

省エネルギーでできる環境低負荷 機械加工（研削・切削）技術

地方独立行政法人山口県産業技術センター
企業支援部 産学公連携室
室長 磯部 佳成

2019年10月10日

従来技術とその問題点

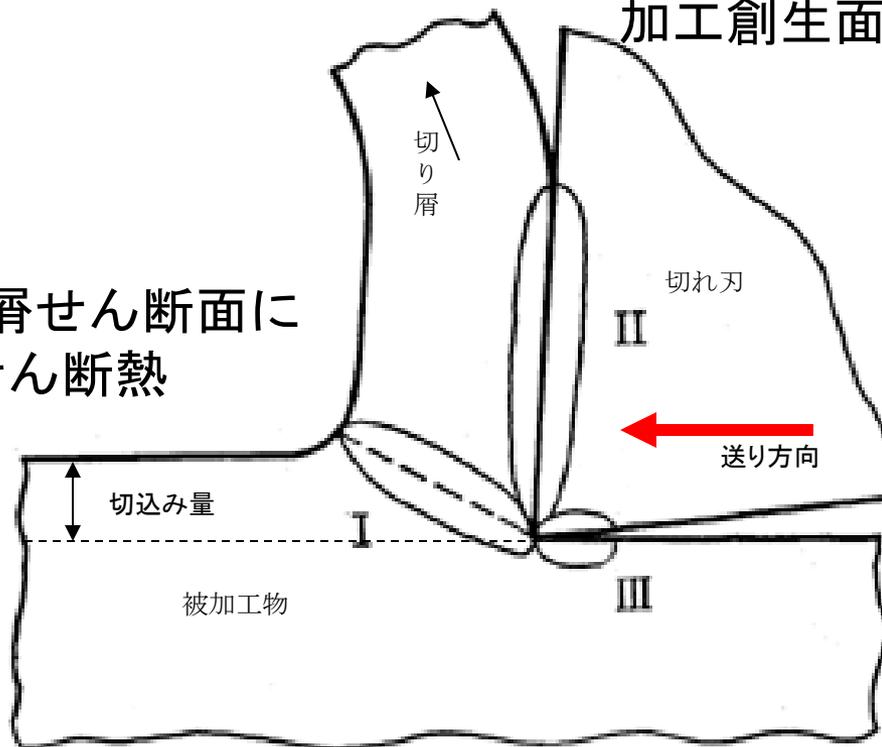
従来の研削加工液を用いた湿式研削は、

- ① 冷却のため、大量の加工液が必要
 - ② 潤滑のための添加剤(塩素、燐等)や油は非健康的で環境汚染の一因
 - ③ 加工液の循環・ろ過装置のコストは加工費で大きい。
- 等の問題があるがこれに代わる提案までには至っていない。

加工液(冷却)

II 工具切れ刃と被加工物の摩擦熱
(すくい面)
加工創生面で生じる化学熱

I 切り屑せん断面に
おけるせん断熱



III 工具切れ刃と被加工物の摩擦熱
(逃げ面)
加工創生面で生じる化学熱

図 二次元切削モデルにおける発熱部位

加工液(潤滑)

摩擦を抑制するため、加工液に含有されている油剤で潤滑している。

動摩擦係数が0.1～0.05程度

加工熱高温下の潤滑性を改善するため

硫黄、塩素、りん等

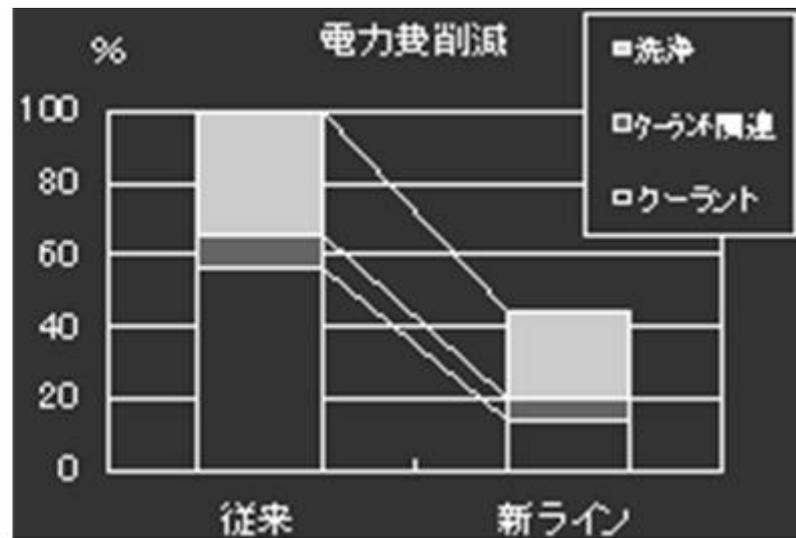
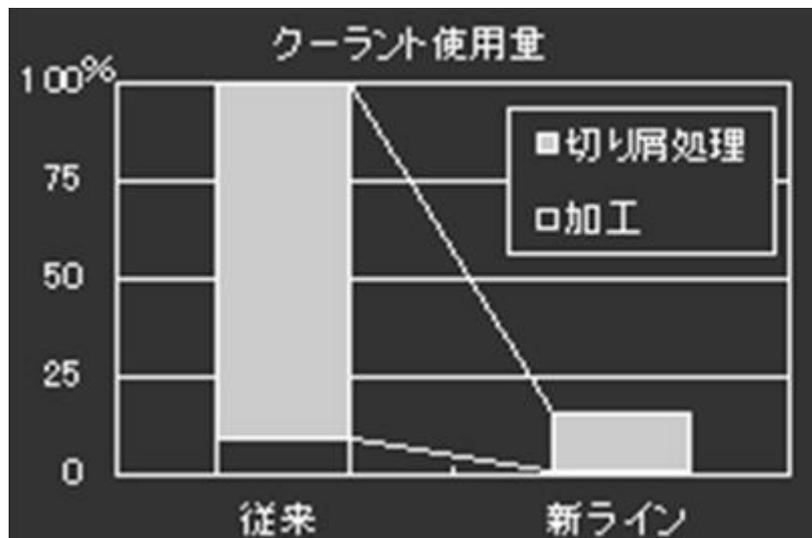
環境負荷の大きい成分が極圧剤として添加されている。

作業者が加工液の飛散ミストや気化ガスを吸引することで健康被害や環境汚染の一因となっている。

加工液(切り屑の排出)

供給された加工液の循環効果で切り屑が運ばれる。

そのため多量の加工液と機械を取り巻く循環・ろ過装置が必要とされる。



マツダにおけるセミドライ加工の事例

(財団法人省エネルギーセンター 平成14年度省エネルギー優秀事例全国大会, 経済産業大臣賞 公開資料より)

加工液に係る消費電力加工全体の約70%

新技術の特徴・従来技術との比較

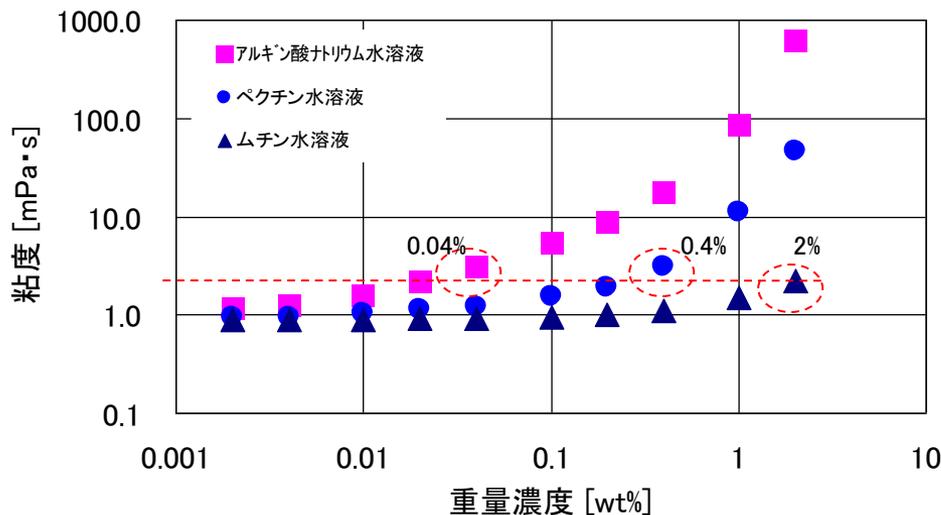
- 従来技術の問題点であった、加工液の機能の代替技術(冷却・潤滑・切屑の排出)を開発した。
- 従来は冷却・潤滑の点で油剤の使用に限られていたが、高粘性水溶液のミスト化・砥石の連通気孔化で、加工点へ直接水溶液が供給ができ、冷却・潤滑が可能となった。切屑の排出の点では泡技術を用いて対応した。
- 本技術の適用により、油剤の使用量が低減でき、補機、産廃処理費等を削減できるため、加工コストが大幅に削減されることが期待される。

水溶液による冷却・潤滑

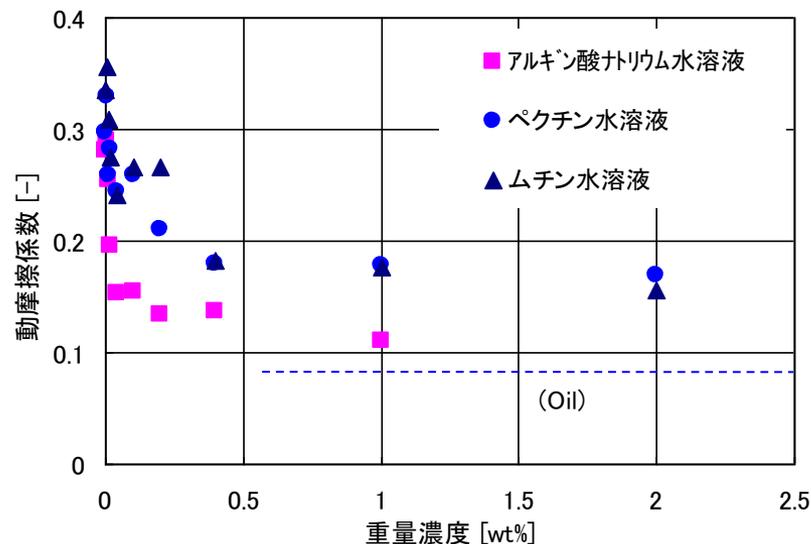
技術シーズ

(特許第5392740号)クーラントおよびそれを用いた塑性加工又は研削又は切削又は研磨装置およびその方法

水溶液の粘性制御をおこなって、冷却ミストに潤滑機能(摩擦低減)を付加
作業者が吸引しても安全かつ、環境にやさしい生分解性(食品添加物)



(a)濃度と粘度の関係



(b)濃度と動摩擦係数の関係

水溶液による冷却・潤滑

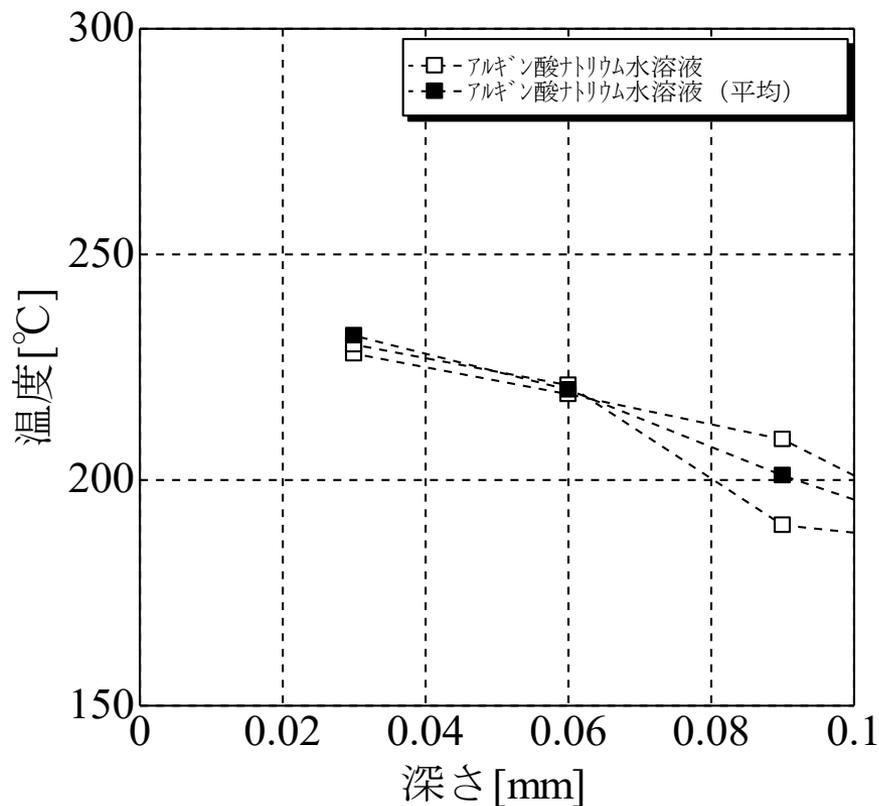


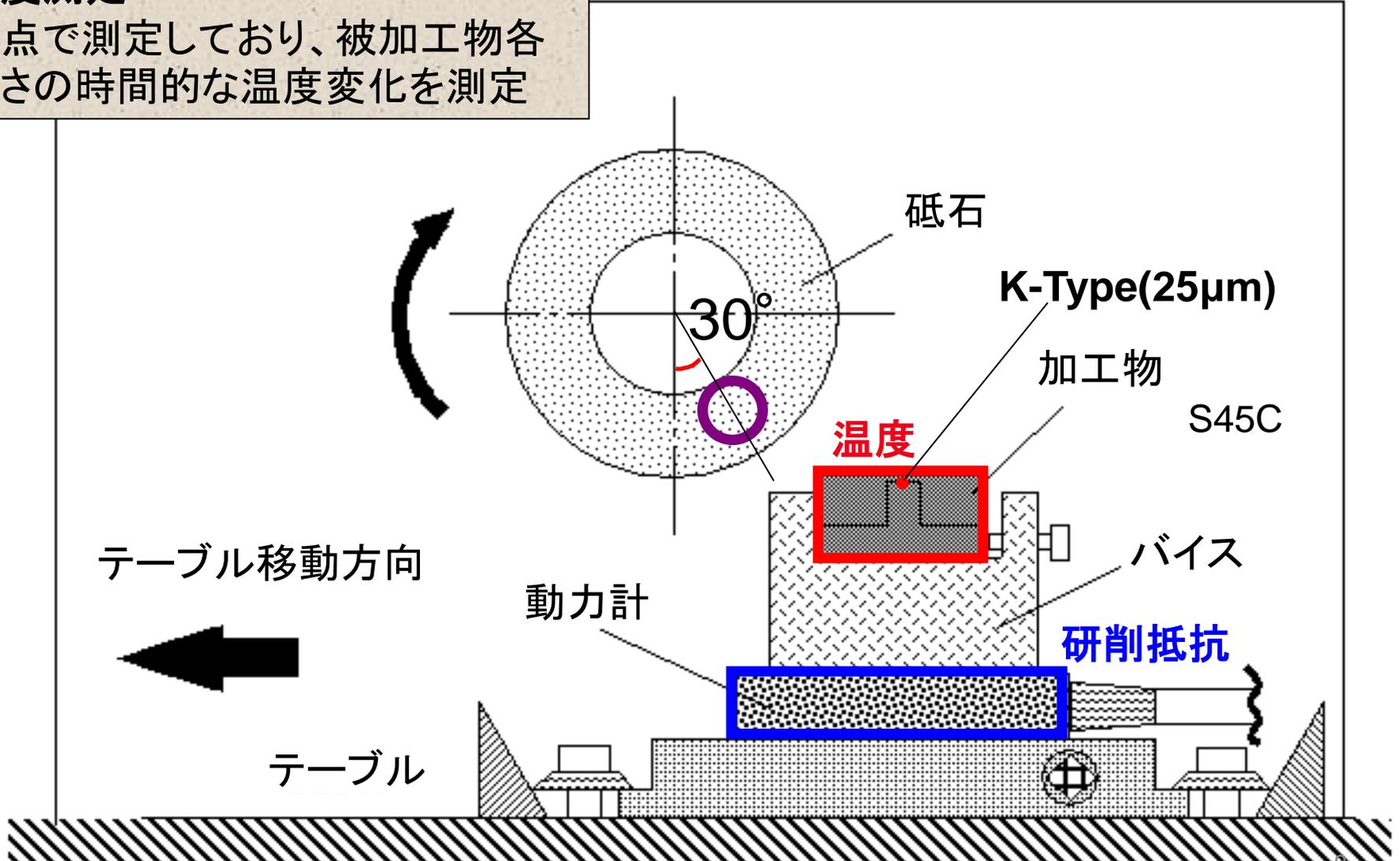
図 研削面表層温度

研削面温度	乾式研削	400°C
	↓	(200°C程度冷却)
	水溶性潤滑	220°C

水溶液による冷却・潤滑

温度測定

一点で測定しており、被加工物各深さの時間的な温度変化を測定



○ アルギン酸ナトリウム水溶液を超音波霧化した場合



0.04 [wt%]



0.1 [wt%]



0.2 [wt%]



(水溶液の粘度が大きくなる)

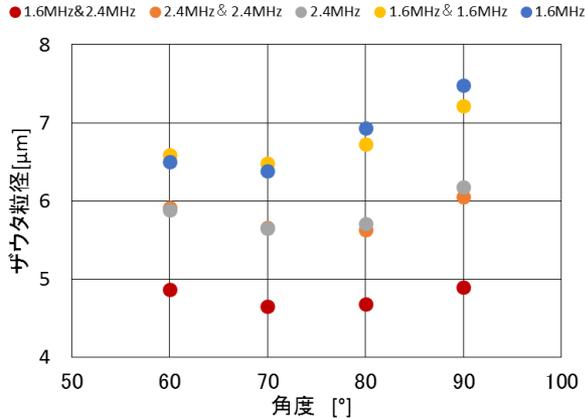


粘度の高い水溶液を霧化することは困難

技術シーズ

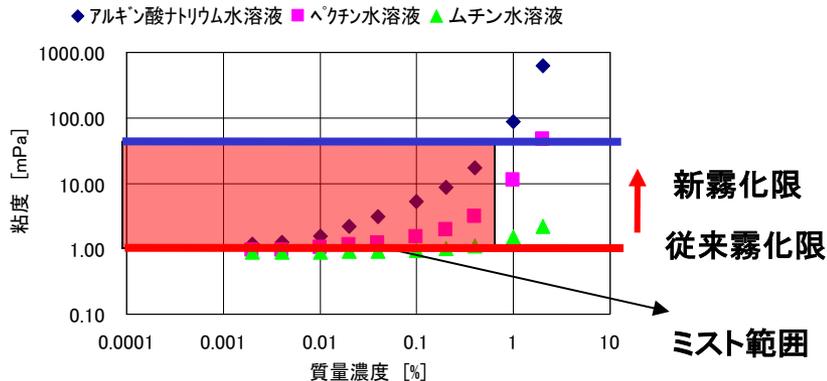
(特許第5392753号)霧化装置

◎発案した霧化方法の特性1

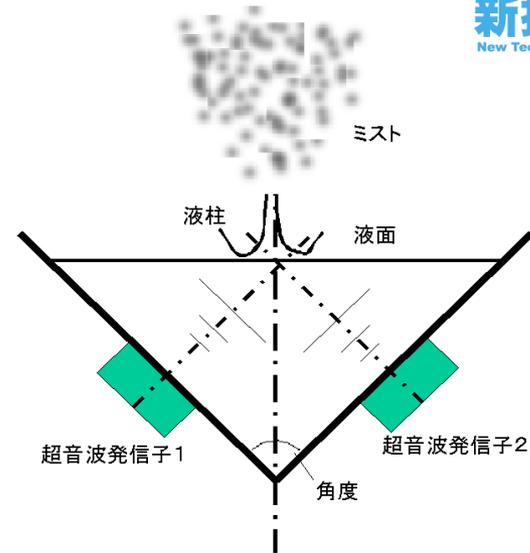


① ミスト粒径を小さくでき、高い冷却効果が発揮される

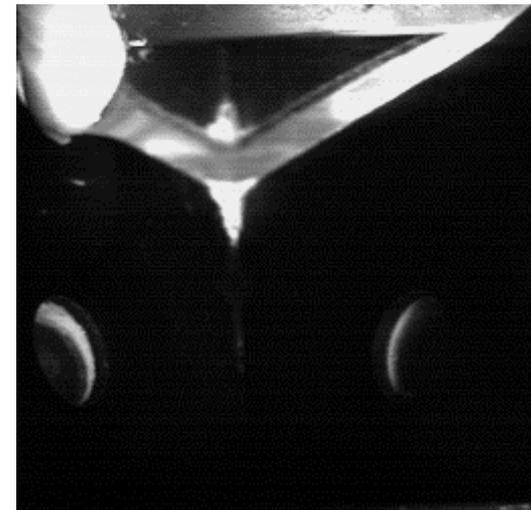
◎発案した霧化方法の特性2



② 高粘度の水溶液が霧化でき、高い潤滑性が発揮される



高粘度水溶液の霧化方法



超音波霧化の状況 M

産業技術総合研究所：走査型移動粒径測定器 による粒径1000nm以下の測定

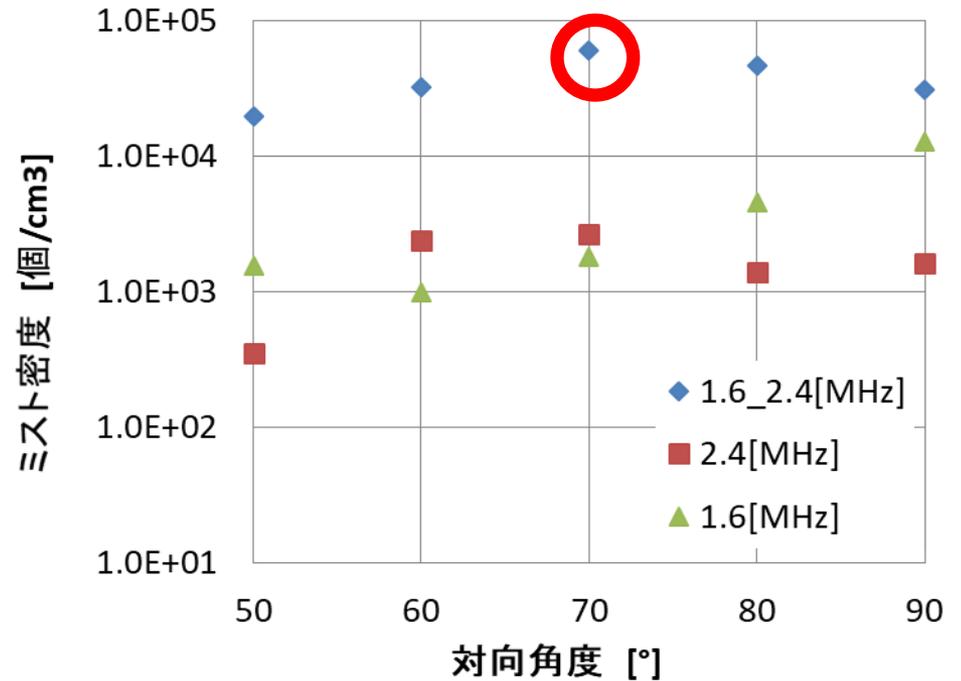
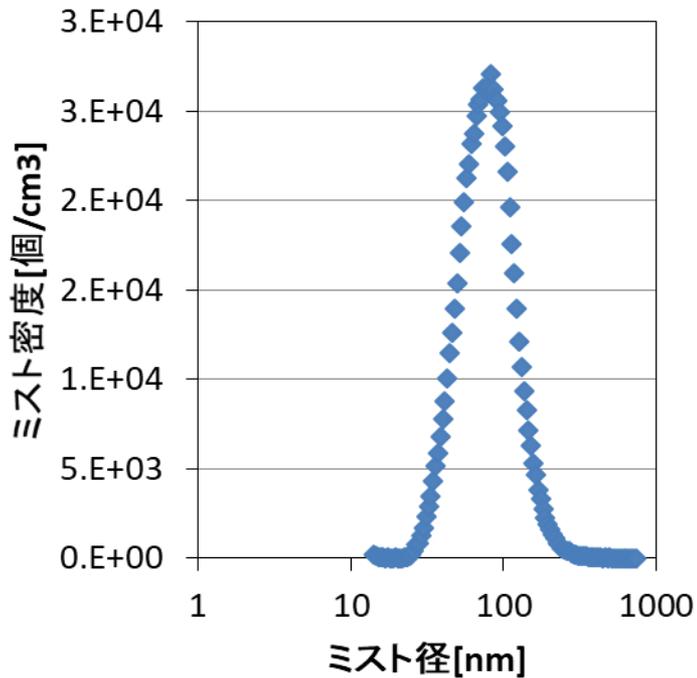


図 ミスト発生装置で発生するミスト径（φ1000nm以下） 図 ミスト密度と対向角度の関係（φ1000nm以下）

対向角度70度、1.6MHz & 2.4MHz の組合せでミスト密度が100倍増加

泡膜による切屑回収

技術シーズ

(特許第5162773号)微粉体回収装置

泡膜で切屑を捕集・回収、装置的な干渉で機械にダメージを与えない泡の柔軟性に着目

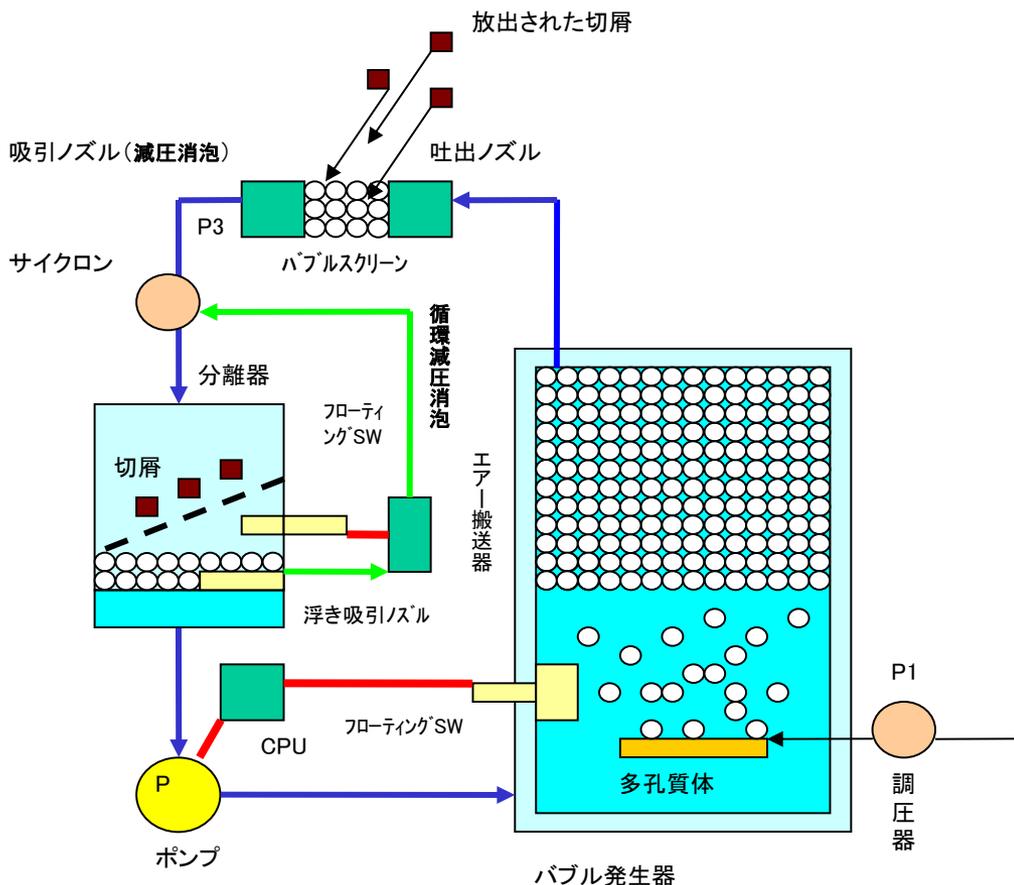
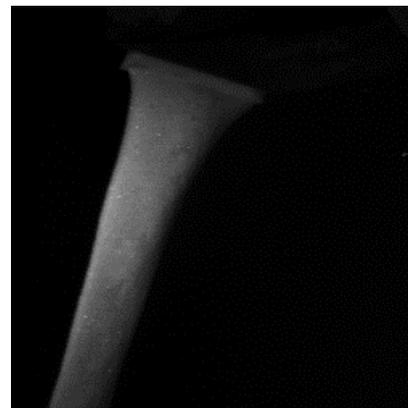
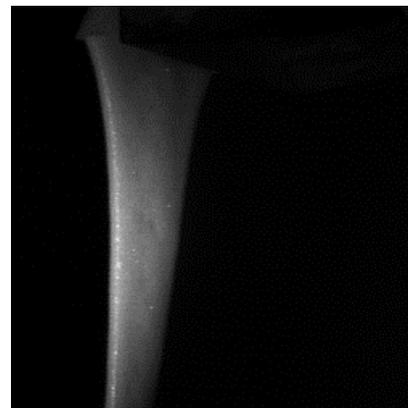


図 泡装置の概略



a)ノズル幅2.5mm M



b)ノズル幅5.0mm M

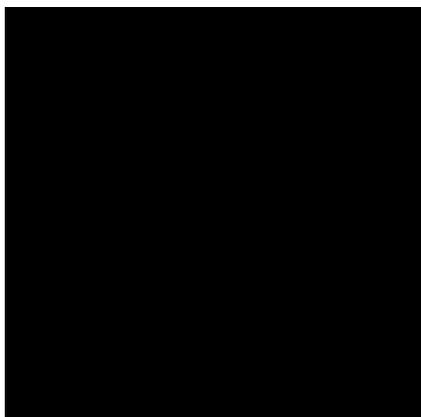
図 泡膜による切り屑の捕集

技術シーズ

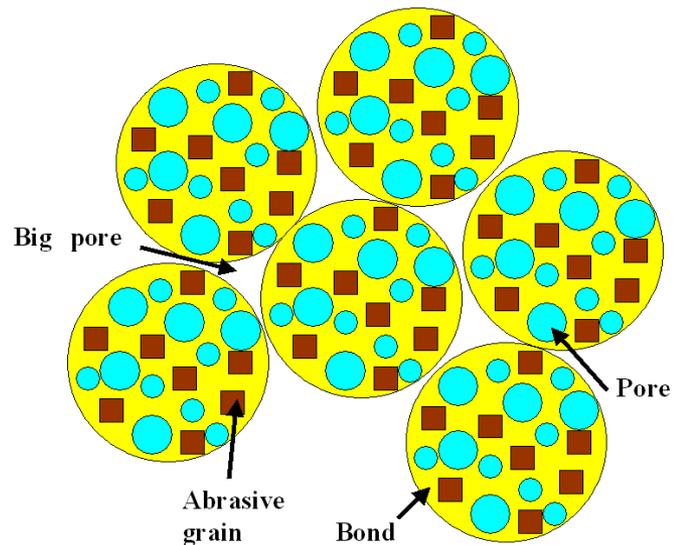
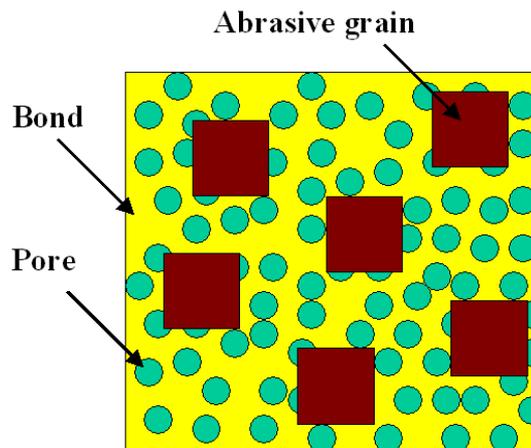
(特許第4264869号) 研削砥石



一般砥石WA80L7 M



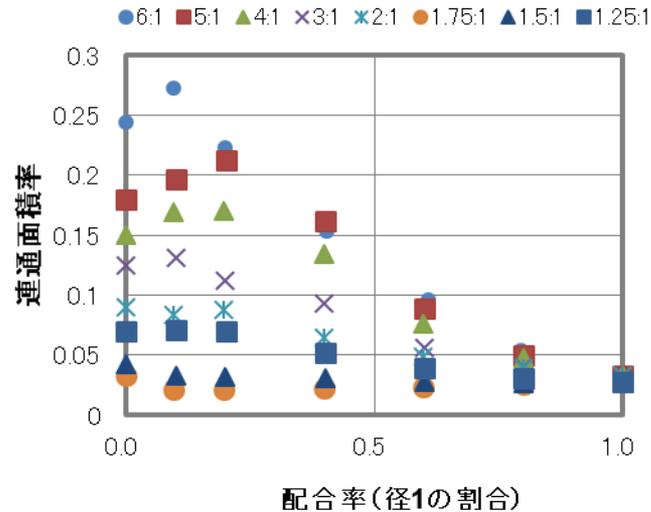
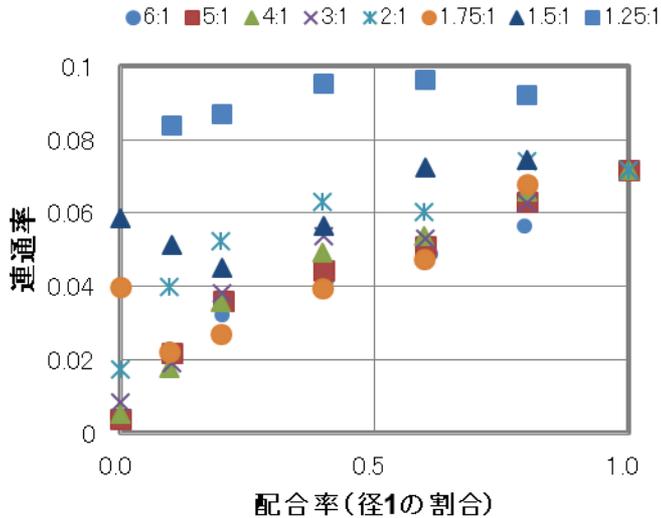
開発砥石WA80F16 M



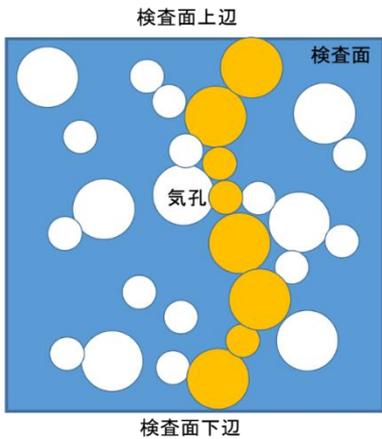
一般砥石と開発砥石の比較

工具

技術シーズ (特願2002-012639) 多孔体



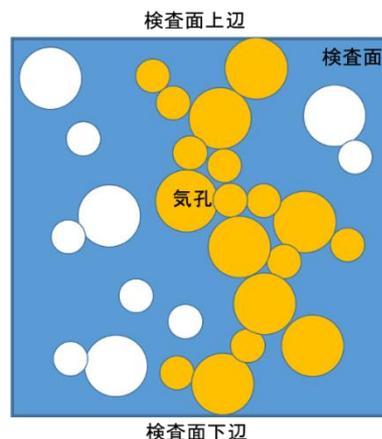
パーコレーションを応用した解析から気孔径比1.25:1, 気孔径比5:1の2つの組合せをした多孔体は, 単一気孔の多孔体の数倍の透過率改善が見込まれる



※黄色い部分の気孔が接触して検査面上辺から検査面下辺つながった場合、連通したとする。

$$\text{連通率} = \frac{\text{連通した回数}}{\text{計算回数}}$$

図 連通率



※黄色い部分の連通した気孔の総面積を連通面積とする。

$$\text{平均連通面積率} = \frac{\Sigma(\text{連通面積}) / \text{連通した回数}}{\text{検査面積}}$$

図 平均連通面積率

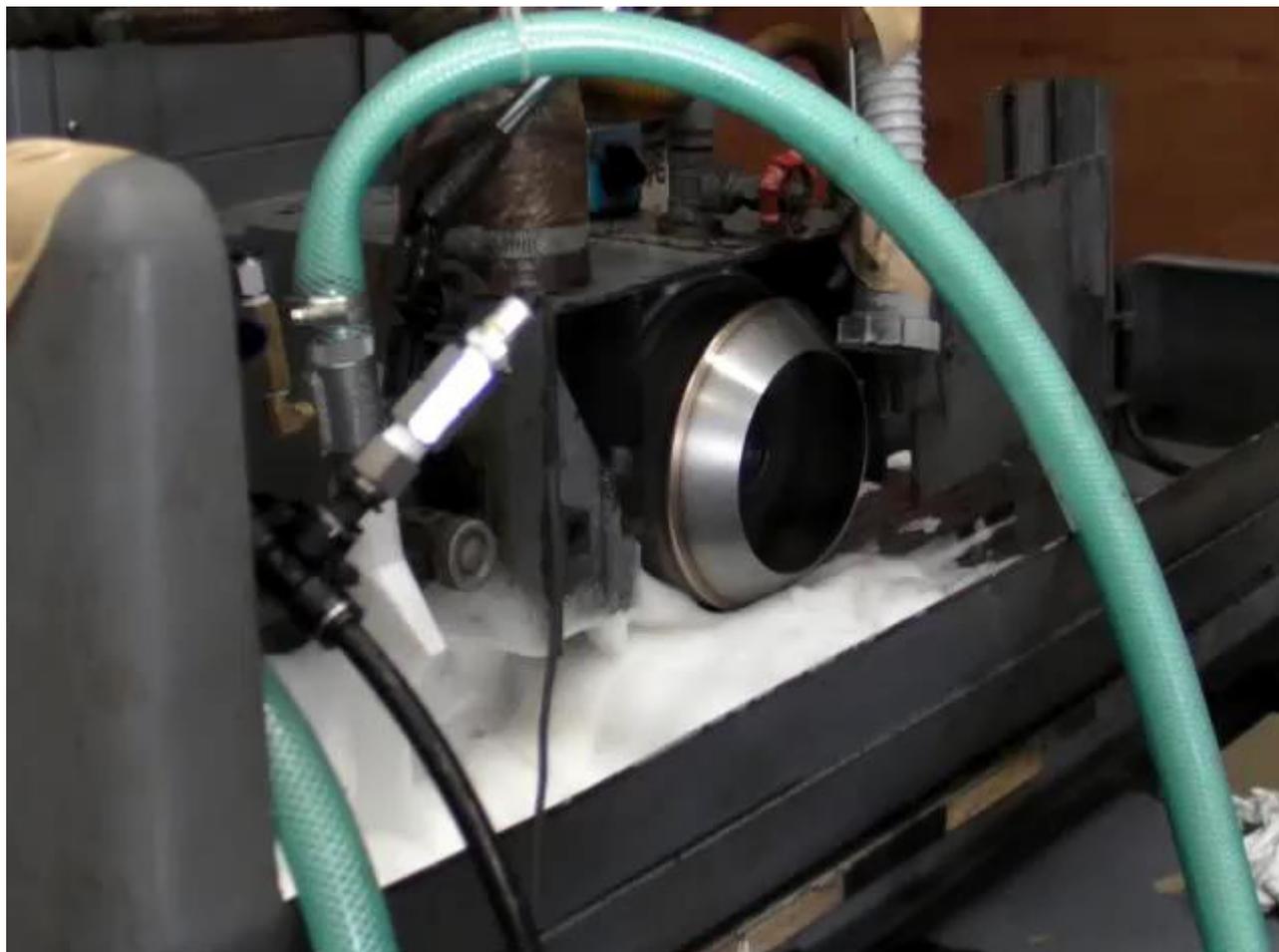


図 ミスト研削および泡装置による切屑回収 M

開発技術(加工例)



(a)アルキル酸ナトリウム水溶液潤滑



(b)ヘパリン水溶液潤滑

図 研削加工例 (S50C,WA80F16,V:25m/s,v:0.25m/s,t:20 μ m)

開発技術(加工例①)

表 加工結果(潤滑性の比較)

砥石	加工形式	被加工物	研削比	加工面粗さ(Ry:μ m)
JIS WA46	乾式	S50C焼入材	21.7	8.33
(WA46L7)	水	S50C焼入材	21.9	5.26
JIS WA80	乾式	S50C焼入材	105.6	5.08
(WA80L7)	水	S50C焼入材	72.6	3.66
開発WA80	乾式	S50C焼入材	34.8	9.70
(WA80F16)	水	S50C焼入材	43.0	7.48
	水ミスト+N ₂ GAS	S50C焼入材	28.3	8.20
	ペクチン潤滑	S50C焼入材	59.9	7.10
	アルギン酸潤滑	S50C焼入材	53.1	8.00

※加工条件 : 平面プランジ研削 砥石速度25m/sec., 送り速度0.25m/sec. 切込み量10 μ m/pass(ミスト+N₂gasは2 μ m/pass)

冷却ミストに潤滑性を付加することで砥石の研削比を改善できた

開発技術(加工例②)

表 加工結果(JIS砥石と開発砥石の比較)

砥石	加工形式	被加工物	研削比	研削抵抗比	加工面粗さ(Ry:μm)
JIS WA46	DRY	S50C焼入材	21.7	2.03	8.33
	WET	S50C焼入材	21.9	1.99	5.26
開発WA80	DRY	S50C焼入材	—	—	—
	Mist+N2GAS	S50C焼入材	28.3	1.96	8.2
JIS WA80	DRY	S50C焼入材	105.6	2.15	5.08
	WET	S50C焼入材	72.6	1.83	3.66
開発WA120	DRY	S50C焼入材	29.1	1.62	7.44
	Mist+N2GAS	S50C焼入材	18.8	1.35	3.64

※ 加工条件 : 平面プランジ研削 砥石速度25m/sec., 送り速度0.25m/sec. 切込み量10μm/pass (WA120F16V ミスト+N₂gasは2μm/pass)

開発WA 80砥石で、JISWA46砥石と同等の粗さ を実現

開発WA120砥石で、JISWA80砥石と同等の粗さ を実現

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、機械加工に適用することでコストダウンのメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、油剤を使用しないことから環境汚染防止、作業環境改善の効果が得られることも期待される。
- また、開発された「高粘性液体の霧化」に着目すると、乾燥技術や微粒化技術といった分野や用途に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、「微粉体回収装置」について小型装置まで開発済み。しかし、装置の大型化において効率的な消泡の改善が必要と考える。
- また、「霧化装置及びそれを用いた霧化方法」については抽出したナノ粒子の効率的な捕集・分離が課題となっている。

企業への期待

- 「研削砥石」等は、工具メーカーに導入が有効と思われる。
- 「クーラントおよびそれを用いた塑性加工又は研削又は切削又は研磨装置およびその方法」は、加工機メーカーに導入有効と思われる。
- 効率的な消泡については、超音波の技術により克服できると考えている。消泡の技術を持つ企業との共同研究を希望。
- ナノ粒子の捕集・分離については、静電気の技術により克服できると考えている。
- 「霧化装置及びそれを用いた霧化方法」は、ナノ・マイクロ物質の抽出を検討されている企業、微粒化分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

冷却・潤滑について

- 発明の名称 : クーラントおよびそれを用いた塑性加工又は研削又は切削又は研磨装置およびその方法
- 特許番号 : 5392740
- 出願人 : 山口県
- 発明者 : 磯部佳成

霧化について

- 発明の名称 : 霧化装置及びそれを用いた霧化方法
- 特許番号 : 5392753
- 出願人 : 山口県産業技術センター
山口大学
- 発明者 : 磯部佳成、加藤泰生

切屑回収について

- 発明の名称 : 微粉体回収装置
- 特許番号 : 5162773
- 出願人 : 山口県産業技術センター
- 発明者 : 磯部佳成

砥石について

- 発明の名称 : 研削砥石
 - 特許番号 : 4264869
 - 出願人 : 山口県
 - 発明者 : 磯部佳成
-
- 発明の名称 : 砥石とその製造方法
 - 特許番号 : 4459687
 - 出願人 : 山口県産業技術センター
 - 発明者 : 磯部佳成、加藤泰生
-
- 発明の名称 : 多孔体
 - 出願番号 : 特願2002-012639
 - 出願人 : 山口県産業技術センター
 - 発明者 : 磯部佳成

お問い合わせ先

**地方独立行政法人山口県産業技術センター
経営管理部 経営企画室**

TEL 0836-53-5051

FAX 0836-53-5070

e-mail info@iti-yamaguchi.or.jp

ご清聴ありがとうございました。