

第56回（東京大学生産技術研究所定例記者会見）資料

世界初！： 自分だけの砥石（研削工具）を作って使ってみませんか？

- 研削加工向け工具機上再生技術のご紹介 -

概要

この度、谷研究室では、研削加工工具を工具交換をせずに、何度でも工作機械上で再生できる技術の開発に成功いたしました。本技術におきましては、めっき技術、ならびに急速加熱技術を利用して研削砥石の形成と再生を工作機械上で行えるようにします。

これら二つの技術のうち、めっき技術は電着砥粒工具の形成に、そして急速加熱技術はレジンボンド砥石、ビトリファイドボンド砥石、メタルボンド砥石の形成に適用されます。技術開発過程におきましては、基礎的な再生工程の開発を行い、次にそれら基礎工程を利用した機上再生装置を開発致しました。機上再生装置は小型で容易に持ち運ぶことができ、様々な機械に設置することができます。

工作機械上で自由に、繰り返し何度でも工具が形成できるようになれば、工具の脱着にともなう位置補正の手間を省くことが可能であり、オンサイトで作業者の好みに合った特性の工具をつくりながら、能率良く高精度加工を実現できるのではないかと研究室では考えております。

また、近年は使用後の研削砥石廃棄が問題となっておりますので、本研究のように研削砥石を工作機械上で必要なときにだけ迅速に形成・再生できれば産業廃棄物の低減にも有効ではないかと考えております。

連絡先： 谷 泰弘 機械生体系・教授

tani@iis.u-tokyo.ac.jp tel:03-5452-6184

fax:03-5452-6644

1. 開発の背景

大きくは次の二つが開発の動機になります。

環境問題

現在日本では年間4万数千トンの研削砥石(図



1)が生産され(表1), 道路工事から精密機械加工, 果ては歯医者さんまで幅広く利用されています。しかし, 近年, 環境問題から使用済み研削砥石の廃棄が大きな

図1 研削砥石

表1 我が国における研削砥石の生産量
(研削砥石工業界HPより)

年度	生産量		出荷		在庫	
	数量	対前年比 (%)	数量	対前年比 (%)	数量	対前年比 (%)
平成9年度	55,544	102.0	58,573	103.1	57,628	103.1
平成10年度	45,583	82.1	49,787	85.0	48,917	84.9
平成11年度	44,193	97.0	48,293	97.0	48,733	99.6
平成12年度	47,269	107.0	51,692	107.0	51,741	106.2
平成13年度	44,132	93.4	47,752	92.4	46,908	90.7
平成14年度	42,152	95.5	45,554	95.4	46,141	98.4
平成15年度	42,821	101.6	46,352	101.8	47,520	103.0
平成16年度	44,967	104.9	48,908	105.3	50,499	106.3

年度	輸 出		輸 入	
	数量	対前年比 (%)	数量	対前年比 (%)
平成9年度	8,505	99.9	14,511	99.3
平成10年度	7,189	84.4	12,614	87.3
平成11年度	7,237	100.8	13,082	103.2
平成12年度	7,784	107.5	13,244	116.5
平成13年度	8,171	105.0	14,067	92.2
平成14年度	7,787	95.3	15,394	109.5
平成15年度	7,295	93.6	16,190	105.1
平成16年度	9,345	128.3	19,971	123.4

問題になりつつあります。

というのも研削砥石には気孔と呼ばれる空隙が、体積にして数割あるからです。砥石が利用されるとこの空隙に研削油剤が染みこんでしまい、廃棄処理が大変難しくなります。

研削砥石の廃棄処理については、日本の大手メーカーであるノリタケカンパニーリミテド(株)が唯一使用済み研削砥石のリサイクル事業に10年ほど前から取り組んでいます(図2)。しかし,その処理能力は月100トンと全体の生産量に対して3%程度しかなく、業界全体から考えてもまだまだ不足しています。

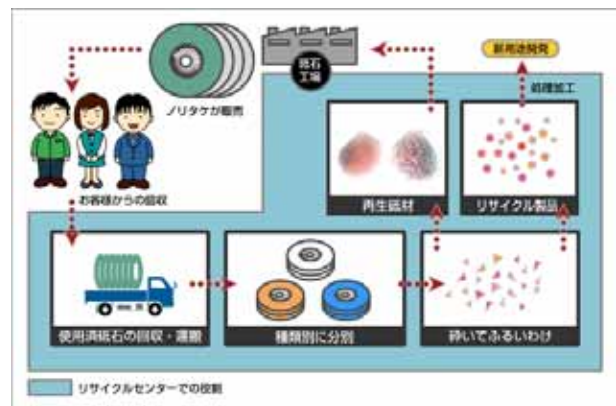


図2 研削砥石のリサイクル
(ノリタケカンパニーリミテド(株)HPより)

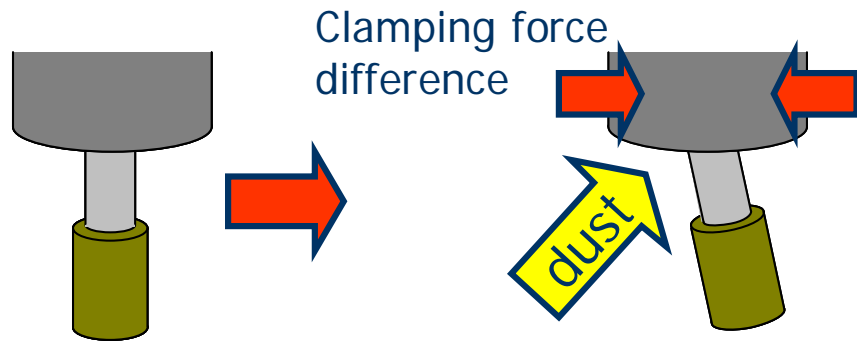


図3 工具交換にともなう工具の取り付け誤差

研削加工の高精度化

現在、機械加工工具はスローアウェイ方式に代表されるようなアタッチメント化がすすみ、工具が摩耗すればアタッチメントごと工具を交換する工具交換方式が主流です。

ところが、今後サブミクロンオーダーの高精度機械加工が要求されるようになった場合に、この工具交換方式を用いることが困難になるであろうと予想しています。なぜならば、どのようにアタッチメントの取り付け部を工夫しても、取り付け部にちょっとしたほこりが混入したり、あるいは取り付け部の締め付け力がわずかに違うだけで、必ず数ミクロンの工具取り付け誤差が生じるからです(図3)。この誤差を補正する手間は、高精度加工になればなるほど困難さを極めると本所の増沢教授らも指摘しております。

したがって、高精度加工ほど、工具は一端取り付けたら、できる限り取り外さずに長く工具を使い続けられることが望まれます。

2. 研削工具を機上で形成再生するためには

そこで、これらの背景を勘案して、工作機械上で、研削工具を形成したり、あるいは摩耗してしまった工具は機上で再生するという技術を開発することにいたしました。

研削工具の種類と生産工程

研削工具は結合材の種類によって図4のように金属系、無機質系、有機質系の三つに分類されます。一般には、メタルボンド砥石、ビトリファイド砥石、レジンボンド砥石が広く利用されています。メタルボンド砥石は砥粒をめっきで固定した電着砥石と、銅や錫の粉体と砥粒を混ぜて焼結した砥石があります。ビトリファイド砥石はガラス質の粉体と砥粒を混ぜて焼き固めます。レジンボンド砥石は樹脂と砥粒を混ぜて焼き固めます。

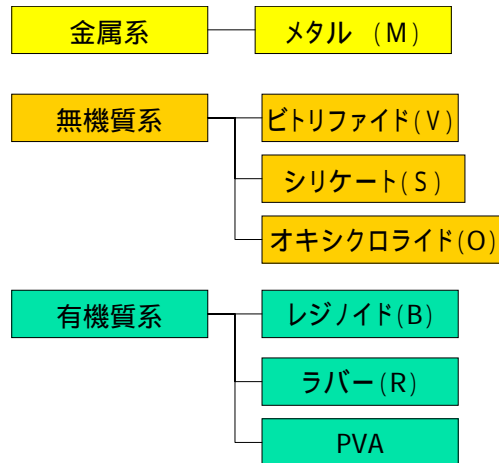


図4 研削砥石の分類

これらのことから考えると、研削砥石を作る工法としては、めっき技術を利用する工法と、加熱処理により焼成する工法があることがわかります。どちらの工法においても通常の研削工具の生産においては、大量生産を目的とした規模の大きな設備が用いられます。したがって研削工具を機上で再生するためには、工作機械上に設置できるコンパクトな装置を開発し、かつ迅速に砥粒層が形成できる工程を開発する必要があります。

3. めっき技術を利用した電着工具機上再生技術の開発

まず、電着工具の機上再生を目的に図5の工具機上再生装置を試作しました。図6は実際に工作機械上で工具を形成している様子になります。図7に電着工程の概要を示します。

装置は電解液等を入れておく本体容器と、電解プロセスを制御する制御装置でできています。本体容器は6つのコンパートメントに分かれており、それぞれの槽に電解液や洗浄液を入れることができます。装置上蓋には穴が開いており、この穴に工具の基軸を挿入し、軸を挿入した層から隣の層へ異逐次移動させ、図中1から7までの処理を行

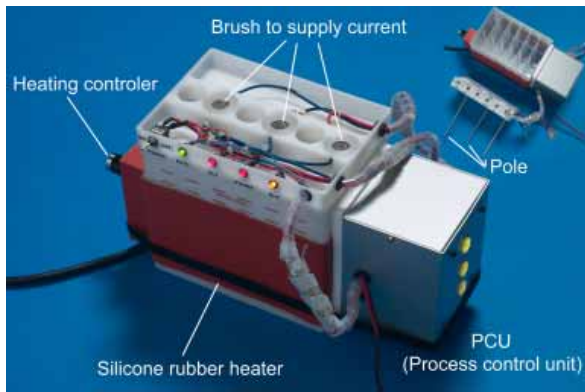
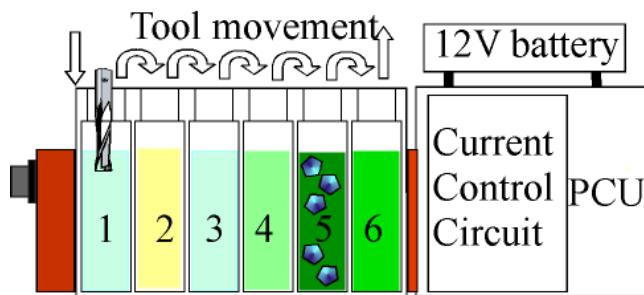


図5 電着工具用機上再生装置



図6 機上工具再生実験の様子



1. 脱脂
 2. NaOH 陽極電解(30s)
 3. 水洗
 4. Ni ストライクめっき(30s)
 5. ダイヤモンドNi 電着 (5min)
 6. 埋め込みNi めっき(15min)
 7. 水洗槽で水洗
- 総工程約 25分

図7 機上再生装置の概要と工程

うことで砥粒層を形成させてゆきます。各電解処理プロセスはマイコンで制御されており、通信機能を利用すればNC機器といった外部制御機器との連動もできるようになっています。

この装置を利用してダイヤモンドを固定化した工具が図8になります。実験から25分程度で電着工具を作れることが確認できました。

4. 高速加熱技術を利用した工具機上再生技術の開発

次に、ビトリファイド、レジンボンド、メタルボンド砥石用の機上再生技術の開発を行いました。図9はこれらの砥石の一般の大量生産用加工工程の概要になります。レジンボンドで500程度、ビトリファイドやメタルボンドで1000を超える温度環境が焼成工程に必要なことが理解できます。

そこでこれら三種類のボンドの砥石を機上再生するために開発したのが図10の小型急速加熱炉です。8cm³の比較的小さな容積であれば、毎秒50の加熱速度で室温から1200まで一気に加熱することが可能です。

大量生産用の大型設備で、このような高温環境を短時間に実現することは不可能です。しかし、

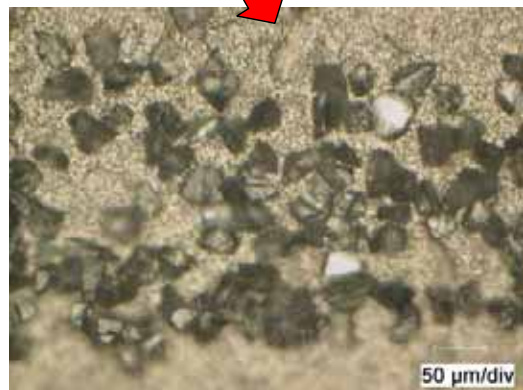
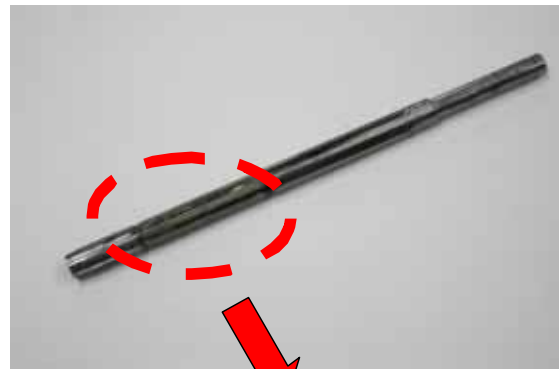


図8 機上再生装置により形成された砥粒層

機械に取り付けられたたった一つの工具だけを加熱するのであれば工作機械に搭載できるサイズで高速加熱装を実現できます。

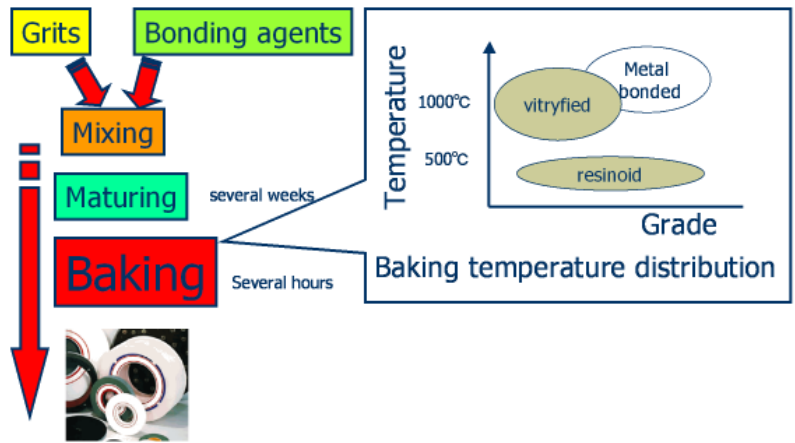


図9 レジン，ピト，メタルボンドの製造工程

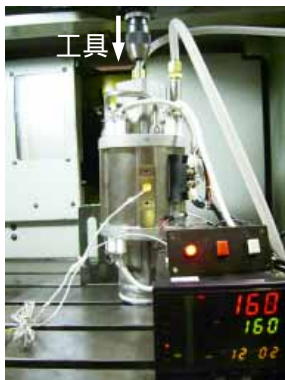


図10 小型急速加熱装置（試作中）

加熱方式 赤外線加熱
 加熱温度 室温から 1200
 昇温速度 50 /s
 加熱容積 20 × 20 × 20mm

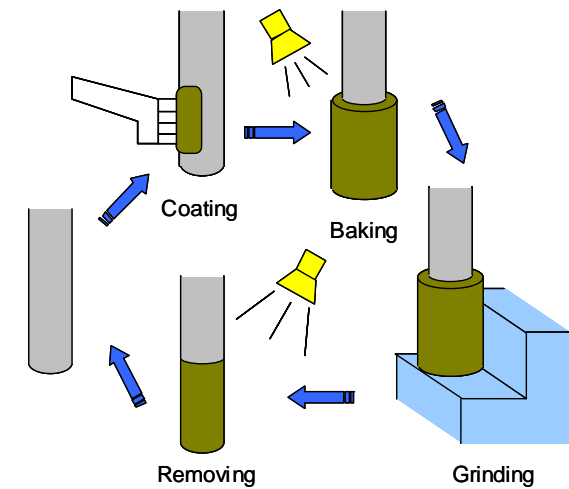


図11 急速加熱を利用した工具機上再生の概要

この加熱装置を利用して図11の研削機上再生工程を考案しました。この工程では、最初に砥粒とボンド材を混練したミクスチャを軸に塗布し、工作機械上の急速加熱炉で焼成し砥粒層を形成させます。次に形成させた砥粒層で研削加工を行い、砥粒層が摩耗したら再度強化熱を加え、ボンドを熔融させて摩耗した砥粒層を剥離させます。摩耗した砥粒層の剥離後は再度ミクスチャを軸に塗布して加熱し、砥粒層を再生させます。こうすることで、工具を工作機械から取り外すことなく加工が継続できることとなります。

図12に機上再生工程を利用して作った工具を示します。実験から各工具とも研削砥石として機能することが確認されており、再生後においても研削力の低下はあまりないことが確認されました。最後に、表2に各ボンドと再生処理の工程時間をまとめます。

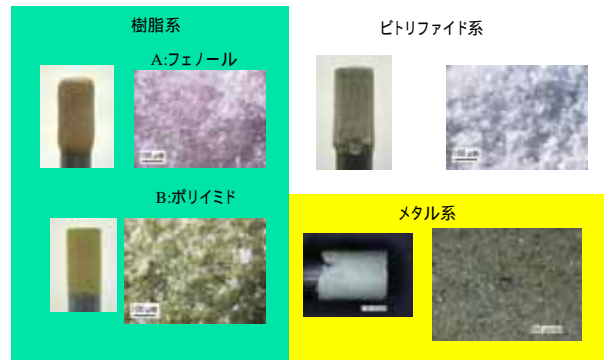


図12 形成した工具

表2 急速加熱による機上再生工程

	フェノール	ポリイミド	ピト	メタル (錫銀)
焼成	12	15	15	8
剥離	8	10	10	3
Total	20	25	25	11

時間：分

5. まとめ

工作機械上で研削工具本体を脱着することなく、数十分程度の短い時間で形成再生できる技術、ならびに装置を開発した。開発技術の利点を下記に記す。

- ・工具の脱着にともなう切れ刃の位置補正の必要

がない。

- ・工具の形状や性能を状況やあるいは作業者の好みに応じ可変可能。
- ・必要なときに必要な量だけ工具をオンサイトで作られるので産業廃棄物の低減が期待できる。