

*Noritake*

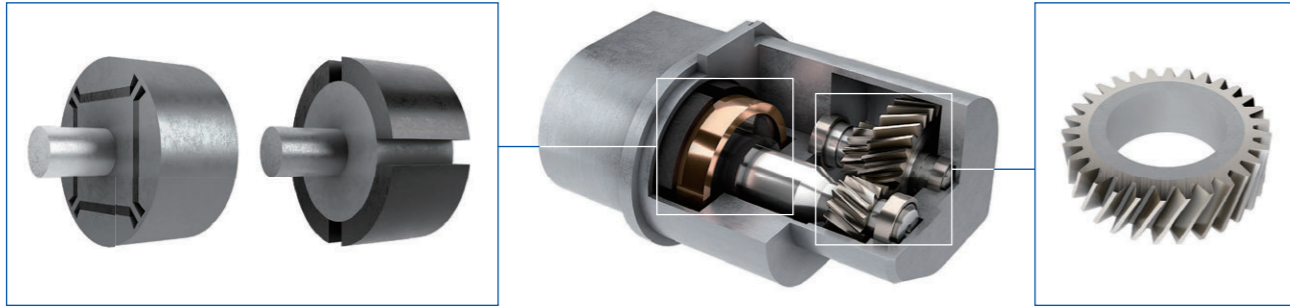
# 次世代自動車製造工程における 研削ソリューション



### パワートレイン

モーター用磁石

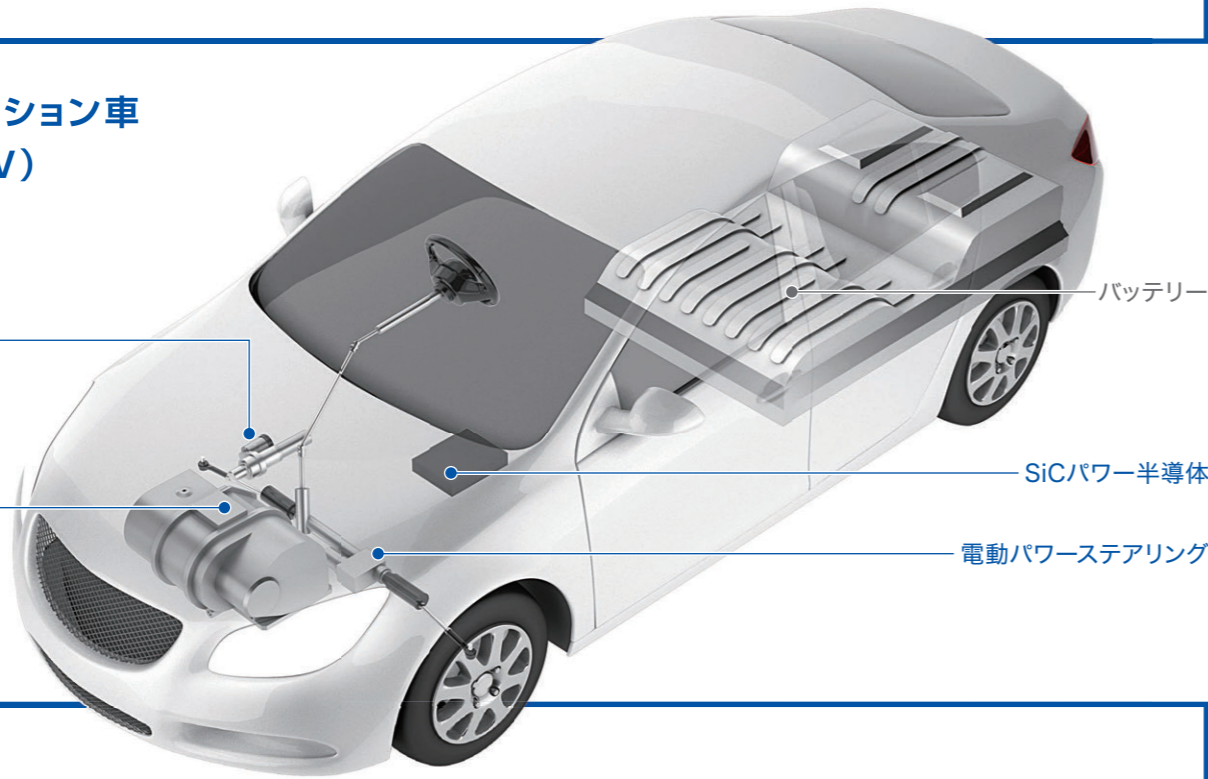
ギヤ



### ゼロエミッション車 (EV・FCV)

電動ブレーキ

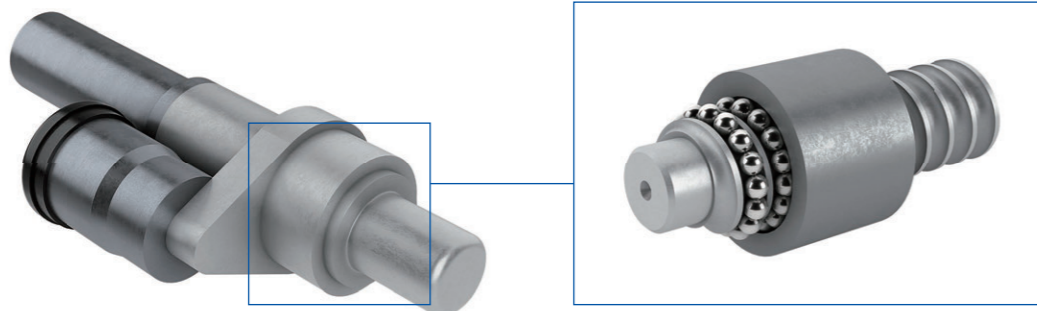
パワートレイン



バッテリー

SiCパワー半導体

電動パワーステアリング



ボールねじ

### 電動ブレーキ

### 電動パワーステアリング

ボールねじ

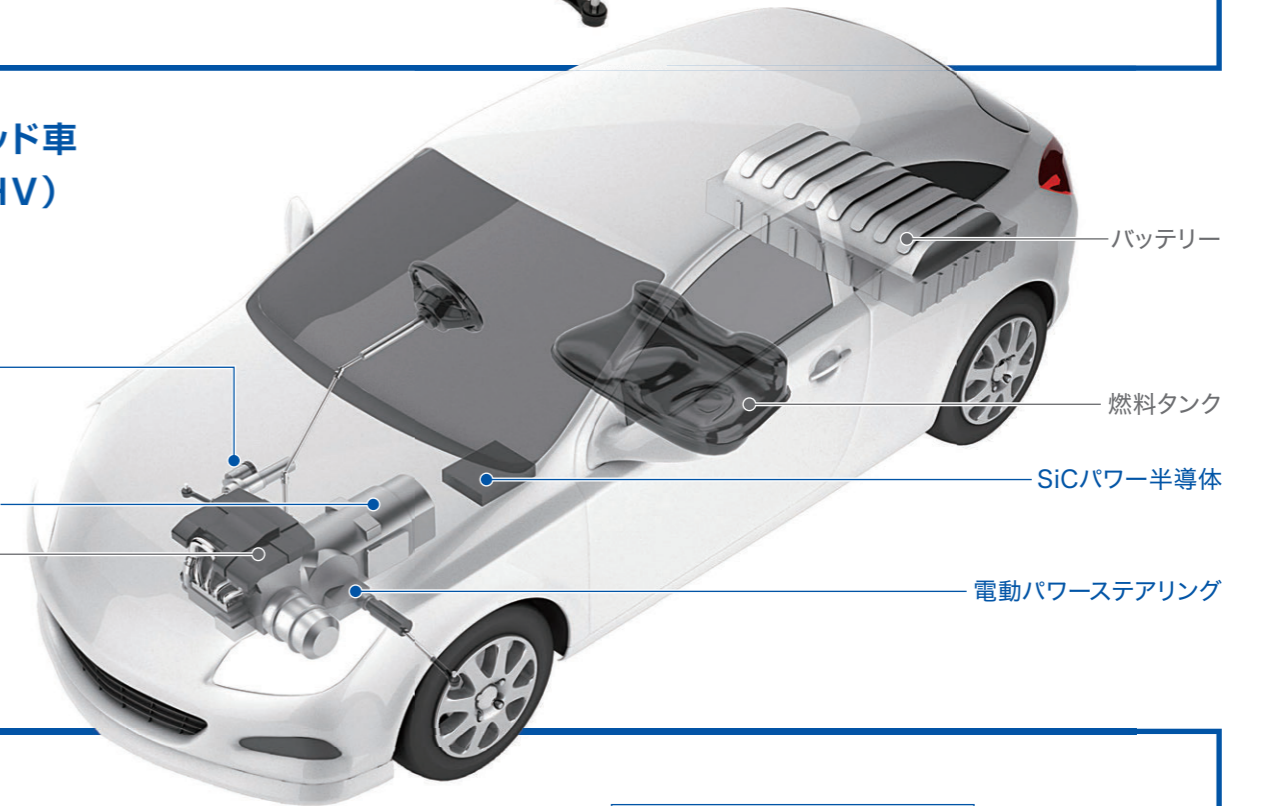


### ハイブリッド車 (HV・PHV)

電動ブレーキ

パワートレイン

エンジン

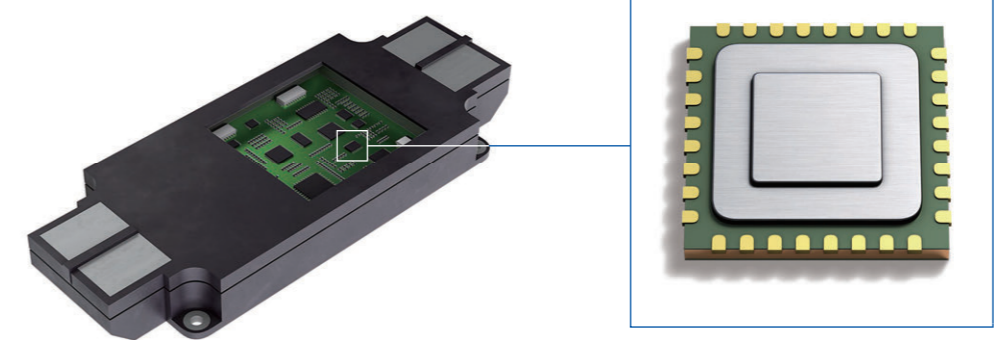


バッテリー

燃料タンク

SiCパワー半導体

電動パワーステアリング



### SiCパワー半導体

## 》次世代自動車製造工程の課題と提案

### モーター用磁石

| 工程   | ①切断  | ②幅研削 (ネオジウム)                               | ②幅研削 (フェライト)                              | ③R面研削                                   |
|------|--|--|---|---|
| 特徴   | 高能率切断  | 高能率研削                                      | ワークの歪が大きく取り代が多い                           | 加工負荷が高い                                 |
| 課題   | ワークが欠けやすい  | 砥石寿命が短い<br>ワークが欠けやすい                       | 砥石寿命が短い<br>研削焼け                           | ワーク寸法・表面粗さのばらつき                         |
| 砥石   | リムソー<br>標準スペック<br>フェライトの場合: SDC - T 75 BY1<br>ネオジウムの場合: SDC - P 75 BY1 | BW6 (ダイヤモンドホイール)<br>標準スペック: SDC - V 75 BW6 | MS5 (ダイヤモンドホイール)<br>標準スペック: SD - J 75 MS5 | 電着ホイール<br>標準スペック: MD -- PC5             |
| 研削油  | ノリタケクール SEC-Y (水溶性)  | ノリタケクール SEC-Y (水溶性)                        | ノリタケクール SEC-Y (水溶性)                       | ノリタケクール SEC-Y (水溶性)                     |
| 濾過装置 | エポックセパレーター + 遠心分離機<br>製品説明▶P19<br>Vol.4                                | エポックセパレーター + 遠心分離機<br>製品説明▶P19<br>Vol.4    | エポックセパレーター + 遠心分離機<br>製品説明▶P19<br>Vol.4   | エポックセパレーター + 遠心分離機<br>製品説明▶P19<br>Vol.4 |

### ボールねじ

| シャフト   | ナット  |
|--|--|
| ①外周研削  | ③外周・端面研削   |
| ②ねじ研削  | ④ねじ研削  |
| 特徴   | 特徴   |
| ワークが細く長い   | 砥石とワークの接触面積が大きい  |
| ワークのたわみ  | 研削油が研削点に入りにくい  |
| 課題   | 課題   |
| ねじ形状の悪化<br>表面粗さの悪化   | 端面部の研削焼け<br>研削焼け   |
| 砥石   | 砥石とドレッサの組み合わせ  |
| スーパーユニフォーム (一般砥石)<br>製品説明▶P09<br>標準スペック: SH 60 - 8 V35X<br>Vol.1 | ライフキング (一般砥石)<br>製品説明▶P10<br>標準スペック: TA 60 J 8 VLK1<br>Vol.1         |
| LLニードドレッサ<br>標準スペック: L3T1-0603                                   | Gシャープ (ドレッサ)<br>製品説明▶P18<br>Vol.1                                    |
| VN1 (CBNホイール)<br>標準スペック: CB 80 L 200 VN1                         | VPホイール (CBNホイール)<br>製品説明▶P11<br>標準スペック: CBX 120 N 150 VV2VP<br>Vol.1 |
| メタルロータリドレッサ<br>標準スペック: SD 40 Q 90 MW7                            | メタルロータリドレッサ<br>標準スペック: SD 40 Q 90 MW7                                |
| 研削油  | 研削油  |
| ノリタケクール SEC-Y (水溶性)  | ノリタケカット EPS-6X (不水溶性)  |
| 濾過装置   | 濾過装置   |
| エポックセパレーター + 遠心分離機<br>製品説明▶P19<br>Vol.4                          | ラムダフィルターシステム + 遠心分離機<br>製品説明▶P19<br>Vol.4                            |

Vol.X ...このアイコンのある製品は、技術情報誌NORITAKE TECHNICAL JOURNALに掲載されています。アイコンの横に掲載号数を記載しています。

》次世代自動車製造工程の課題と提案

| ギヤ            |  | 小型ギヤ  |  | 大型ギヤ                            |  | 完成  |  |  |
|---------------|--|---|--|---------------------------------|--|---|--|--|
| 熱処理           |  | 幅研削   |  | 内径研削 (ホーニング)                    |  | 歯車研削・研磨   |  |  |
|               |  | 内径研削 (ホーニング)  |  | 内径研削                            |  | 外周・端面研削   |  |  |
| 工程            | 幅研削  | 内径研削 (ホーニング)  | 内径研削   | 外周・端面研削                         | 歯車研削 (連続創成)  | 歯車研削・研磨 (連続創成)  | 歯面研削 (ギヤホーニング)   |  |
| 特徴            | 取り代が多い   | 円筒度・表面粗さが要求される  | ワークより砥石径が小さい   | 砥石とワークの接触面積が大きい                 | 目潰れしやすい<br>ドレッシング条件  | 1つの砥石で研削・研磨が可能  | 砥石とワークがかみ合う歯の数が多い  |  |
| 課題            | ホイールの異常摩耗<br>切れ味の低下                            | 切れ味と砥石寿命の両立   | 表面粗さの悪化  | 端面部の研削焼け                        | 研削焼け   | 加工時間短縮  | 砥石寿命が短い  |  |
|               | 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 | ベスラーホイール (ダイヤモンドホイール)<br>標準スペック: CBC --- BX331 | 粗研削: MIK1シリーズ (ダイヤモンドホイール)<br>標準スペック: CBM - M 50 MIK1<br>仕上げ研削: MH5 (ダイヤモンドホイール)<br>標準スペック: CB - H 30 MH5 | CX砥石 (一般砥石)<br>標準スペック: CX 80 L 8 V104<br>LL単石ドレッサ<br>標準スペック: LL1S-0603 | LLニードドレッサ<br>標準スペック: L3T1-0603  | ライフキング (一般砥石)<br>製品説明▶P10<br>標準スペック: TA 60 J 8 VLK1<br>Vol.1 | ギヤエース (連続創成式歯車研削用)<br>製品説明▶P12<br>標準スペック: TA 80 I 10 VLK1P<br>Vol.2 | 複層歯車研削砥石<br>製品説明▶P13<br>標準スペック: 研削部: CZ 120 I 110 V700P<br>研磨部: A800 | ギヤエース (ギヤホーニング用)<br>標準スペック<br>レジンノイド砥石: SN 100 R 7 YKAH<br>CXY 100 R 7 Y1605<br>ビトリファイド砥石: MA/SK 100 N 6 V53<br>SK 120 Q 8 V53 |
| 研削油           | ノリタケール SEC-Y (水溶性)                             | ノリタケカット 0091 (不水溶性)   | ノリタケール SEC-Y (水溶性)   | ノリタケール SEC-Y (水溶性)              | ノリタケール SEC-Y (水溶性)   | ノリタケール SEC-Y (水溶性)  | ノリタケール SEC-Y (水溶性)   | ノリタケカット 0091 (不水溶性)  |
| 濾過装置          | エポックセパレーター<br>製品説明▶P19<br>Vol.4                | コンビネーション濾過システム<br>濾過構成: マグネットセパレーター +ペーパーフィルター<br>A-0フィルター  | エポックセパレーター<br>製品説明▶P19<br>Vol.4  | エポックセパレーター<br>製品説明▶P19<br>Vol.4 | エポックセパレーター<br>製品説明▶P19<br>Vol.4                              | ラムダフィルターシステム<br>エポックセパレーター<br>製品説明▶P19<br>Vol.4                     | エポックセパレーター<br>製品説明▶P19<br>Vol.4                                      | マグネットセパレーター<br>タンクユニット   |

Vol.X ... このアイコンのある製品は、技術情報誌NORITAKE TECHNICAL JOURNALに掲載されています。アイコンの横に掲載号数を記載しています。

》次世代自動車製造工程の課題と提案

| SiCパワー半導体  |   |                                   |   | デバイス製造工程   |   |  |   |                    |
|--|---|-----------------------------------|---|--|---|--|---|--------------------|
| ウェーハ製造工程   |   |                                   |   |  |   |  |   | 完成                 |
| 切断   | 外周・オリフラ研削   | スライシング                            | ベベリング   | 平面研削   | ポリッシング  | 裏面研削   | ポリッシング  | ダイシング              |
|  |   |                                   |   |  |   |  |   |                    |
| 切断   | 外周・オリフラ研削   | スライシング                            | ベベリング   | 平面研削   | ポリッシング  | 裏面研削   | ポリッシング  | ダイシング              |
| 切断に時間がかかる  | 研削に時間がかかる   | 高能率切断                             | ホイールの溝形状が崩れやすい  | 研削に時間がかかる  | 研磨に時間がかかる   | 研削に時間がかかる  | 研磨に時間がかかる   | 研磨に時間がかかる          |
| 切れ味の低下   | 目詰まりの発生   | 平坦度の悪化                            | 形状精度の悪化   | 研削能率が低い<br>ホイール摩耗量が多い  | 研磨能率が低い   | 研削能率が低い<br>ホイール摩耗量が多い  | 研磨能率が低い   |                    |
| 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                |
| <br>電着バンドソー<br>標準スペック：SD 140 PD5S<br><br><br>電着ダイヤモンドワイヤー<br>標準スペック：M30/40 | <br>ダイヤモンドホイール<br>標準スペック：SD 140 - M<br>SD 170 - M | <br>電着ダイヤモンドワイヤー<br>標準スペック：M30/40 | <br>MBシリーズ(ダイヤモンドホイール)<br>標準スペック：SD 800/2000 N 100 MB01 | <br>ダイヤモンドホイール<br>標準スペック<br>粗：SD 2000 VSG<br>SD 2000 MVP<br>仕上げ：SD 8000 VSG<br>製品説明▶P14<br>Vol.2 | <br>LHAパッド<br>製品説明▶P17<br>Vol.2<br><br><br>LHAパッド専用ドレッサ | <br>ダイヤモンドホイール<br>標準スペック<br>粗：SD 2000 VSG<br>SD 2000 MVP<br>仕上げ：SD 8000 VSG<br>製品説明▶P14<br>Vol.2 | <br>LHAパッド<br>製品説明▶P17<br>Vol.2<br><br><br>LHAパッド専用ドレッサ |                    |
| <br>ノリタケール SEC-X (K)<br>(水溶性)  | <br>ノリタケール SEC-X (K)<br>(水溶性)                     | <br>ノリタケール S-1K<br>(水溶性)          | <br>ノリタケール SEC-Y<br>(水溶性)                               | —  | <br>ノリタケールプリカント LSC-1                                   | —  | <br>ノリタケールプリカント LSC-1                                   |                    |
| <br>遠心分離機  | <br>遠心分離機   | <br>遠心分離機                         | <br>遠心分離機   | <br>セラミック<br>フィルター   | —   | <br>セラミック<br>フィルター   | —   | <br>セラミック<br>フィルター |

Vol.X ...このアイコンのある製品は、技術情報誌NORITAKE TECHNICAL JOURNALに掲載されています。アイコンの横に掲載号数を記載しています。

## 》 研削ソリューション：ボールねじの外周研削

ボールねじの外周研削では、ワークが細長くたわみやすいため、切込み量や送り速度を調整し、研削能率を下げた条件で研削しなければならないという課題があります。そのため、切れ味を持続させ、高能率研削が可能な砥石が求められます。ここでは、ボールねじの外周研削に適する砥石としてスーパーユニフォームをご紹介します。

図1 ボールねじの外周研削の概略図



### スーパーユニフォーム（一般砥石）

ソリューション：均質構造による切れ味持続性の向上と砥石寿命の延長

表1の試験条件で従来品とスーパーユニフォーム<sup>①</sup>の比較試験を行った結果、図3の結果が得られました。横軸は消費電力値であり、値が小さいほど砥石の切れ味が優れる傾向を意味します。縦軸は研削比の値であり、値が大きいほど砥石寿命が優れる傾向を意味します。スーパーユニフォームは従来品と比べ、消費電力値が低かつ研削比が高い、すなわち切れ味に優れて砥石が摩耗しにくいという性能を兼ね備えていることがわかります。これ

図2 スーパーユニフォーム



は、スーパーユニフォームの砥粒が均質に分散している効果によるものです。均質構造の砥石では、図4に示すように、局所的な砥粒の摩滅、脱落を防止する効果が生まれ、切れ味や形状維持性が向上します。スーパーユニフォームは切れ味が優れるため、高能率研削が可能になるほか、ドレッシング回数の減少によるサイクルタイム短縮も期待できます。市場では従来品と比較してドレッシング間隔1.5倍を実現するなど、多くの分野で活躍しています。

表1 試験条件

|          |                  |
|----------|------------------|
| 研削方式     | 平面研削             |
| 砥石寸法     | Φ205×T19×Φ76.2mm |
| 砥石周速度    | 33m/s            |
| ワーク      | 耐熱鋼              |
| テーブル送り速度 | 0.33m/s          |
| 切込み量     | 10μm/pass        |
| 総切込み量    | 3mm              |
| 研削油      | 水溶性              |

図3 試験結果

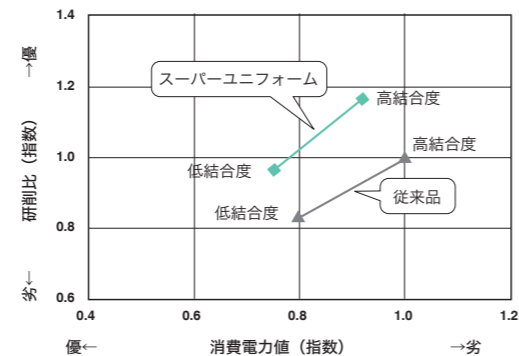
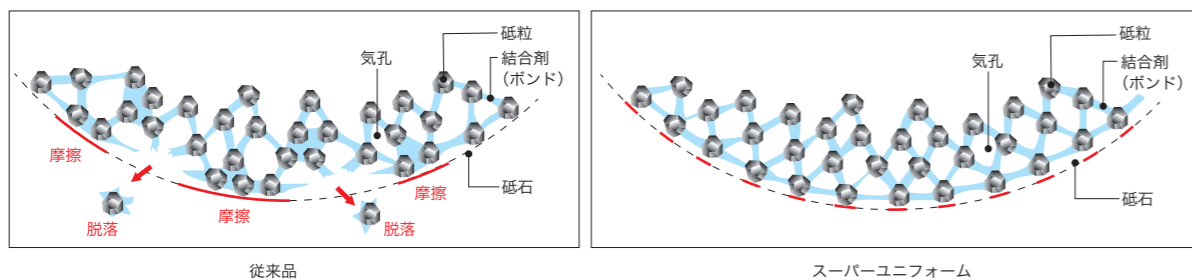


図4 砥石構造の模式図



## 》 研削ソリューション：ボールねじのねじ研削、外周・端面研削

ねじ研削や、外周・端面研削では、ワークと砥石の接触面積が大きいいため、研削中に発生する熱がこもりやすく、研削焼けの発生とワークの硬度低下が懸念されます。研削焼けを改善するためには、切れ味に優れた砥石が必要ですが、切れ味のよい砥石は寿命が短い傾向にあります。したがってねじ研削、外周・端面研削では、切れ味と寿命の両立が可能な砥石が求められます。ここでは、ねじ研削、外周・端面研削に適する砥石としてライフキング、CBNホイールとしてVPホイールをご紹介します。

図5 ボールねじのねじ研削、外周・端面研削の概略図



### 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TA砥粒と専用ボンドVLK1によるドレッシング間隔の延長とワークの硬度低下抑制

表2の試験条件で従来品とライフキング<sup>②</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が、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7)。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。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(表3、図8)。ライフキングはさまざまな研削に対して、「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。

図6 ライフキング



表2 試験条件

|       |                        |            |              |
|-------|------------------------|------------|--------------|
| 研削方式  | 円筒研削                   | ワーク寸法      | Φ50×10T mm   |
| 研削能率  | 2mm <sup>3</sup> /mm·s | ドレッサ       | LL単石ドレッサ     |
| 砥石寸法  | Φ405×T50×Φ127mm        | ドレッシングリード  | 0.1mm/r.o.w. |
| 砥石周速度 | 60m/s                  | ドレッシング切込み量 | 0.02mm/pass  |
| ワーク材質 | SCM435                 | 研削油        | 水溶性          |

図7 試験結果

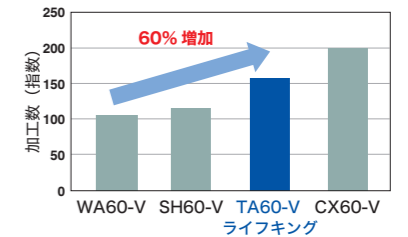
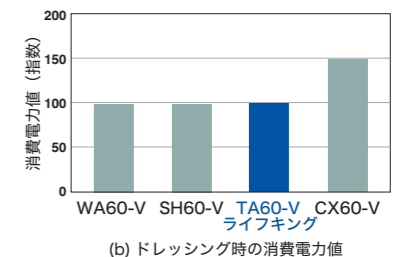
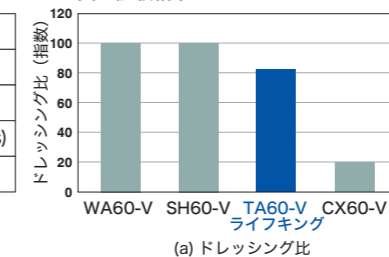


表3 試験条件

|            |                      |
|------------|----------------------|
| 砥石周速度      | 45m/s                |
| ドレッサ       | 単石ドレッサ               |
| ドレッシングリード  | 0.1mm/r.o.w.         |
| ドレッシング切込み量 | 0.01mm/pass(200pass) |
| 研削油        | 水溶性                  |

図8 試験結果



② VPホイール (CBNホイール)

ソリューション：多気孔均質構造による研削焼けの抑制とホイール長寿命化の実現

表4の試験条件で従来品とVPホイール<sup>®</sup>の比較試験を行いました。VPホイールとは、切れ味と寿命を両立させるために、中空フィラーを使用した従来技術に、CBN砥粒を均質に分散させる新技術を加えた製品です(図10)。VPホイールは、従来品に比べて研削焼けが発生するまでの限界切込み深さが約40%向上し、切れ味が良いことが確認されました。また、ホイール摩耗量は従来品と比較して約40%少なく、ホイール寿命が長いことがわかります。表面粗さも従来品と同等の結果が得られており、良好な切れ味とホイール

図9 VPホイール



の長寿命化を両立することが可能です(図11)。VPホイールは特に研削焼けに効果が確認されているほか、アンギュラ研削や研削油の供給が難しい研削など、切れ味が求められる用途においても効果が確認されています。

表4 試験条件

|         |                    |
|---------|--------------------|
| 研削盤     | 横軸平面研削盤            |
| ワーク材質   | SKD-11             |
| ワーク寸法   | 100Lx10W mm        |
| ホイール周速度 | 30m/s              |
| 研削方式    | クリープフィード           |
| テーブル速度  | 300mm/min          |
| 切込み量    | 0.2mm/pass (10cut) |
| 研削油     | 水溶性                |

図10 砥粒層の模式図

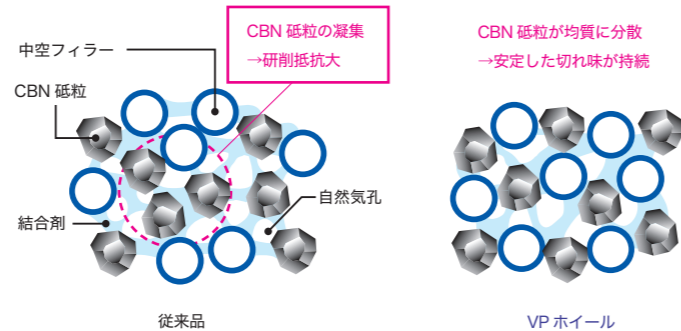
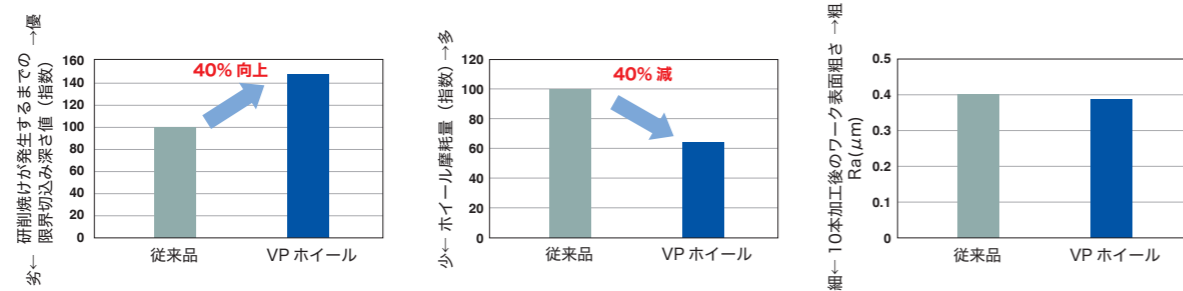


図11 試験結果



》 研削ソリューション：歯車研削・研磨 (連続創成)

歯車の歯面研削において、量産加工で採用されている研削方式の1つに連続創成式歯車研削があります。この研削方式は、高精度な歯形状が求められることから、ドレッシング間隔が短く、その他の研削工程と比較し、ワーク1個あたりの工具費が高価になる傾向にあります。また、高精度な歯形状を実現するため、砥粒が摩滅傾向となるドレッシング条件であることや、工具費削減の観点からドレッシング間隔延長のために、形状維持性を重視した砥石を使用することから、研削焼けが発生しやすいことも大きな課題となります。近年では、歯車の伝達効率や歯面強度向上、静粛性向上を目的とした歯面の表面粗さ向上の要求に対して、研削時のパス回数が増えサイクルタイムが伸びる等の課題もあります。ここでは、連続創成式歯車研削の生産性向上、工具費低減に適する砥石および歯面の表面粗さ向上に適する砥石としてギヤエースと複層歯車研削砥石をご紹介します。

図12 連続創成式歯車研削の概略図



① ギヤエース (一般砥石)

ソリューション：ノリタケ独自TA砥粒を用いたギヤエースがドレッシング間隔の延長とドレッサ工具費低減を実現

表5の試験条件で従来一般砥粒であるMA/SN砥粒とノリタケ独自TA砥粒のドレッシング間隔を比較しました。TA砥粒は一般砥粒で最もタフでありながら、ドレッシング性も良好な砥粒です<sup>4</sup>。MA/SN砥粒と比較し、TA砥粒は研削焼けが発生せず、ドレッシング間隔が250%延長することが確認できました(図14)。ドレッシング間隔の延長により、非稼働時間の短縮など生産性が向上できます。また、ドレッシング性を重視する場合は、TA2砥粒を使用することにより、従来セラミック砥粒と比較し、30%のドレッサ寿命延長が確認できました(図15)。ドレッサ工具費を低減することにより、歯車研削工程における工具費低減に寄与することが期待できます。

図13 ギヤエース



表5 試験条件

|               |   |      |
|---------------|---|------|
| 【砥石】          |   |      |
| 寸法            | Φ300×T125×Φ160mm                          |      |
| スペック          | TA80-VLK1P(TA砥粒)<br>MA/SN80-V36P(MA/SN砥粒) |      |
| 【ドレッシング条件】    |   |      |
| ドレッサタイプ       | コンポジットロールタイプ <sup>※</sup>                 |      |
| ドレッシング工程      | 粗   | 仕上げ  |
| 砥石回転数 (rpm)   | 100                                       | 50   |
| ドレッサ回転数 (rpm) | 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 <sup>※</sup>            | 2.0                   |                   |          |
| 圧力角 <sup>※</sup> (°)          | 15                    |                   |          |
| 歯数 (枚)                        | 50                    |                   |          |
| 研削工程                          | 粗                     | 中仕上げ              | 仕上げ      |
| 研削方向                          | コンベンショナル <sup>※</sup> | クライム <sup>※</sup> | コンベンショナル |
| 砥石回転数 (rpm)                   | 4500                  | 4500              | 4500     |
| 切込み量 (mm)                     | 0.20                  | 0.15              | 0.05     |
| アキシャル送り <sup>※</sup> (mm/rev) | 1.2                   | 1.0               | 0.5      |
| 研削能率 (mm <sup>3</sup> /s)     | 250                   | 150               | 20       |
| 研削油                           | 不水溶性                  |                   |          |

図14 試験結果(ドレッシング間隔)

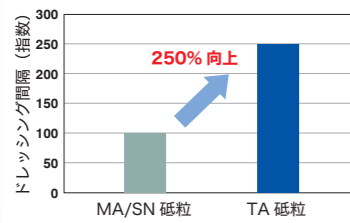
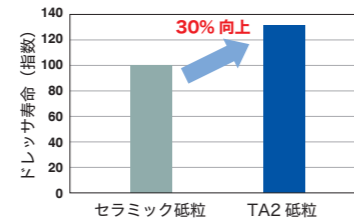


図15 試験結果(ドレッサ寿命)



② 複層歯車研削砥石

ソリューション：表面粗さ向上要求に対応する複層歯車研削砥石

表6の試験条件で、従来品と複層歯車研削砥石の表面粗さの比較をしました。従来品のRa0.23 $\mu$ mと比較し、複層歯車研削砥石ではRa0.06 $\mu$ mと約80%程度改良しました(図17)。切込み量を調整することで、二層構造表面※(プラトー化)も取得可能です。歯面を二層構造表面とすることで、油溜まりによる潤滑性を維持したまま、噛み合い時の伝達誤差の低減や初期摩擦の低減、ピッチングの抑制が可能です。また、ポリッシュ工程後の歯面の観察でも研削痕の微小化が確認できました(図18)。さらに、複層歯車研削砥石の砥石周速度は75m/sまで使用可能であることから(研削盤等構造規格の適用除外申請※認可取得済)、ポリッシュ工程追加によるサイクルタイム増加を圧縮可能であり、生産性向上に寄与できます。表面粗さを向上させることで、歯車の伝達効率向上、歯面強度向上、静粛性向上などが期待できます。

図16 複層歯車研削砥石

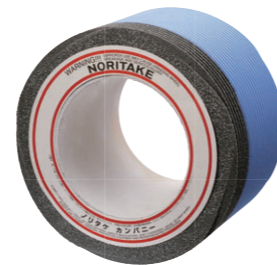


図17 試験結果(ポリッシュ工程による表面粗さ変化)

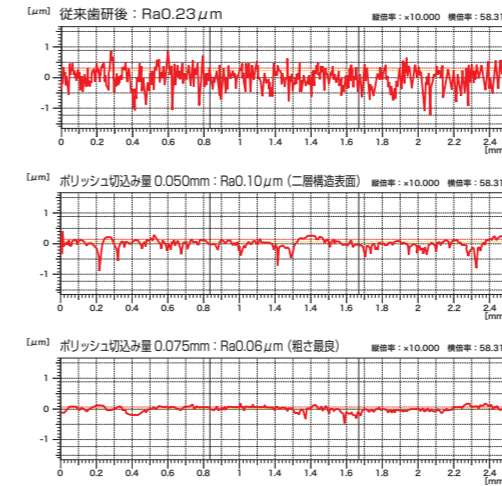
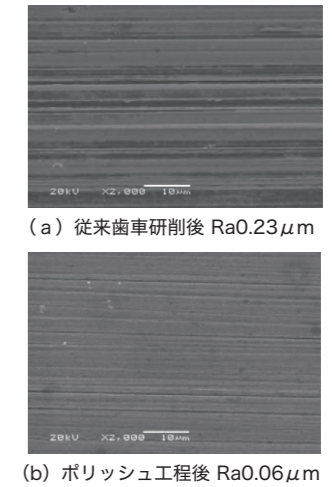


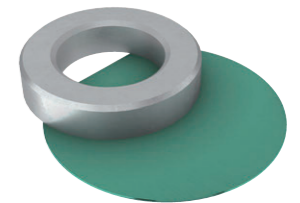
図18 ポリッシュ工程後の研削痕



》 研削ソリューション：SiCパワー半導体の平面研削・裏面研削

パワー半導体とは、電力の制御・供給を行う半導体の中で、あらゆる電子機器に使われています。現在、その基板の大半はシリコン(Si)が使用されていますが、今後はシリコンカーバイド(SiC)を用いたパワー半導体の需要が大きく広がると見込まれています。SiCは、Siに比べ電力の変換ロスが大幅に低減できるため、電子機器の高効率化、小型化を可能にします。この特性をいかして、EVや鉄道、産業機器などグリーンイノベーションが進む分野でSiCの実用化が始まっており、今後、低炭素社会の実現のため展開が期待されています。パワー半導体の量産において、SiCは非常に硬く加工が難しいことから、現状加工コストがネックとなっています。中でも、ウェーハ切断・ラップ後の平面研削や、デバイスウェーハの裏面研削は取り代が多く、工具寿命が短い課題があります。今後さらにウェーハの大口径化が進む中で、高品質・高効率を両立しつつ、長寿命な研削ホイールの開発が重要です。ここでは、SiCウェーハの研削に適するホイール、粗研削用としてMVPホイール、仕上げ研削用としてVSGホイールをご紹介します。

図19 ウェーハ平面研削(裏面研削)の概略図



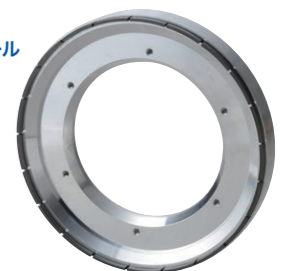
① MVPホイール (メタルダイヤモンドホイール)

【特許出願済】

ソリューション：適度な自生作用を持つメタルボンドによる長寿命化と研削能率の向上

表7の試験条件で、6インチSiCウェーハを研削した結果、MVPホイールは、従来品に比べて消費電力値が30%低減、かつ、ホイール摩耗を70%抑制することができました(図21)。砥粒保持力の高いメタルボンドに適度な自生作用を持たせたため、良好な切れ味と長寿命化を実現しています。

図20 MVPホイール



さらに、MVPホイールは切れ味に優れるため、高効率研削も可能になります。表8の切込み速度を上げた試験条件で、6インチ SiCウェーハを研削した結果、従来品の限界切込み速度0.7 $\mu$ m/sに対して、MVPホイールは切込み速度を43%上げた1.0 $\mu$ m/sにおいても安定研削可能で、かつ、消費電力値を24%抑制することができました(図22)。取り代の多いSiCウェーハ粗研削のコスト低減だけでなく、生産性の向上も期待できます。

表6 試験条件

| 【砥石】 |                               | 【ワーク】 |                  |
|------|-------------------------------|-------|------------------|
| スペック | TA2 120-VLK1P A800            | 材質    | SCM415           |
| 寸法   | $\Phi$ 275xT125x $\Phi$ 150mm | 寸法    | $\Phi$ 105xT40mm |
|      |                               | モジュール | 3.0              |
|      |                               | 圧力角   | 20°              |
|      |                               | 歯数    | 30枚              |
|      |                               | 硬度    | HRc 58~63        |

| 【ドレッシング条件】    |             |      |
|---------------|-------------|------|
| ドレッサタイプ       | シングルテーパタイプ※ |      |
| ドレッシング工程      | 粗           | 仕上げ  |
| 砥石回転数 (rpm)   | 70          | 70   |
| ドレッサ回転数 (rpm) | 3260        | 3260 |
| 切込み量 (mm)     | 0.025       | 0.02 |

| 【研削条件】                    |           |          |       |
|---------------------------|-----------|----------|-------|
| 研削方式                      | 連続創成式歯車研削 |          |       |
| 研削工程                      | 粗         | 中仕上げ     | ポリッシュ |
| 研削方向                      | クライム      | コンベンショナル | クライム  |
| 砥石回転数 (rpm)               | 4400      | 4400     | 4400  |
| 切込み量 (mm)                 | 0.24      | 0.04     | —     |
| アキシャル送り (mm/rev)          | 0.7       | 0.3      | 0.8   |
| 研削能率 (mm <sup>3</sup> /s) | 222       | 16       | —     |
| 研削油                       | 不水溶性      |          |       |



表7 試験条件(同一切込み速度差)

|          |               |
|----------|---------------|
| 研削方式     | 平面研削          |
| ホイールスペック | SD2000-M      |
| ホイール回転数  | 2400rpm       |
| ワーク材質    | 単結晶SiCウェーハ    |
| ワーク寸法    | 6インチ          |
| ワーク回転数   | 300rpm        |
| 取り代      | 200 $\mu$ m   |
| 切込み速度    | 0.5 $\mu$ m/s |
| 研削油      | 水             |

図21 試験結果

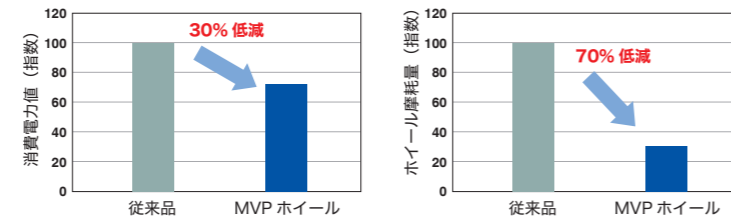


表8 試験条件(限界切込み速度差)

|          |                              |
|----------|------------------------------|
| 研削方式     | 平面研削                         |
| ホイールスペック | SD2000-M                     |
| ホイール回転数  | 2400rpm                      |
| ワーク材質    | 単結晶SiCウェーハ                   |
| ワーク寸法    | 6インチ                         |
| ワーク回転数   | 300rpm                       |
| 取り代      | 200 $\mu$ m                  |
| 切込み速度    | 0.7~1.0 $\mu$ m/s (限界切込み速度差) |
| 研削油      | 水溶性                          |

図22 試験結果

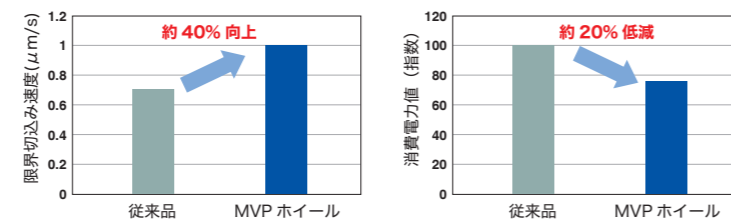


表9 試験条件

|          |               |
|----------|---------------|
| 研削方式     | 平面研削          |
| ホイールスペック | SD8000-V      |
| ホイール外径   | $\phi$ 300mm  |
| 砥石回転数    | 2000rpm       |
| ワーク材質    | 単結晶SiCウェーハ    |
| ワーク寸法    | 4インチ          |
| ワーク回転数   | 150rpm        |
| 取り代      | 8 $\mu$ m     |
| 切込み速度    | 0.1 $\mu$ m/s |
| 研削油      | 水             |

図24 試験結果

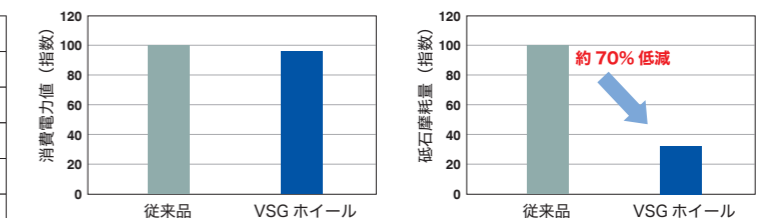


表10 ワークのダメージ深さの評価条件(ステップポリッシュ法)

|         |                         |
|---------|-------------------------|
| 研磨装置    | $\phi$ 36インチ片面研磨機       |
| ワーク材質   | 単結晶SiCウェーハ              |
| ワーク寸法   | 4インチ×3枚                 |
| 研磨圧力    | 30kPa                   |
| テーブル回転数 | 35rpm                   |
| 研磨時間    | 1回あたり20分 (傷がなくなるまで繰り返し) |
| 研磨油     | ノリタケルブリカントLSC-1         |

図25 ワークのダメージ深さの評価(ステップポリッシュ法)

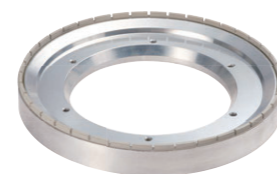
|            | ワーク拡大写真と表面粗さ         | ワークのダメージ深さ(ステップポリッシュ法)   |
|------------|----------------------|--------------------------|
| SD8000VSG  | 表面粗さ Ra0.6nm Rz2.7nm | 取り代1.2 $\mu$ m 研磨時間40min |
| SD12000VSG | 表面粗さ Ra0.4nm Rz1.8nm | 取り代0.6 $\mu$ m 研磨時20min  |

②VSGホイール (ヒトリファイブダイヤモンドホイール)

ソリューション：高強度、高弾性率ボンドにより研削抵抗の上昇を抑え長寿命化を実現

表9の試験条件で4インチ SiCウェーハを研削した結果、VSGホイールでは従来品と同等の消費電力値に抑えながらホイール摩耗量を67%低減することができました(図24)。加えて、初回のドレッシング以降はドレッシングなしでも消費電力値が一定以上に上昇することがないことも確認できています。さらに、従来品では安定した連続研削が困難であった6インチSiCウェーハについてもドレッシングなしで連続研削が可能です。これらのことから、SiCウェーハの研削コストの大幅な低減が期待できます。

図23 VSGホイール

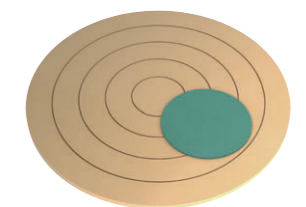


また、研削時に発生するダメージ深さの評価を研磨パッドを用いたステップポリッシュ法で行いました(表10)。ステップポリッシュ法とは、ある一定の取り代毎に研磨面を確認してダメージの有無を確認する方法です。VSGホイール研削後のダメージ深さはSD8000VSGで1.2 $\mu$ m程度、SD12000VSGで0.6 $\mu$ m(図25)となり、後工程の研磨時間短縮にも貢献します。

》研削・研磨ソリューション：SiCパワー半導体のポリッシング

低炭素社会の実現に向けて自動車の電動化が加速していますが、これら電力を制御するにはパワー半導体と呼ばれる電子部品が用いられており、次世代パワー半導体ベース基板としてシリコンカーバイド(SiC)に注目が集まっています。しかし、SiCはダイヤモンドに匹敵するほど高硬度なため加工が難しく、SiCウェーハ加工に掛かるコストが普及の足かせとなっています。特にウェーハ加工最終の研磨工程においては、硬質ウレタンパッドを用いた研磨能率重視の1次研磨と、不織布パッドを用いたウェーハ表面を高品位に仕上げる2次研磨の2工程で加工されるため、加工時間が長時間となります。くわえて高価な遊離砥粒スラリーを用いて加工されます。ここではSiCウェーハの研磨工程において加工時間と加工費を大幅に低減できる研磨パッドとしてLHAパッドをご紹介します。

図26 研磨の概略図



**LHAパッド (SiCウェーハ用半固定砥粒研磨パッド) 【特許取得済】**

ソリューション：半固定砥粒研磨パッドによる高能率、高品位研磨の実現と遊離砥粒スラリーの廃止

表11の試験条件で6インチ SiCウェーハをLHAパッドと従来の不織布パッドを用い比較した結果、LHAパッドとLHAパッド専用ノリタケルブリカントLSC-1の組み合わせでは従来の不織布パッドと砥粒入りスラリーに比べ研磨能率160%向上、表面粗さ同等以下、スクラッチが極めて少ない結果となりました(図28)。またパッド寿命も通常不織布パッドに比べ大幅に延びています(図29)。LHAパッドは内包された砥粒が凝集したり流れ出すことが極めて少なく、遊離砥粒研磨方式に比べ多数の砥粒が研磨に作用するため、高能率、高品質、高寿命の研磨が可能となります(図30、31、32)。さらにノリタケルブリカントLSC-1は砥粒を含有していないため、簡単な濾過のみで循環使用が可能となりコスト低減だけでなく、廃液の大幅削減による環境負荷低減につながります。市場では2工程の研磨を1工程に削減が可能となり、サイクルタイムの短縮による生産性向上が期待できるとのご評価をいただいています。

図27 LHAパッド



表11 試験条件

|         |   |
|---------|---|
| 研磨装置    | 36インチ片面研磨機  |
| ワーク     | SiC単結晶 [4Hタイプ] 基板 切り出し角度4° Si (シリコン) 面 [0001] 6インチ×3枚 |
| 研磨圧力    | 30Kpa   |
| テーブル回転数 | 35min <sup>-1</sup>                                   |
| 研磨油     | ノリタケルブリカントLSC-1 (LHAパッド用強化研磨油)                        |
| 加工時間    | 2時間   |

図28 試験結果

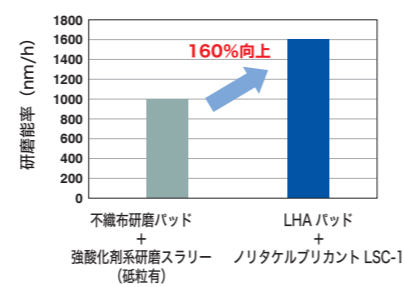


図29 試験結果

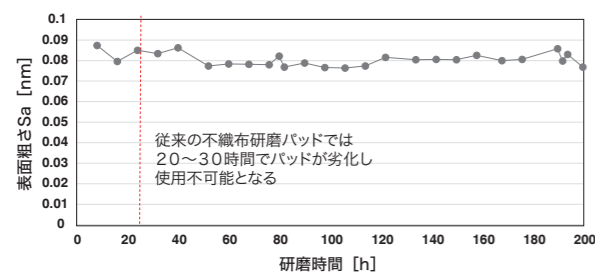


図30 LHAパッドの構造

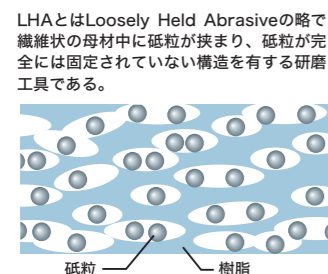


図31 LHAパッドの断面写真

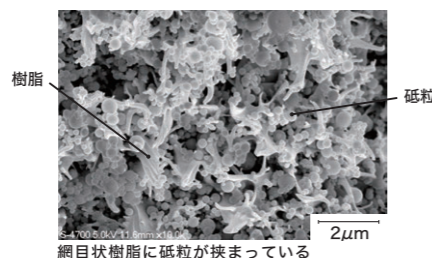
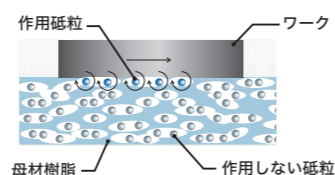


図32 LHAパッドの砥粒の作用



**研削ソリューション：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ピトリファイド砥石・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>⑥</sup>。ここでは、ピトリファイド砥石・レジノイド砥石に対して、精度よく安定したドレッシングが可能なドレッサとしてGシャープをご紹介します。

**Gシャープ (ドレッサ)**

ソリューション：人造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ばらつき改善

表12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>⑦</sup>を比較しました。Gシャープは天然ダイヤモンドドレッサに比べ、ドレッシング時のドレッシング比が同等以上です(図34)。また、ドレッシング時の消費電力値とドレッシング性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、ドレッサ寿命が安定するだけでなく、研削後のワーク表面粗さの安定化も実現します。

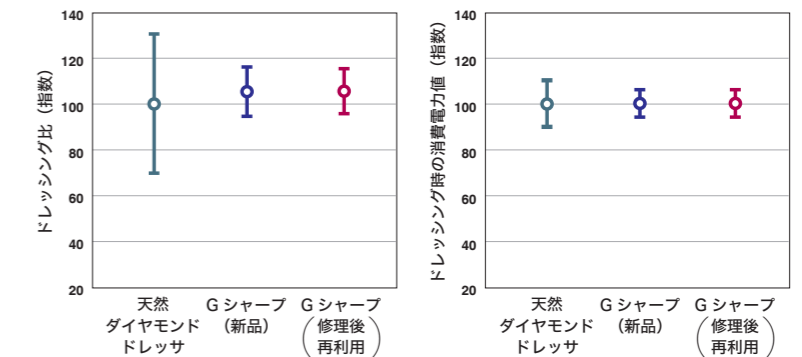
図33 Gシャープ



表12 試験条件

|            |                 |
|------------|-----------------|
| 研削盤        | 円筒研削盤           |
| 研削方式       | 円筒研削            |
| 砥石スペック     | CXZ60-V         |
| 砥石寸法       | φ405×T75×φ127mm |
| 砥石周速度      | 45m/s           |
| 研削油        | 水溶性             |
| 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     |

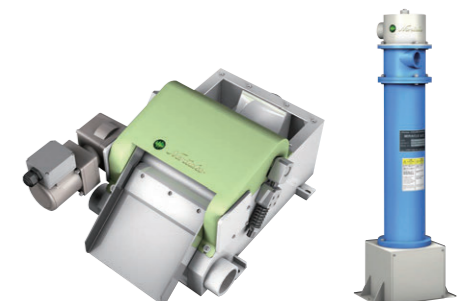
図34 試験結果



**研削ソリューション：濾過装置**

研削油中の異物を除去する濾過装置は、研削油の性能維持や、研削面の不良率を低減させる重要な役割を果たします。近年、鉄系ワークの研削工程に利用される水溶性研削油は、濾紙などの消耗品濾材を使用しないマグネットセパレーターとサイクロンセパレーターを組み合わせる方法が一般的です。しかし、この濾過方法は、濾過精度、運転エネルギー、導入工数に課題があり、採用されない研削工程もありました。ここでは、独自技術をコンビネーションしたシステムによって、濾過精度の向上、省エネ化、標準化を実現し、さまざまな研削工程に適用可能なエポックセパレーターをご紹介します。

図35 マグネットセパレーターとサイクロンセパレーター外観



エポックセパレーター (濾過装置)

【特許取得済】

ソリューション：5つの特許技術で、濾過精度向上、省エネ化、標準化を実現

エポックセパレーターは、研削盤から排出されるダーティ研削油をダーティタンクで受けてマグネットセパレーターへ送液するフロー(図37)を採用しています。このフローにより、研削盤が研削油を使用しない非研削時でもマグネットセパレーターへ最大流量を送液し、システムとして高い異物排出能力を発揮します。図38は円筒研削盤から排出された切り屑を濾過した試験データです。従来装置の濾過精度90%に対して、98%を達成し、濾過精度向上を実現しました。さらに、ダーティタンクには攪拌機を搭載し、スラッジ溜まりを制御するため、定期清掃が不要となります。攪拌機は100Wの省エネモーターを使用しているため、従来のポンプによるフラッシング方式と比べ、28%の電力削減に成功しています。またさらに、濾過システム内の機器配置を最適化することで、設置面積を50%削減しました(図39)。研削盤との接続箇所を複数設けたため、濾過システム内のレイアウトを変えることなく、あらゆる現場に対応した配置が可能、すなわち標準化を実現し、導入までの工数を削減できます。

図36 エポックセパレーター



- 【注釈】
- ※コンボ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(インポリュート歯車の場合)。
  - ※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)。
  - ※クライムカット : 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)。
  - ※二層構造表面 : ワーク表面の微細な凹凸の突起部分を滑らかに加工し、台地状となった表面性状 [5]
  - ※研削盤等構造規格の適用除外申請 : 研削盤および砥石に関する法律。当該規格に適合していない砥石を、日本国内で使用する場合、各都道府県労働局への申請・認可が必要。
  - ※シングルテーパタイプ : 歯研用ドレッサの1種。歯底と歯面と片歯面ずつ別々のドレッサで同時に成形するロータリドレッサ

- 【文献】
- ①大浦 雄介 : スーパーユニフォーム・ノンクロッティ, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017) 8-11.
  - ②大山 敏史 : ライフキング, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017) 28-31.
  - ③伊藤 綾真 : VPホイール, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017) 18-21.
  - ④石澤 孝政 : 歯車研削用砥石ギヤエース, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017) 42-45.
  - ⑤吉田 一朗 : 二層表面構造性状の解析, 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2005) 107.
  - ⑥杉野 香奈絵 : よくわかるツルニング・ドレッシング, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2019, (2018) 24-31.
  - ⑦松尾 秀平 : Gシャープ, NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017) 46-49.

- 【特許】
- ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 古野大樹・山口勝, 高硬質脆性材用メタルボンド砥石, 特願2019-017499, 2019-0201
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 山口勝・古野大樹, 多孔質メタルボンド砥石の製造方法および多孔質メタルボンドホイールの製造方法, 特願2020-187173, 2020-1110
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 佐藤誠, 研磨体およびその製造方法, 特許4266579, 2009-0520
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 佐藤誠, 研磨体およびその研磨体を用いた研磨加工方法, 特許4116352, 2008-0709
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 佐藤誠・北嶋将太, 研磨体およびその製造方法, 特許6636634, 2020-0129
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 佐藤誠・奥田和弘, 結晶材料の研磨加工方法, 特許5336699, 2013-1106
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 平田隆幸, 研削盤用研削液濾過装置, 特許6754487, 2020-0909
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 平田隆幸, 研削盤用研削液濾過装置, 特許6754486, 2020-0909
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 平田隆幸, 研削盤用研削液濾過装置, 特許6715382, 2020-0701
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 平田隆幸, クラント循環装置, 特許6557759, 2019-0807
  - ・株式会社ノリタケカンパニーリミテド 平田隆幸, マグネットセパレータ, 特許6488050, 2019-0320

図37 エポックセパレーターのフロー

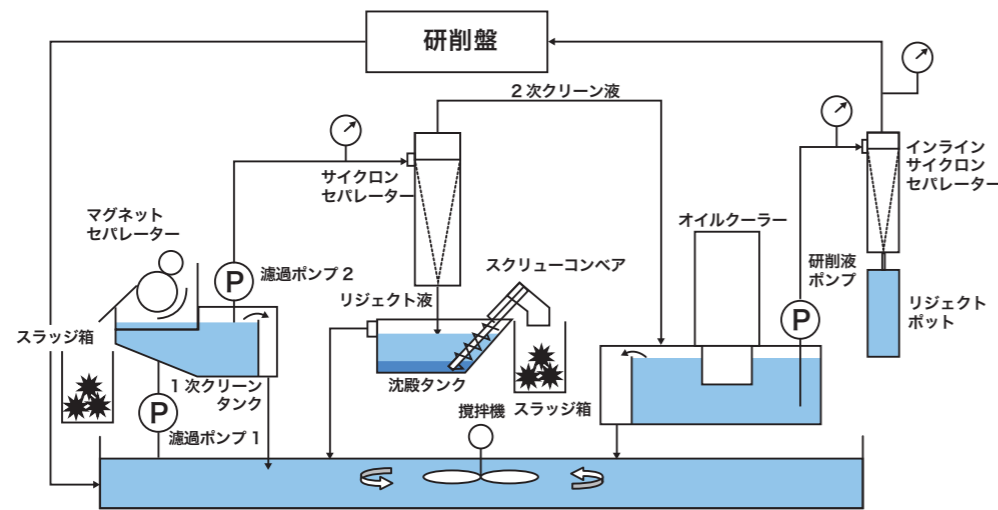


図38 エポックセパレーターの濾過性能

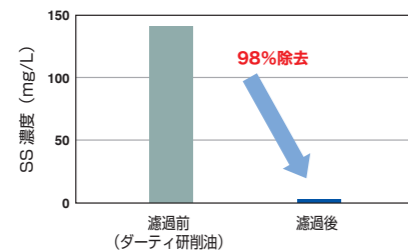
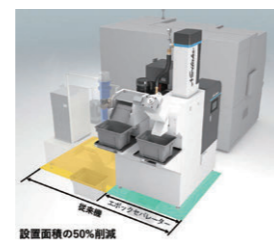


図39 エポックセパレーターの設置面積図





## ノリタケ株式会社

### 砥石・ドレッサ・研削油について

#### □国内営業拠点

##### ■工業機材事業本部 営業本部

〒451-8501 名古屋市西区則武新町三丁目1番36号  
TEL(052)561-9833

##### ■東部支社

〒224-0051 神奈川県横浜市都筑区富士見が丘14-8  
TEL(045)944-5929

##### ■中部支社

〒451-8501 名古屋市西区則武新町三丁目1番36号  
TEL(052)561-7226

#### □海外工場・営業拠点

##### ■NORITAKE U.S.A., INC. (アメリカ)

###### Cincinnati Branch

4990 Alliance Dr., Mason, OH 45040, U.S.A.  
Tel +1-513-234-0770

###### Atlanta Branch

490 Sun Valley Dr., Suite#102  
Roswell, GA 30076, U.S.A.  
Tel +1-770-518-8233

##### ■NORITAKE EUROPA GmbH.

###### (ドイツ)

Kurhessenstrasse 3, D-64546  
Mörfelden-Walldorf, Germany  
Tel +49-61-05-2092-44

##### ■NORITAKE SHANGHAI TRADING CO., LTD. (中国)

###### Shanghai Headquarter

Room 701 Aetna Tower No.107, Zun Yi Road,  
Chang Ning District, Shanghai, 200051, China  
Tel +86-21-6237-5667

###### Guangzhou Branch

2510 Goldlion Digital Network Center, 138  
Tiyu Road East, Guangzhou 510620, China  
Tel +86-20-3877-2253

###### Dalian Branch

22K, International Finance Building,  
No.15 Renmin Road Zhongshan  
Dist Dalian 116001, China  
Tel +86-411-825-06065

##### ■NORITAKE SA (THAILAND) CO., LTD. (タイ)

###### Bangkok Office

388 Amigo Tower, 17<sup>th</sup> Floor, Zone A/1, Siphaya Road,  
Mahapruetaram, Bangrak, Bangkok, 10500, Thailand  
Tel +66-2-235-1688

### 濾過装置について

#### ■エンジニアリング事業部

##### 流体テクノ部 濾過グループ

〒451-8501 名古屋市西区則武新町三丁目1番36号  
TEL(052)561-4268

ホームページはこちら▶



お問合せはこちら▶



■お問合せ先 Distributed by



改良にともない、お断りなく仕様など変更させていただくことがあります。