ビトリファイド CBN ホイール 削楽の開発

Development of Vitrified CBN Wheel SAKURA

1．はじめに

当社がビトリファイド CBN ホイールを実用化してから 40 年が経過した．その間，市場の要求に常に応えながら砥石の性能向上のため，開発・製品化を図り，高い評価を得て，砥石メーカーとして成長してきた．ビトリファイド CBN ホイールに求められる性能は，高生産性，長寿命化，工作物加工面の高品位化の 3 点であり，これらを同時に満たす必要がある．本報では，その 3 要素を満たすホイールとして開発した「削楽～ SAKURA ～」（**図 1**）の技術を紹介する．

図 1　ビトリファイド CBN ホイール削楽
Vitrified CBN wheel SAKURA

2．「削楽」の特徴

2.1　商品コンセプト

一般的にビトリファイド CBN ホイールは，ツルーイング直後の切れ味が最も低い傾向がある．この原因の一つとして，CBN 砥粒の充塡密度を調整する目的で添加された骨材が工作物と擦過して生じる摩擦熱があげられる（**図 2**）．切れ味が悪いと形状精度の劣化，研削焼けや研削割れ，工作物の硬度低下などの問題が生じる．この課題に対し，骨材の擦過抑制を目的として開発を推進した．

砥石構造を全面的に見直し，骨材部を気孔に置き換えることにより，擦過を抑制できると判断した．この判断に基づき複数の構造案を検討した結果，骨材を気孔に置き換える独自製法を確立した（**図 3**）．しかし，単に骨材を気孔に置き換えた場合，砥石構造の強度が 27% 低下した．強度低下は加工精度の低下や砥石寿命の短縮などの研削性に悪影響及ぼす．

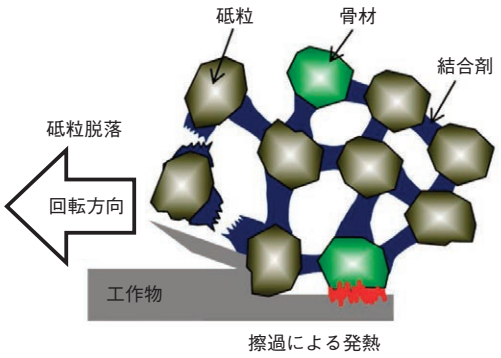

図 2　従来品の砥石模式図
Schematic diagram of conventional CBN grinding wheel

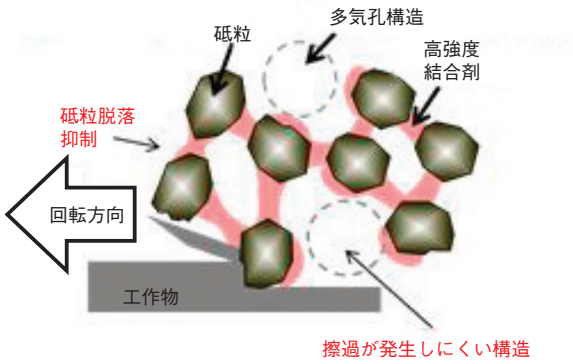

図 3　削楽の砥石模式図
Schematic diagram of SAKURA Wheel

そこで，削楽では従来の砥石に使用していた結合剤よりも 38% 強度を高めた結合剤を開発し，高気孔率でも砥石組織の強度が維持可能な構造を実現した（**図 4**）．

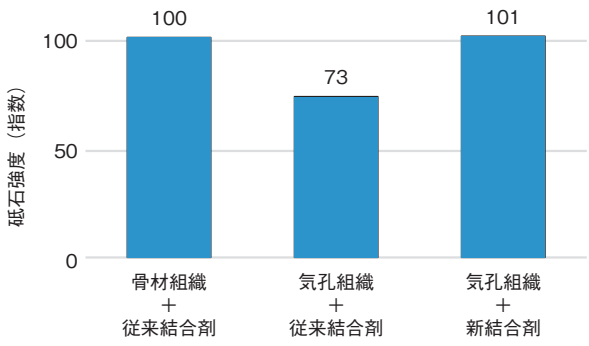

図 4　砥石強度の比較
Comparison of grinding wheel strength

以上により，砥石強度を損なうことなく高気孔率の砥石組織が得られた．高気孔率は擦過抑制にくわえ，切りくずの排出性や研削液の浸透性を向上させ，研削熱の抑制が期待できる．これにより，工作物の研削焼けや研削割れの防止，工作物硬度低下の抑制に効果を発揮する．

削楽の擦過抑制効果を検証するため，ホイール外周をツルーイングした後，**表1**に示す条件で砥石最表面の状態を観察した．

図5に砥石表層から深さ 5 μm までの領域を赤色で示す．従来品では骨材が擦過したと考えられる大きな塊が確認された．一方，削楽では同様の塊は観察されず，擦過の抑制効果が示唆された．

表1　砥石表面の観察条件
Observation parameters for grinding wheel surface

項目	条件
砥石仕様	従来品：集中度 175，削楽：集中度 175
測定機	レーザー顕微鏡：VK-X250（キーエンス社製）
レンズ倍率	× 10

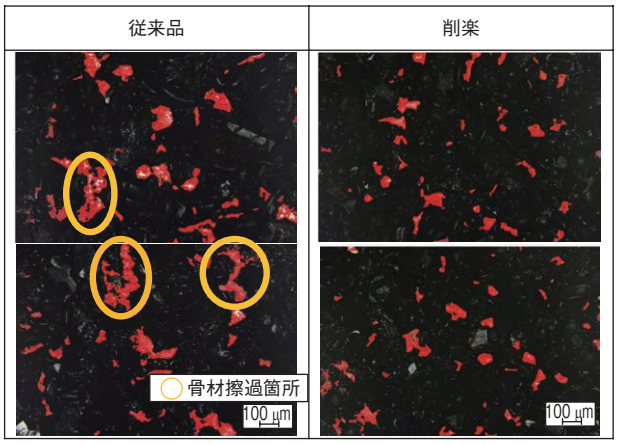

図5　砥石表面の観察結果
Results of grinding wheel surface observation

2.2　研削性能

砥石の研削性能を確認するため，**表2**に示す条件で従来品と削楽を比較評価した．

その結果，**図6**に示すとおり削楽はツルーイング直後の研削抵抗が従来品に比べて 20% 低減し，さらに研削除去量に対する研削抵抗の変動も小さくなり，高い安定性が確認された．

また，**図7**に示すとおり削楽は研削除去量に対する表面粗さの変化が小さく，ツルーイングインターバルの向上が可能となる．これより，削楽は砥石寿命の向上が期待される．

表2　研削条件
Grinding parameters

項目	条件
研削方式	円筒外径研削
工作物	炭素鋼（焼入れ）
ホイール周速度 m/s	80
研削能率 $mm^3/mm \cdot s$	4

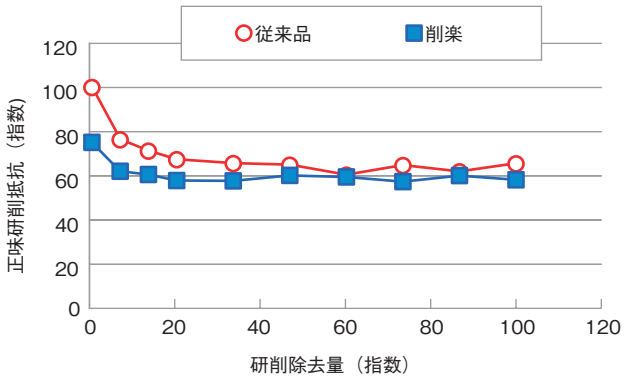

図6　研削抵抗の推移
Grinding force transition

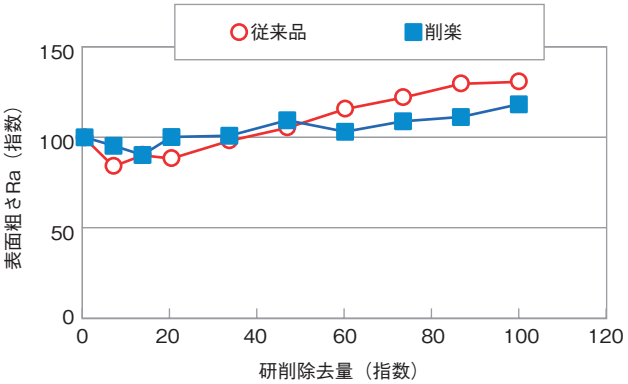

図7　表面粗さの推移
Surface roughness transition

3. 市場での実績

削楽は自動車部品や軸受の加工分野で多数のお客様に採用されており，さまざまな加工条件下で高い性能を発揮している．以下に，お客様での評価事例を示す．

3.1　工具費の低減

軸受の内面研削工程では連続研削によってホイールが著しく摩耗し，工作物の形状精度が早期に規格外となるため，ツルーイングインターバルが短いという課題があった．この課題に対し，削楽の採用で形状精度の悪化を抑制し，ツルーイングインターバルを 1.6 倍に延長した．さらに，ツルーイング回数の削減により，工具費を 35% 低減した（**図8**）．

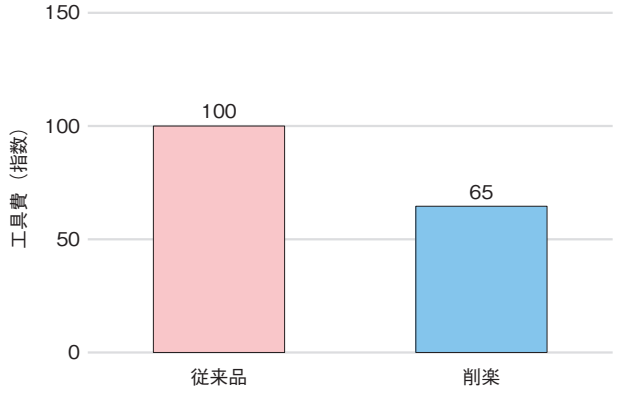

図8　工具費の比較
Tool cost comparison

3.2　カーボンニュートラルへの貢献

昨今，地球温暖化の防止と持続可能な社会の構築に向けて，カーボンニュートラルの実現が求められている．そのためには，森林保全，再生可能エネルギーの利用，エネルギー効率の向上など，環境負荷に対する取り組みが不可欠である．

研削加工においても環境負荷の低減が必要とされており，研削盤の消費電力の削減が課題となっている．その対策の一つとして，砥石周速度の適正化がある．

砥石にかかる局所的な負荷を推定する指標として，一つの砥粒が工作物にどれだけ深く食い込んでいるかを示す「砥粒切り込み深さ g」があげられる．g は砥石および工作物の周速度を V，v，砥石および工作物の直径を D，d，砥石切り込み量を Δ，連続切れ刃間隔を a とした場合，式(1)で求められる．

$$g = 2a\sqrt{\Delta}\sqrt{\frac{d+D}{dD}\frac{v}{V}} \quad (1)$$

この式から砥石周速度 V が小さいと砥粒切込み深さ g が大きくなるため，砥粒にかかる負荷が増大し，砥石寿命の悪化をもたらすことがわかる．

従来品と削楽で 2 条件の砥石周速度にて研削除去量と表面粗さの関係を求めた結果を**図9**に示す．従来品の砥石による砥石周速度の比較を行うと，砥石周速度 118 m/s の場合，研削除去量に対する表面粗さの変化は小さいが，砥石周速度 80 m/s の場合は表面粗さが急激に悪化している．しかし，削楽では砥石周速度 80 m/s でも表面粗さの変化が 118 m/s と比較しても遜色はなく，安定した加工が可能となった．

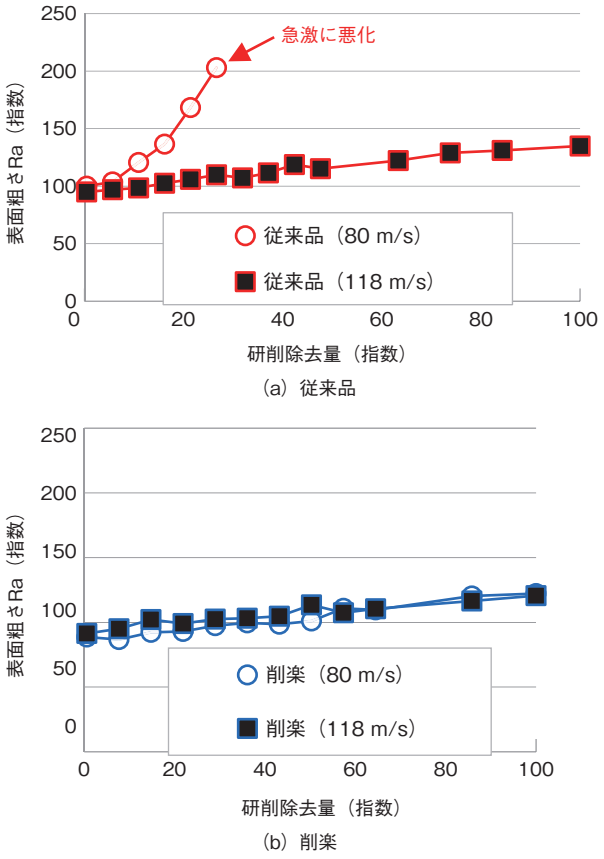

図9　研削除去量と表面粗さの関係
Relationship between grinding material removal rate and surface roughness

このように，削楽によって砥石周速度を 118 m/s から 80 m/s へと低減しても加工の安定性を維持できた．その結果，研削盤の消費電力量を 27% 削減し，カーボンニュートラル実現への貢献が可能となった（**図10**）．

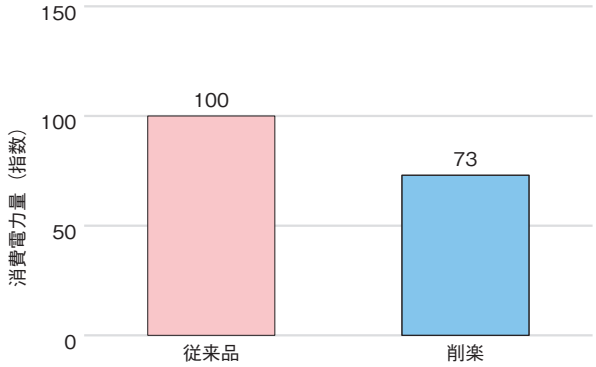

図10　消費電力量の比較
Power consumption comparison

4. おわりに

工作物を高精度かつ短時間で加工することは，モノづくりに携わる者にとって常に要求される重要なテーマである．この要望に応えるために開発された削楽は，自動車メーカーをはじめとする世界中の研削加工現場に欠かせない製品として評価されている．

一方，加工への要求は多様化しており，例えば，電動化の進展によってモーター製造用金型には一桁高い加工精度が求められている．また，半導体関連分野で使用されるセラミックス部品は材料革新の影響で難削材化が進行している．さらに，自動車搭載用の電子部品や，研削盤を含む高精度加工機に搭載される部品においても，より高い加工精度が要求されている．これらの要求に対応するため，製造業全体でカーボンニュートラルの実現に向けた取り組みが加速しており，研削加工においても省エネルギー性など環境負荷の低減が強く求められている．

市場ニーズおよび社会的要請に対応するため，当社はビトリファイド CBN ホイール，レジンホイール，メタルホイール，ロータリードレッサなどの製品に対しても蓄積した技術や知見を応用し，性能向上と環境対応の両立を図っている．今後も現場の加工課題に対応する工具の開発および提案を通じて，各産業分野の発展と持続可能な社会の実現に貢献していく所存である．

（株式会社ジェイテクトグラインディングツール　開発部）