

| 表示粒度 | USA (JIS) | FEPA (DIN) | 平均粒径 | 使用領域 |
|------|-----------|------------|------|--------|
| 20 | 20/30 | D852 | 840 | ドレッシング |
| 30 | 30/40 | D602 | 590 | |
| 40 | 40/50 | D427 | 420 | |
| 50 | 50/60 | D301 | 300 | |
| 60 | 60/80 | D252 | 250 | |
| 80 | 80/100 | D181 | 177 | |
| 100 | 100/120 | D151 | 149 | |
| 120 | 120/140 | D126 | 125 | |
| 140 | 140/170 | D107 | 105 | |
| 170 | 170/200 | D91 | 88 | |
| 200 | 200/230 | D76 | 74 | |
| 230 | 230/270 | D64 | 63 | |
| 270 | 270/325 | D54 | 50 | |
| 325 | 325/400 | D46 | 44 | |
| 400 | - | - | 37 | |
| 600 | - | - | 30 | |
| 800 | - | - | 20 | |
| 1000 | - | - | 15 | |
| 1500 | - | - | 10 | |
| 2000 | - | - | 8 | |
| 3000 | - | - | 5 | |

JISで規格化されていない

図4 超砥粒の粒度

被削材料や加工に合った集中度を選択することが重要である。集中度は「 $4.4ct/cm^3 = \text{集中度 } 100$ 」と定義され、一般的には20~200の範囲で使用される。

結合剤(ボンド)が砥粒を保持する度合い(強さ、硬さ)を表すのが結合度で、「N」を基準にした序列であるが、分類に厳格な規定がないため、各メーカー内の序列のみを示すのでメーカー間の相関はないことに注意することが必要である。

代表的な加工機械(横軸平面研削盤、工具研削盤)での、ストレート形状(1A1型)とカップ形状(6A2型)での超硬合金とダイス鋼(焼入鋼)を加工した代表的な表面粗さを図5に示す。

4. 結合剤(ボンド)の特徴と用途

超砥粒ホイールにおける結合剤とは一般的には「ボンド」と呼ばれ、砥粒を結合、保持する役割をもっている。また加工中に砥粒が脱落することで砥粒を自生させ(自生発刃)、良好な切れ味を持続させることも必要である。被削材料や用途により最適な結合剤を選択する必要がある(表1)。

5. 被削材種別超砥粒研削ホイールの選択

超砥粒ホイールは、被削材種によって使い分ける必要がある(表2)。大きく分けて非鉄材料はダイヤモンドホイール、鉄系材料はCBNホイールを選択する。また結合剤の選択についても被削材料や加工、要求精度などによって変わる。例えば、ホーニング加工やラップ固定砥粒加工などの低周速の加工では、鉄系材料でもダイヤモンド砥粒を選択する場合がある。これは発熱量が低いためダイヤモンドが熱劣化しないためである。

6. 超砥粒ホイールのツルーイング・ドレッシング

超砥粒ホイールの使用時には、外周面の振れを取り(ホイール中心と機械軸の中心を合わせる)、総形状の場合は工作物断面形状と同じ輪郭精度にする作業であるツルーイングと、結合剤から砥粒を突き出した状態にする作業である(切れ味を良くする)ドレッシングを行う必要がある(図6)。

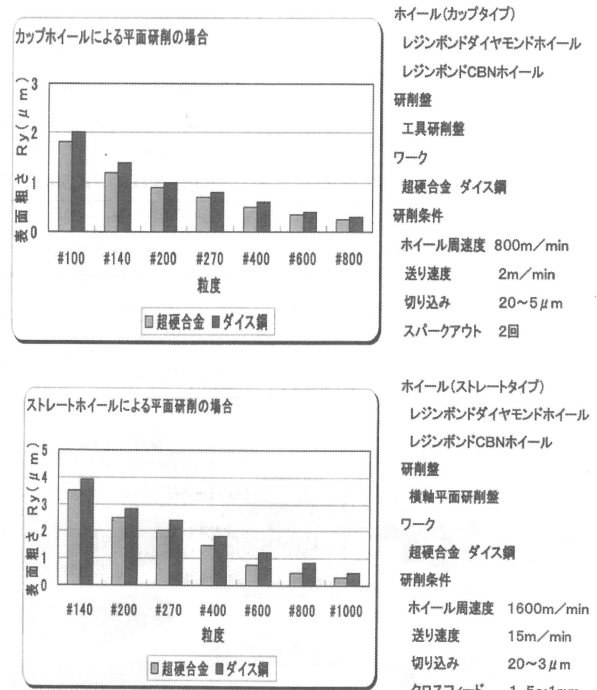


図5 粒度と表面粗さの関係

表1 結合剤と特性

| 結合剤 | 記号 | 記号の意味 | 主成分 | ヤング率 (GPa) | 熱伝導率 (W・M ⁻¹ ・M ⁻²) | 砥粒毎の主な被削材および用途 | |
|---------|----------|----------------|-------|------------|--|----------------|---------------------------------|
| レジン | B | Bakeite | 樹脂 | 5 | 5 | Diamond | 切削工具材料(超硬、サーメット、セラミック)、金型(超硬) |
| | | | | | | cBN | 金型(鉄系挿入鋼、ハイス鋼、ダイス鋼)、鉄系焼結部品の平面研削 |
| メタル | M | Metal | 銅-錫 | 100 | 60 | Diamond | 硬脆材料(ガラス、セラミックス、水晶、サファイヤ) |
| | | | | | | cBN | 鉄系自動車部品の内径ホーニング、鉄系棒材の切断 |
| ビトリファイト | V | Vitrified | ガラス | 90 | 1 | Diamond | 切削工具材料(焼結ダイヤモンド、CBNチップ) |
| | | | | | | cBN | 鉄系自動車部品、耐熱材料(インコネル) |
| 電着 | P (or E) | Electro-plated | Niめっき | 200 | 91 | Diamond | ゴム、FRP、磁性材料 |
| | | | | | | cBN | 鉄系自動車部品の総型研削、耐熱材料(インコネル) |

表2 ダイヤモンド・CBN ホイールで加工される被削材料

| ■ダイヤモンド | | | | | | | |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 切削工具 | 電子部品 | 磁性材料 | 硬脆材料 | 石材・窯 | 耐摩金属 | プラスチック | セラミック |
| 超硬合金 | セラミックス | セラミックス | セラミックス | セラミックス | セラミックス | セラミックス | セラミックス |
| サーメット | (7μmチタニウム) | (7μmチタニウム) | (7μmチタニウム) | (7μmチタニウム) | (7μmチタニウム) | (7μmチタニウム) | (7μmチタニウム) |
| セラミックス | 窒化アルミ | 窒化アルミ | 窒化アルミ | 窒化アルミ | 窒化アルミ | 窒化アルミ | 窒化アルミ |
| (7μm等) | シリコン | シリコン | シリコン | シリコン | シリコン | シリコン | シリコン |
| | 化合物半導体 | 化合物半導体 | 化合物半導体 | 化合物半導体 | 化合物半導体 | 化合物半導体 | 化合物半導体 |

| ■CBN | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|----|
| 切削工具 | 耐摩工具 | 構造部品 | 耐食金属 | 耐熱金属 | 磁性材料 | 鋳鉄 |
| SKH | SKD | SCM | SUS | SUH | 7μmコ | |
| SKS | Co合金 | SNCM | SUS | Ni合金 | タスト7 | |
| SK | 溶射金属 | SCr | SUJ | Ti合金 | | |

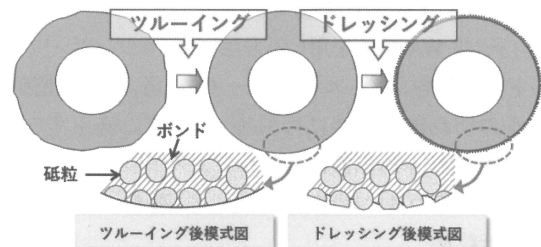


図6 超砥粒ホイールのツルーイング・ドレッシング¹⁾

表3 ツルージング・ドレッシング用砥石の推奨仕様

●ツルージング用在来砥石の選択例(砥粒よりも1~2番手程度粗い砥石を選定)

| | | | | |
|--------------|------|-------------|-------------|--------|
| ダイヤモンド 粒度 | ~140 | 170 ~270 | 325 ~500 | 600~ |
| レジン | C80K | C120H | GC300H | GC500H |
| メタル・ピト | C80K | C80H | GC120H | GC300H |

●ドレッシング用在来砥石の選択例(砥粒よりも1~2番手細かい砥石を選定)

| | | | | | |
|--------------|--------|-------------|-------------|--------------|---------|
| ダイヤモンド 粒度 | ~170 | 200 ~270 | 325 ~500 | 600 ~1000 | 1500~ |
| レジン | WA200G | WA300G | WA500G | WA1000G | WA1000G |
| メタル・ピト | WA120H | WA300G | WA300G | GC500F | GC800F |

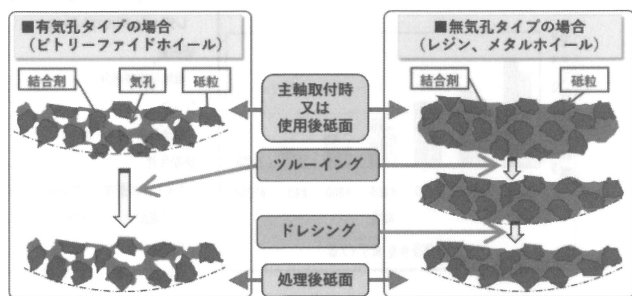


図7 ツルージング・ドレッシングによる砥面の変化

これにより切りくずを除去するチップポケットが形成される。ツルージング・ドレッシングに使用する砥石(ツルア、ドレッサ)は、超砥粒ホイールの結合剤や粒度に応じて適正な仕様のものを選択する。その指針を表3に示す。

超砥粒ホイールの性能を十分に発揮するためにツルージング・ドレッシングは必ず実施することが必要である。ただし、図7のように、有気孔タイプのピトリファイドボンドホイールは、気孔がチップポケットの役割をしますのでツルージングのみ行えばよく、ドレッシングは不要である(状況に応じてドレッシングをする場合もある)。

7. ツルージング・ドレッシングの方法

(1) 一般砥石による方法(回転系)

ブレーキドレッサを用いる方法では、超砥粒ホイールの回転とツルア、ドレッサである一般砥石(C砥石やWA砥石)を連れ回りさせ、クラッシング作用と一定のブレーキがかかることにより発生する相対速度により、ツルージング・ドレッシングを行う(図8)。

(2) 一般砥石による方法(静止系)

スティック状WA砥石を用いる方法では、レジンボンド、メタルボンドの超砥粒ホイールのツルージング後、または超砥粒ホイールの切れ味低下時に行うドレッシングに適用する。脱落したWA砥粒+研削液によるラッピング作用で結合剤を後退させて切れ味の良い砥面を創生される(図9)。

(3) 遊離砥粒法

カップ型レジンボンドホイールのドレッシングに用いられ、回転定盤上にGC砥粒と少量の水を散布しホイールを押し付け「8の字」に揺動しながら結合剤を後退させる(図10)。

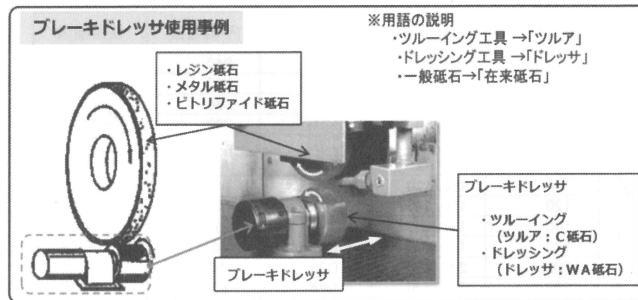


図8 ブレーキドレッサによるツルージング・ドレッシング

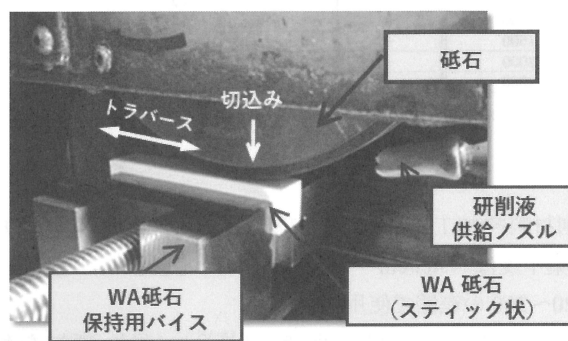


図9 スティック状WA砥石によるドレッシング

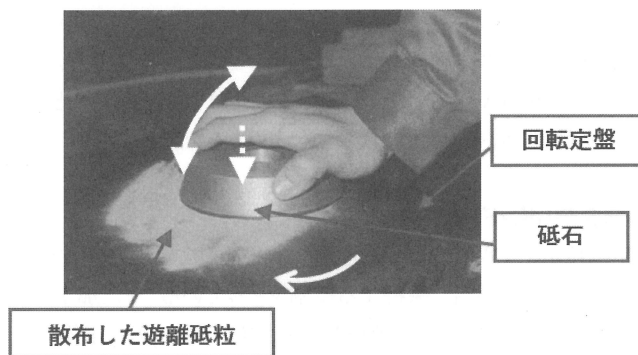


図10 遊離砥粒によるドレッシング¹⁾

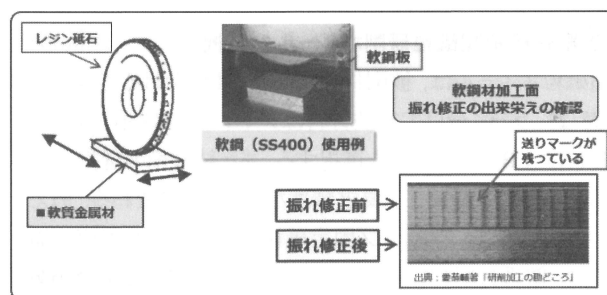


図11 軟質金属によるドレッシング²⁾

(4) 軟質金属法

軟質金属(鋼の生材やSS400など)を研削加工で生成した流れ型の切りくずにより、結合剤および砥粒を除去する。主にレジンボンドホイールに多く適用される。この方法は過度に砥粒が突き出すので、捨て研(ダミーワークの加工)をして不安定な砥粒を除去する必要がある(図11)。

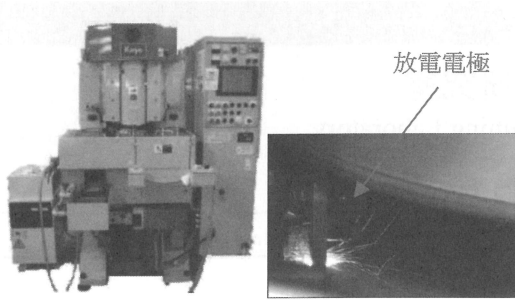


図 12 放電ツルーイング装置付き両頭平面研削盤と放電スパーク

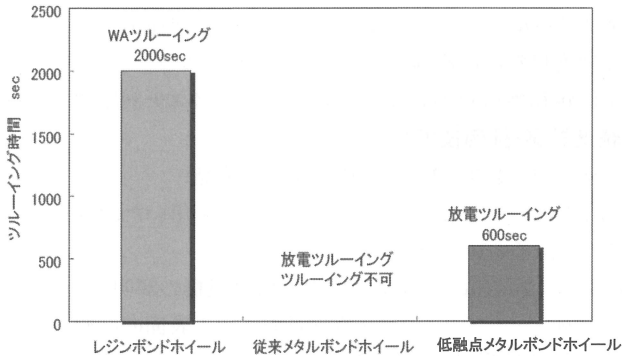


図 13 ツルーイング時間の比較

8. 放電ツルーイング搭載機による大幅なツルーイング時間の短縮

自動車部品や家電用コンプレッサ部品の加工に広く使用される両頭平面研削盤では、従来レジンボンド超砥粒ホイールのツルーイングが WA 砥石で実施されていた。近年では、機上で放電ツルーイングできる設備(図 12)の登場と、低融点メタルボンドホイールの開発により、高精度なツルーイングが大幅な時間短縮で実施できるようになった(図 13)。

9. 超砥粒ホイールの仕様選定の考え方

超砥粒ホイールは、その特徴(高硬度と高熱伝導率)により、難削材の加工や高能率加工に使用されるが、構成される次の事象

- ①砥粒
- ②粒度
- ③結合度
- ④集中度
- ⑤結合剤(ボンド)

を組み合わせることで性能が大きく変動する。

① 砥粒の選択

ダイヤモンド砥粒は非鉄金属を中心に広く使用されるが、高熱が発生する環境には不適なので注意が必要である。

被削材によっては、破碎しやすい砥粒や高剛性な砥粒の選択が必要である。

CBN 砥粒は、焼入鋼の加工を中心に使用され、自動車産

業に多く採用されている。最近では高精度に調整研削された電着ボンド CBN ホイールの用途が急激に増えている。

② 粒度の選択

粒度の選択は要求される「表面粗さ」で決定され、できるだけ粗粒を選択すればコストパフォーマンスは向上する。

また、ビトリファイド CBN ホイールは、ドレッシングの種類やドレッシング条件で、「表面粗さ」を操作できるので、粗粒を選択することができる。

③ 結合度の選択

超砥粒ホイールは、一般砥石と同様に自生発刃によって切れ味が持続するので、結合度は被削材や加工条件によって選択される。しかし結合度の統一規格がないので、製造メーカー毎に順序が違うことに留意することが必要である。

④ 集中度の選択

集中度は砥粒層内の砥粒密度であるが、形状維持性が重要な場合は高集中度(125 以上)が選択され、高能率加工(切れ味重視)の場合には低集中度(75 以下)を選択される。また、粒度や結合剤によっても適正な集中度は決まり、製造メーカーの経験値から決定されることも多い。

電着製品は、その製法上の都合から集中度の高いもの(ハイコンセント)がほとんどであったが、最近では集中度をコントロールできるようになっている。

⑤ 結合剤(ボンド)の選択

被削材の種類や加工機の種類、加工条件、用途によって結合剤の選択は決定されるが、その特徴(ヤング率や耐熱性、耐摩耗性)を理解して選択することが必要である。

10. 最後に

機械の高剛性化や研削液の変化(水溶性から油性へ)により従来レジンボンドを選択していた加工にメタルボンドが選択できるようになった。各製造メーカーは各々特徴のある製品を開発しているので、使用条件に最もマッチした超砥粒ホイールを選択することでランニングコストが大きく変動するので、工程の改善活動に役に立てて頂きたい。

超砥粒ホイールは、「ツルーイング・ドレッシング」でコンディションを整えることでその性能が大きく変動するので、本稿がお役に立てば幸甚です。

11. 参考文献

1) 愛 恭輔:現場で役立つ研削加工の勘どころ,日刊工業新聞社(2007),29.
 2) 愛 恭輔:現場で役立つ研削加工の勘どころ,日刊工業新聞社(2007),36.