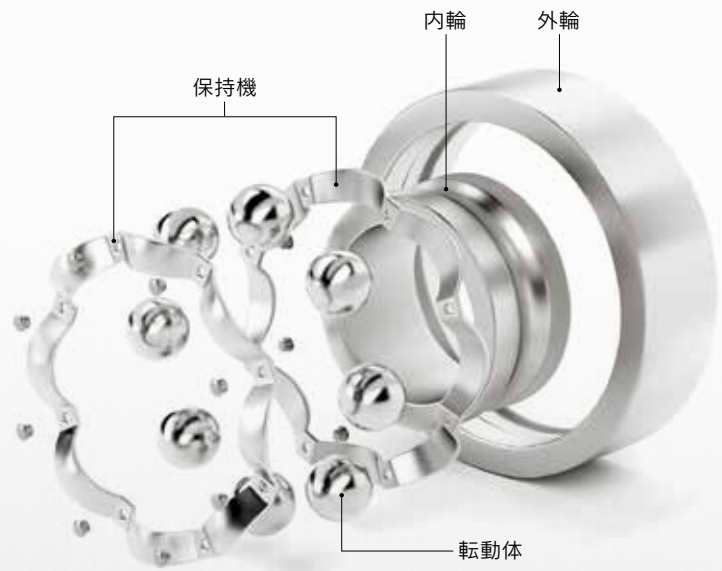


## 》 軸受と研削のつながり

軸受は自動車、洗濯機、冷蔵庫などの身近な製品からロボット・風力発電などの産業機械に至るまで私たちの生活を支える製品に欠かせない部品です。これらの製品がスムーズに回転運動や平行運動を行うためには軸受の摩擦抵抗を小さくしなければなりません。軸受は主に内輪・外輪・転動体・保持機の4点で構成され、それぞれの接触点での摩擦抵抗を最小限にするために部品・箇所ごとに特色のある研削方式が用いられます。どのような研削工具、研削油、濾過装置が適しているのかわからずお困りではないでしょうか。

そこで、今回は軸受の製造工程に沿って代表的な研削方式の特徴、発生しやすい課題、現場での課題解決方法と各研削方式に適した製品をご提案します。

軸受構成部品



》 軸受の製造工程の課題と提案

外輪		完成																				
熱間鍛造		素材研削		旋削		冷間鍛造		旋削		熱処理		幅研削		外径研削		軌道面研削		軌道面超仕上げ		完成		
工程	幅研削 (素材研削)	外径研削 (素材研削)	幅研削	外径研削	軌道面研削	軌道面超仕上げ	幅研削	外径研削	軌道面研削	軌道面超仕上げ	幅研削	外径研削	軌道面研削	軌道面超仕上げ	幅研削	外径研削	軌道面研削	軌道面超仕上げ	幅研削	外径研削	軌道面研削	軌道面超仕上げ
特徴	ワークが生材 取り代が多い	ワークが生材	砥石とワークの接触面積が大きい	砥石が摩耗し形状が変化する	研削油が研削点に入りにくい	高品位が要求される	ワークが生材	砥石が摩耗し形状が変化する	研削油が研削点に入りにくい	高品位が要求される	砥石とワークの接触面積が大きい	砥石が摩耗し形状が変化する	研削油が研削点に入りにくい	高品位が要求される	砥石とワークの接触面積が大きい	砥石が摩耗し形状が変化する	研削油が研削点に入りにくい	高品位が要求される	砥石とワークの接触面積が大きい	砥石が摩耗し形状が変化する	研削油が研削点に入りにくい	高品位が要求される
課題	砥石寿命が短い 研削焼け	砥石寿命が短い 表面粗さの悪化	研削抵抗の上昇 目詰まり	砥石偏摩耗による ワーク精度のばらつき	研削焼け	表面粗さが安定しない	砥石寿命が短い 研削焼け	砥石偏摩耗による ワーク精度のばらつき	研削焼け	表面粗さが安定しない	砥石寿命が短い 研削焼け	砥石偏摩耗による ワーク精度のばらつき	研削焼け	表面粗さが安定しない	砥石寿命が短い 研削焼け	砥石偏摩耗による ワーク精度のばらつき	研削焼け	表面粗さが安定しない	砥石寿命が短い 研削焼け	砥石偏摩耗による ワーク精度のばらつき	研削焼け	表面粗さが安定しない
ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案	ご提案
砥石とドレッサの組み合わせ	ネオエボックス (一般砥石) LL単石 ドレッサNEO	タフエース (一般砥石) LLニード ドレッサNEO グリット ドレッサ	フラッティ (一般砥石) LL単石 ドレッサNEO	タフエース (一般砥石) LLニード ドレッサNEO グリット ドレッサ	ライフキング (一般砥石) Gシャープ (ドレッサ)	キーンストーン (一般砥石)	ネオエボックス (一般砥石) LL単石 ドレッサNEO	タフエース (一般砥石) LLニード ドレッサNEO グリット ドレッサ	ライフキング (一般砥石) Gシャープ (ドレッサ)	キーンストーン (一般砥石)	ネオエボックス (一般砥石) LL単石 ドレッサNEO	タフエース (一般砥石) LLニード ドレッサNEO グリット ドレッサ	ライフキング (一般砥石) Gシャープ (ドレッサ)	キーンストーン (一般砥石)	ネオエボックス (一般砥石) LL単石 ドレッサNEO	タフエース (一般砥石) LLニード ドレッサNEO グリット ドレッサ	ライフキング (一般砥石) Gシャープ (ドレッサ)	キーンストーン (一般砥石)	ネオエボックス (一般砥石) LL単石 ドレッサNEO	タフエース (一般砥石) LLニード ドレッサNEO グリット ドレッサ	ライフキング (一般砥石) Gシャープ (ドレッサ)	キーンストーン (一般砥石)
研削油	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-Y (水溶性)	SEC-Y (水溶性)	SEC-Z (水溶性)	SF68 (不水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-Z (水溶性)	SF68 (不水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-Z (水溶性)	SF68 (不水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-Z (水溶性)	SF68 (不水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-X(K) (水溶性)	SEC-Z (水溶性)	SF68 (不水溶性)
濾過装置	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	プリコート フィルター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター	エポック セパレーター

》軸受の製造工程の課題と提案

内輪		完成																	
熱間鍛造		素材研削		旋削		冷間鍛造		旋削		熱処理		幅研削		内径研削		軌道面研削		軌道面超仕上げ	
工程	幅研削 (素材研削)	外径研削 (素材研削)	幅研削	内径研削	軌道面研削	軌道面超仕上げ	特徴	課題	ご提案	砥石とドレッサの組み合わせ	研削油	濾過装置							
特徴	ワークが生材 取り代が多い	ワークが生材	砥石とワークの接触面積が大きい	ワークより砥石径が小さい	総型研削	高品位が要求される													
課題	砥石寿命が短い 研削焼け	砥石寿命が短い 表面粗さの悪化	研削抵抗の上昇 砥石の目詰まり	表面粗さの悪化	溝形状の悪化 表面粗さの悪化	表面粗さが安定しない													
ご提案																			
砥石とドレッサの組み合わせ	 ネオエポックス (一般砥石)    LL単石 ドレッサNEO	 タフエース (一般砥石)    LLニード ドレッサNEO    グリット ドレッサ	 フラッティ (一般砥石)    LL単石 ドレッサNEO	 ライフキング (一般砥石)    Gシャープ (ドレッサ)	 ライフキング (一般砥石)    Gシャープ (ドレッサ)	 キーンストーン (一般砥石)													
研削油	 SEC-X(K) (水溶性)	 SEC-X(K) (水溶性)	 SEC-Y (水溶性)	 SEC-Z (水溶性)	 SEC-Y (水溶性)	 SF68 (不水溶性)													
濾過装置	 エポック セパレーター	 エポック セパレーター	 エポック セパレーター	 エポック セパレーター	 エポック セパレーター	 プリコート フィルター													

》 軸受の製造工程の課題と提案

**転動体(円筒コロ)**

鍛造 → 熱処理 → 外径研削 → 幅研削 → 超仕上げ → 完成

工程	特徴	課題	ご提案
外径研削 (スルー研削)	砥石が摩耗し形状が変化する	砥石偏摩耗によるワーク精度ばらつき	タフエース (一般砥石) CX砥石 (一般砥石) VN1 (CBNホイール) BUT-BCL (CBNホイール)
幅研削	ワーク径が小さく研削面積が狭い	作用砥粒数不足 砥石の異常摩耗	ネオエボックス (一般砥石) BRZホイール (CBNホイール)
超仕上げ	高品位が要求される	表面粗さのばらつき	キーンストーン (一般砥石) ラッパークン (一般砥石)

研削油	濾過装置
SEC-Y (水溶性)	エポックセパレーター
SEC-Y (水溶性)	エポックセパレーター
SF68 (不水溶性)	プリコートフィルター

**ボールねじ**

①ねじ研削 → ②ねじ研削 → ③外周研削 → ④端面研削

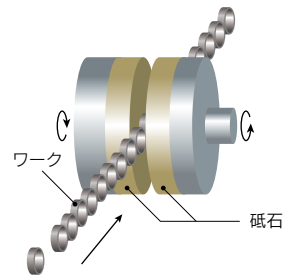
シャフト	ナット	シャフト・ナット	シャフト
①ねじ研削	②ねじ研削	③外周研削	④外周・端面研削
総型研削	研削油が研削点に入りにくい	ワークが細く長い (シャフト)	砥石とワークの接触面積が大きい
ねじ形状の悪化 表面粗さの悪化	研削焼け	ワークのたわみ	端面部の研削焼け
ご提案	ご提案	ご提案	ご提案

シャフト	ナット	シャフト・ナット	シャフト
ライフキング (一般砥石) Gシャープ (ドレッサ)	ライフキング (一般砥石) Gシャープ (ドレッサ)	スーパーユニフォーム (一般砥石) LLニードドレッサ	ライフキング (一般砥石) LLニードドレッサ
VPホイール (CBNホイール) メタルロータリードレッサ	I-Queen (CBNホイール) LLロータリードレッサ	VN1 (CBNホイール) メタルロータリードレッサ	VN1KP (CBNホイール) メタルロータリードレッサ
EPS6X (不水溶性)	EPS6X (不水溶性)	SEC-Y (水溶性)	SEC-Y (水溶性)
ラムダフィルターシステム	ラムダフィルターシステム	エポックセパレーター	エポックセパレーター

## 研削ソリューション I : 幅研削

軸受の幅研削は一般的に平面研削の一種である両頭平面研削で行われます。この研削方式は対向する2枚の砥石でワークを挟んで研削することが特徴で、砥石とワークが面で接するため接触面積が大きく、研削点に研削油が入りにくい状態になります。また、砥石は外周と内周の周速度差や作用砥粒数<sup>\*</sup>の差が大きいので砥石内外で切れ味が一定となりません。これらのことから、ワークの研削焼けや平面度・幅不良、研削抵抗の上昇などのトラブルに注意する必要があり、切れ味を保ちつつ形状崩れの起こりにくい砥石を選ぶことが必要です。ここでは、軸受の幅研削に適する砥石、CBNホイールとしてフラッティとBRZホイールをご紹介します。

図1 両頭平面研削の概略図



### ① フラッティ(一般砥石)

ソリューション:適度な自生作用による切れ味持続性の向上と研削焼けの改善

表1の試験条件でワーク1400個の連続加工における従来品とフラッティ<sup>®</sup>の比較試験を行った結果、フラッティは従来品に比べて消費電力値が50%低減し、かつ研削焼けの発生を抑制することができました(図3)。また、研削後の砥石面状態を観察すると、フラッティは砥粒の突出し量が多く鋭利な砥粒が多いことから、研削焼けの要因の一つである摩滅した砥粒が適度な自生作用<sup>\*</sup>により脱落していることが推測できます(図4)。つまり、研削時に砥石が摩耗しても切れ味が持続するためドレッシング間隔の延長が可能となり、砥石の長寿命化と生産効率の向上が期待できます。市場では従来品と比べて1.5~2倍のドレッシング間隔を得られるほか、研削時の異常音の解消やワークの寸法精度が向上しています。

図2 フラッティ

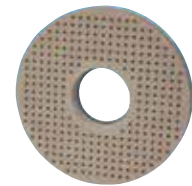


表1 試験条件

研削盤	両頭平面研削盤
研削方式	縦軸キャリア方式
砥石寸法	φ585×T65×φ195mm
ワーク寸法	φ50mm
ワーク材質	SUJ2(焼入れ)
取り代	0.2mm(両側)

図3 試験結果

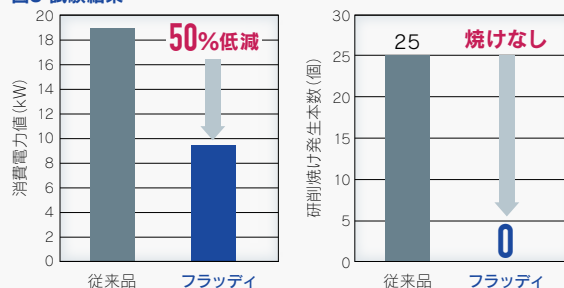
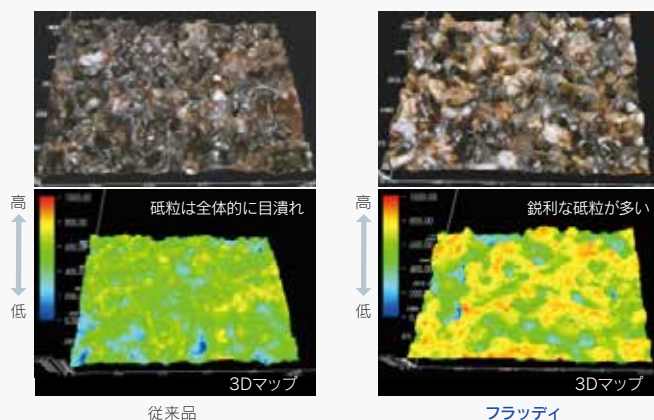


図4 研削後の砥石面状態



## ② BRZホイール(CBNホイール)

ソリューション: 研削時の砥粒沈み込み抑制による切れ味向上と作業性の改善

表2の試験条件で従来ホイールとBRZホイール<sup>②</sup>の比較試験を行いました。BRZホイールは、従来品と同等の表面粗さを維持しつつ、消費電力値が低減し、ワークの平行度は向上していることから、切れ味に優れていることがわかります(図6)。そのため、サイクルタイムを重視する加工に適しています。また、良好なドレッシング性とドレッシング間隔の延長が期待できることから、ドレッシングにかかる時間や手間を改善できる可能性もあります。市場では従来品と比べてドレッシング間隔1.5倍が得られたほか、ドレッシング間の消費電力値上昇がなく、安定した加工が実現しています。

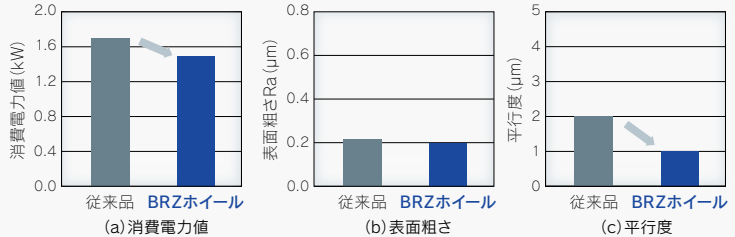
図5 BRZホイール



表2 試験条件

研削盤	両頭平面研削盤
研削方式	縦軸インフィード方式
ホイールスペック	CBC140-B
ホイール寸法	φ305×T50×H80×W50mm
ホイール周速	9.6m/s
ワーク材質	SUJ2(焼入れ)
ワーク寸法	φ80×57H mm

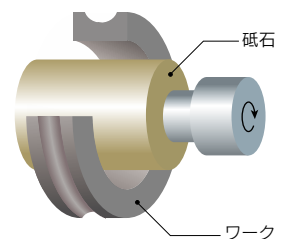
図6 試験結果



## » 研削ソリューションⅡ: 内径研削

穴・内面部を研削する内径研削では、ワークに対して砥石径が小さくなります。また、砥石とワークの接触弧長さが長いこと、接触面積が大きくなる傾向があります。そのため、作用砥粒数に対するワークの除去体積が大きく、砥石は短寿命になりがちです。また、接触面積が大きいこと、研削点に研削油が浸入しにくく切り屑の排出が不十分なことで、研削抵抗が上昇し、研削焼けが発生しやすいという課題があります。内径研削で良好な研削を行うためには、切れ味に優れかつ適度な耐久性が必要です。ここでは、軸受の内径研削に適する砥石、CBNホイールとしてライフキングとI-Queenをご紹介します。

図7 内径研削の概略図



### ① ライフキング(一般砥石)

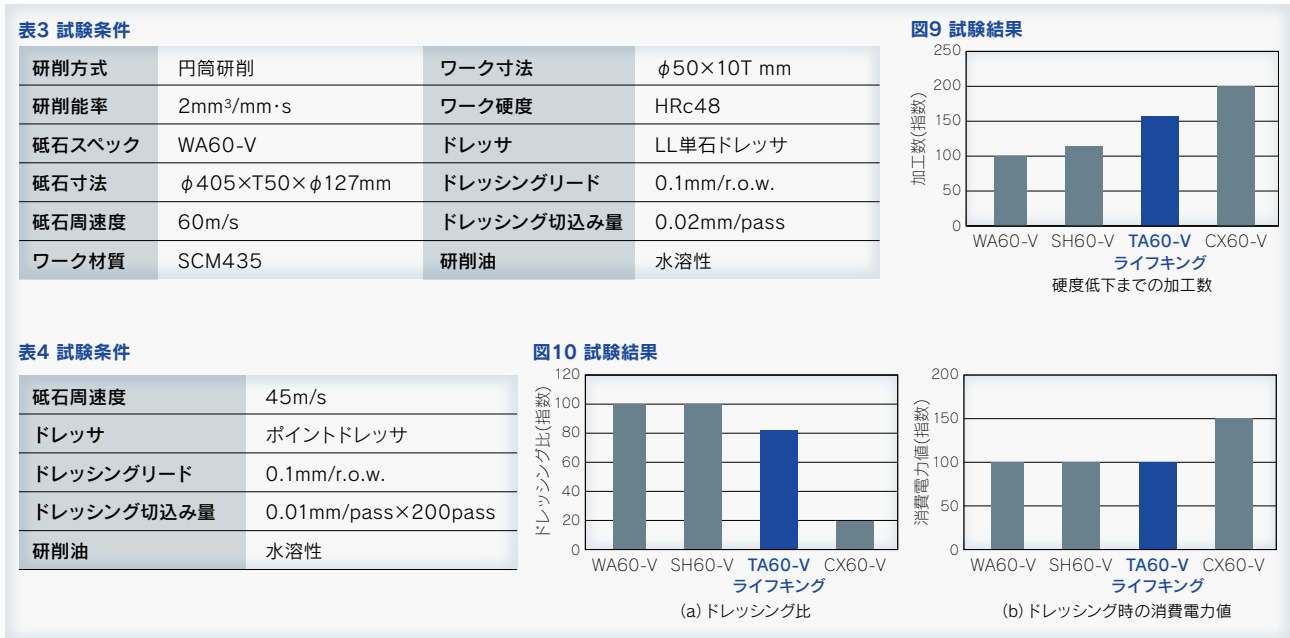
ソリューション: ノリタケの独自砥粒TAによるドレッシング間隔の延長と砥石取り換え頻度の減少

表3の試験条件で従来品とライフキング<sup>③</sup>の比較を行いました。ライフキングは、ドレッシングを行ってからワークの焼入れ硬度低下が起こるまでの総加工数、標準的なA系砥粒を使用したWA砥石と比較して約60%、単結晶砥粒を使用したSH砥石に対して約35%延びています(図9)。また、セラミック砥粒を使用したCX砥石ではWA砥石やSH砥石と比較してドレッシング比が約80%低下しますが、ライフキングではその低下が10~20%に抑えられます(表4、

図8 ライフキング



図10)。ドレッシング時の消費電力値を比較してもライフキングはWA砥石やSH砥石とほぼ同等で、ドレッサにかかる負荷が低いことがわかります。ライフキングはさまざまな加工に対して、「ドレッサの寿命を低下させず、ドレッシング間隔を延ばしたい」という方におすすめです。

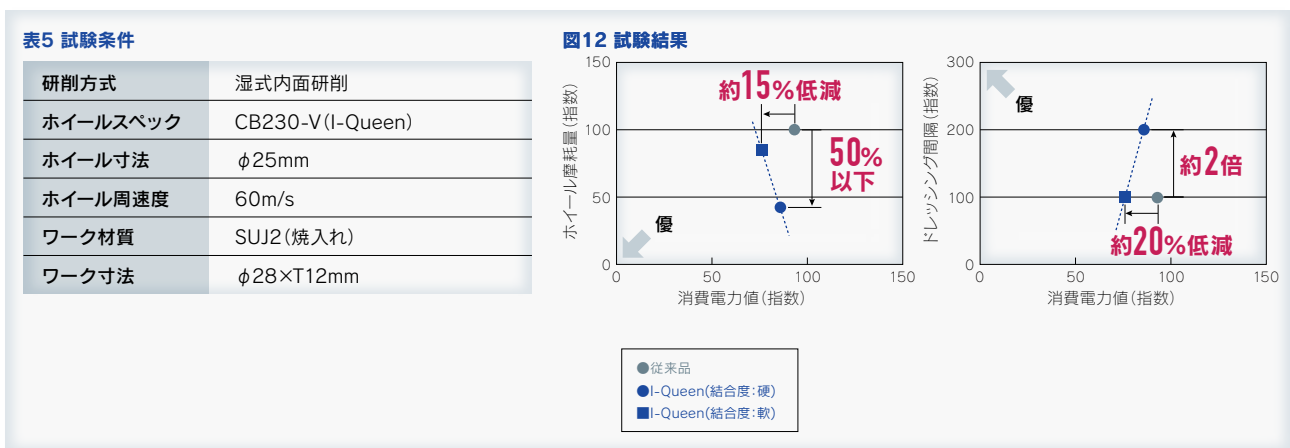


**② I-Queen (CBNホイール)**

ソリューション: 高い砥粒保持力と分散性を持つボンドによるドレッシング間隔の延長とサイクルタイム短縮

表5の試験条件で従来ホイールとI-Queen<sup>®</sup>の比較を行いました。I-Queenは、従来品●と同等の消費電力値を狙ったスペック■で比較すると、ホイール摩耗量は50%以下、ドレッシング間隔は約2倍となりました(図12)。また、従来品●と同等のドレッシング間隔を狙ったスペック■で比較すると、ホイール摩耗量は15%低減、消費電力値は20%低減します。このように、I-Queenは結合度等の調整によってホイール寿命の延長を狙ったスペックと、サイクルタイム短縮を狙ったスペックを使い分けることができます。市場では従来品に対して、ドレッシング間隔1.5~2倍の実績が多数あります。また、サイクルタイムが短縮した事例もあり、生産性の向上が期待できます。

図11 I-Queen





## 》 研削ソリューションⅢ:ドレッサ

砥石・ホイールの性能を最大限に引き出すためにはドレッシングが重要です。砥粒先端に細かな切れ刃を立てるビトリファイド砥石・ホイール、加工で崩れた砥石形状修正を行うレジノイド砥石、ボンドを後退させて砥粒突出しを増やすレジノイド・メタルホイールなど、砥石・ホイールの種類によってドレッシングの目的は少し異なりますが、適切なドレッサ、ドレッシング条件を選定することが必要です。ドレッシングの考え方と条件設定についてはNORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2019に詳しい説明がありますので、そちらをご覧ください<sup>⑤</sup>。ここでは、軸受用砥石(ビトリファイド砥石・レジノイド砥石)に適するドレッサとしてGシャープとLLニードドレッサNEOをご紹介します。

### ① Gシャープ(ドレッサ)

ソリューション:大粒の人工ダイヤモンドを使用したドレッサによるドレッシング性能の安定化と工具管理の簡略化

表6の試験条件で天然ダイヤモンドドレッサとGシャープ<sup>®</sup>を比較しました。Gシャープと天然ダイヤモンドドレッサはドレッシング比<sup>※</sup>がほぼ同等です(図14)。一方、ドレッシング性能は天然ダイヤモンドドレッサに比べてGシャープのばらつきが少ないことから、ドレッサの交換タイミングが決めやすく、工具管理の簡略化に貢献します。また、ドレッシング時の消費電力値は天然ダイヤモンドドレッサとほぼ同等で、ばらつきが少なく安定した結果が得られています。

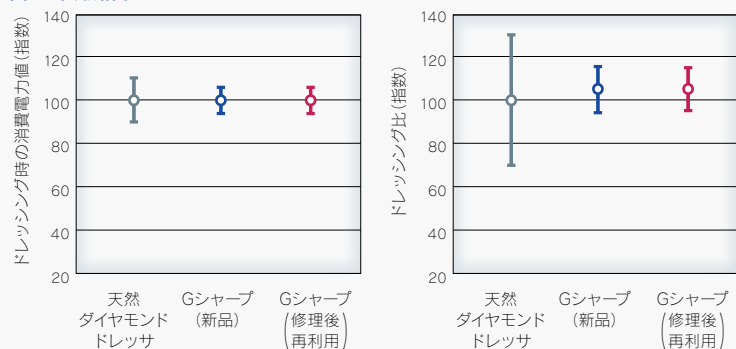
図13 Gシャープ



表6 試験条件

研削盤	円筒研削盤
研削方式	円筒研削
砥石スベック	CXZ60-V
砥石寸法	φ405×T75×φ127mm
砥石周速度	45m/s
研削油	水溶性 SEC-700(×50)
ドレッシングリード	0.1mm/r.o.w.
ドレッシング切込み量	半径10μm/pass

図14 試験結果



### ② LLニードドレッサNEO

ソリューション:ドレッサの摩耗量低減による大型のCX砥石・GC砥石のドレッシング性能向上

表7の試験条件で従来品(LLニードドレッサ)とLLニードドレッサNEO<sup>®</sup>のGC砥石に対するドレッシング性能の比較をしました。LLニードドレッサNEOは従来品と比較してドレッシング時の消費電力値が20%低減することに加え、ドレッシング比は従来比約2.7倍になり、ドレッサの摩耗を大幅に軽減できます(図16)。ドレッサが顕著に摩耗すると砥粒に適切な切れ刃が生成されず、研削時の消費電力値上昇や表面粗さ、真円度の悪化、ばらつきなどの要因となります。このため、ドレッサが摩耗しやすい大型砥石、CX砥石、GC砥石などのドレッシングにはLLニードドレッサNEOを

図15 LLニードドレッサNEO

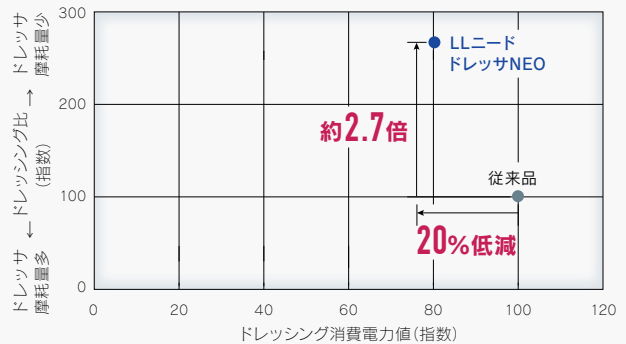


推奨します。

表7 試験条件

研削方式	円筒研削
砥石周速度	33m/s
砥石スペック	GC100-V
砥石寸法	φ405×T50×φ127mm
ドレッシング切込み量	10μm×200pass
研削油	水溶性

図16 試験結果



## 》最後に

研削工具を中心に軸受製造工程における研削ソリューションをご紹介しました。今回の6つの製品は過去のNORITAKE TECHNICAL JOURNALにも掲載していますので、ぜひご参照ください。また、ノリタケはこれらのほかにもさまざまな製品をラインナップしており、砥石、ホイール、研削油、濾過装置等、総合的な提案を行うことができます。製品だけではなく、その使い方など、研削でお困りの際はお気軽にノリタケまでお問合せください。

## [注釈]

- ※作用砥粒数 : 砥石の最外周に存在する、研削中ワークと接触してワークを除去する(作用する)砥粒の数。  
砥石の表面に見えていても周囲の砥粒より奥に存在する砥粒は、ワークと接触していない場合がありそれは作用砥粒に数えない。
- ※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。
- ※ドレッシング比 : 砥石削除量÷ドレッサ摩耗量を表し、小さくなる程ドレッサ摩耗量が多いことを示す。

## [文献]

- ① 小野田 憲 : フラツディ, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017)32-35.
- ② 樋代 康弘 : BRZホイール, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2019, (2018)46-49.
- ③ 大山 紘史 : ライフキング, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017)28-31.
- ④ 福田 未来 : I-Queen, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2019, (2018)12-15.
- ⑤ 杉野 香奈絵 : よくわかるツルレーイング・ドレッシング, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2019, (2018)24-31.
- ⑥ 松尾 秀平 : Gシャープ, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017)46-49.
- ⑦ 小野江 正美 : LLニードドレッサNEO, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2020, (2019)58-63.

**Q** 一般砥石とCBNホイールがどちらも使える工程では、  
どちらを使用すればいいですか？

**A** 現状を確認させていただいたうえでご提案しますので、ノリタケにお問合せください。例えば、研削盤に搭載されているドレッサが静止形の場合はビトリファイドCBNホイールのドレッシングが困難であるため、ビトリファイド砥石をおすすめしています。

**Q** 今回紹介されている製品は軸受用途以外にも使えますか？

**A** 使用できます。今回は軸受の製造工程に沿って紹介していますが、すべてのお客様に使用していただけます。お気軽にお問合せください。

Q & A