

メタルボンド砥石の機上再生技術に関する研究 - 急速加熱を利用した基礎プロセスの開発 -

東京大学 柳原 聖, 谷 泰弘

On-the-Machine Tool Re-Generating Technology for Metal-Bonded Abrasive Tool

-Development of the Basic Process Employing Rapid Heating System-

The University of Tokyo Kiyoshi YANAGIHARA and Yasuhiro TANI

In order to extend On-the-Machine Tool Re-Generating Technology, the basic process for metal bonded abrasive tool has been developed. The metal for the bonding material should be low melting point and also must fix abrasives upon the base mandrel firmly. In this respect, Sn-Ag-Cu alloy that is often utilized for re-flow soldering is selected, the potential for the bonding material is investigated. Then the basic re-generating process for metal-bonded abrasive tool is proposed.

1. はじめに

著者らは工作機械上で工具を形成および再生する工具機上再生技術^{1),2)}の構築に取り組んでいる。本研究においては、急速加熱装置を利用してメタルボンド工具の機上再生技術について検討を行う。機上で迅速にメタルボンド工具を形成するためには比較的低い温度で溶融し速やかに砥粒を基軸に固定化でき、かつ固化後の強度の高い金属が望まれる。そこで、Sn-Ag-Cu系の鉛フリーはんだに着目し、新たに開発した機上工具再生用小型急速加熱炉とともにメタルボンド砥石の機上再生工程を検討する。

2. 工具機上再生に適するメタルボンドの検討

2.1 対象とする工具

一般にメタルボンド砥石はCu-Sn系の金属粉を砥粒とともに600 から1000 で焼成して作られる。ほとんどがホイールでありその焼成には大量の熱エネルギーが必要となり、巨大な炉が必要となる。

一方、工具機上再生の概念を実現するためには装置の巨大化は避けたい。したがって機上再生技術を適用する工具としては加熱装置の小型化を考慮すると比較的热容量の小さい物が望ましい。そこで本研究では、6.0mmの軸付砥石を適用の対象とした。

2.2 ボンド材

ボンドには先述のように比較的低融点かつ高い強度で速やかに砥粒を固定化できるものを考慮し、表1のAg-3.0Sn-0.5Cu 鉛フリーはんだペーストを用いた。このはんだペーストは平均粒径20 μmの球状のはんだボールをフラックスと重量比9:1で混練しペースト状にしている。このはんだボールによるペーストを選択した理由としては、適度な流動性により基軸に砥粒とともに塗布することが可能だけでなく、その粘性で焼成前でも塗布した砥粒やはんだボールがある程度固定化でき、重力の影響を受けて形状の崩れが生じにくいと考えられたからである。

3 基礎工程の開発

3.1 ボンドの溶融特性

最初に適切な焼成温度を決めるためにははんだの溶融特性を調べることにした。図1にペースト加熱時におけるはんだの溶融挙動を示す。ここでは熱電対を取り付けたS45Cの1mmの板にペーストを塗布し温度を計測しながらその溶融挙動を観察した。図(a)ではまだ加熱温度が低く通常のペースト状を呈している。しかし(b)の温度になると、フラック

スの蒸発によりハンダの表面に色むらが生じ、一部ハンダボールの融解がはじまる。その後(c)の温度になると個々のハンダボールが溶融しその液だまりが生じ始める。そして、液化したはんだの表面張力により各々の液だまりが密集し始める。そして、さらに温度を上げると(d)のように巨大なはんだの球が形成される。

溶融したはんだ層の機械的強度は(c)から生じ始め、(c)を冷却するとH_RB80程度になる。ここで比較として市販のピト系軸付き砥石の結合度を調べたところH_RB50程度であった。したがって、これらの結果からAg-3.0Sn-0.5Cuのはんだでも結合度の高い砥粒層が形成可能と言える。

3.2 加熱シーケンスの検討

次に、図2の小型の急速加熱炉を開発して実際に軸付き砥石の形成実験を行った。軸付砥石の形成においては、最初に6.0mmのS45C丸棒にペーストを塗布し、次に40-60 μmのダイヤモンド砥粒を軸に塗布したペースト中に塗り込む。そして、急速加熱炉を用いてペースト中のハンダボールを融解させて砥粒を固定化し砥粒層を形成させた。このとき重要な項目としては、図1の結果からも理解でき

Table 1 Specifications of solder paste

Viscosity Pa · s	209 (at 298K)
Solder	Ag-3.0Sn-0.5Cu
Shape	20 μm ball
Melting point	493-503 K
Tensile strength MPa	53.3
Elongation	46%
Young 's modulus GPa	41.6
Specific gravity	7.4

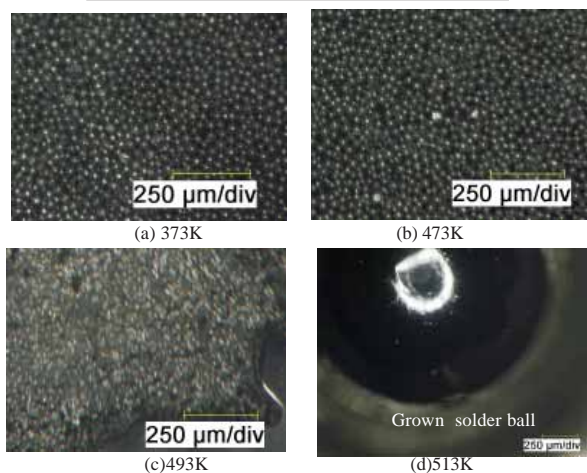


Fig.1 Heat behavior of solder paste

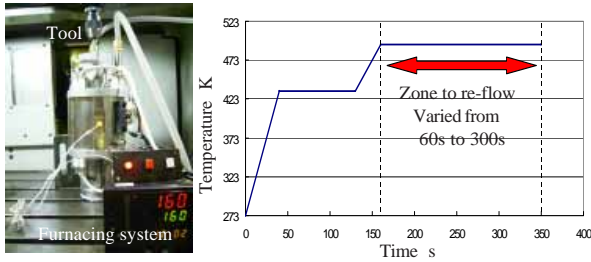
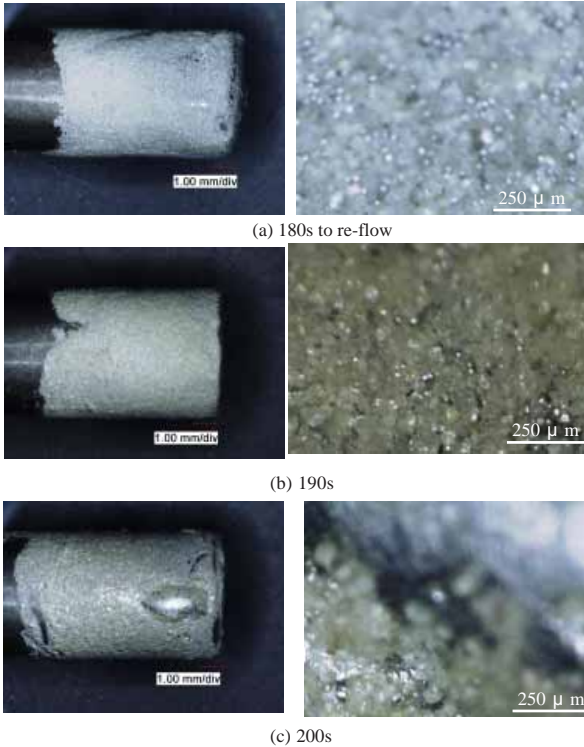


Fig.2 On-the-Machine baking system and basic sequence for experiment



Mandrel: S45C 6.0mm, Abrasive: 40-60 μ m Dia.
Fig.3 Comparison of fabricated tools in different re-flowing conditions

るように、はんだの熔融挙動を考慮した温度制御を実現することが挙げられる。特にはんだの熔融温度ではんだの密集を防ぎつつ砥粒を固定化するためには、熔融温度をどの程度持続させるかというのが重要である。そこで、図2右のような基礎加熱シーケンスを用い、主としてはんだが熔融している温度493Kの継続時間を変化させて砥粒層の形成状態を調べることにした。得られた結果を図3に示す。(a)では外観の大きな崩れは認められないが、溶解時間が短いため個々ハンダボールが結合するような状態になっておらず、結合力が低い状態になっている。したがって砥粒層が所々剥離しているのがわかる。一方(c)では溶解時間が長いためにはんだが瘤状に密集し、所々砥粒層の疎密が生じているのがわかる。結論として(b)の190sという加熱時間であれば、砥粒層の大きな形状の崩れもなく適切にハンダボール同士の結合ができることがわかった。

4. 研削実験による形成砥粒層の評価

形成した砥粒層の評価はガラスの研削実験を行うことで評価した。実験方法を図4に示す。図5は実験に供したガラスの研削面である。表面を観察すると無数の研削痕が認められ、形成した砥粒層が機能していることが確認できる。しかし、研削比や得られる粗さといった工具の基本特性については研削条件や工具のドレス状態にも依存するため今後の課題としたい。

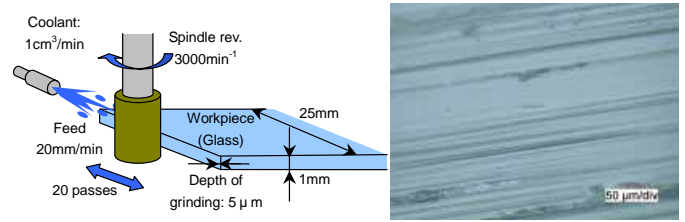


Fig.4 Illustration of Grinding experiment and the photo of the ground surface of test piece

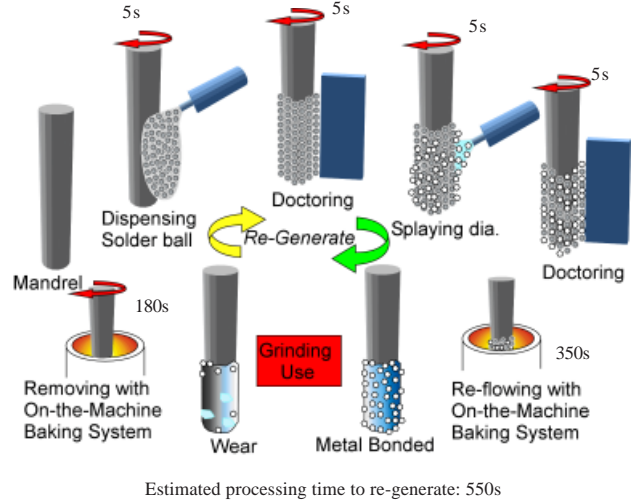


Fig.5 Composed on-the-machine tool re-generation for metal bonded abrasive tool

最後に、加工に供した工具を急速加熱炉で過熱し砥粒層の剥離を試みた。結果として加熱炉中でブラッシングを行えば180s程度で問題なく砥粒層の除去が可能であることが確認された。また、剥離後の軸再度砥粒層の形成を行い、問題なく再形成できることが確認できた。

5. メタルボンド砥石の機上再生工程の提案

これまでの工程をまとめると図5の工具機上再生の基礎工程が導き出せる。各工程間の工具のハンドリングを含めた所要時間を算出すると概ね550s程度で軸付砥石を再生できると考えられる。

6. おわりに

メタルボンド砥石の機上再生を目的にその基礎プロセスの開発を行った。得られた結果を下記に列挙する。

- (1)メタルボンドとしてAg-3.0Sn-0.5Cuを主成分とするハンダペーストを採用し、ボンドとして機能できることを見出した。
- (2)メタルボンド砥石を機上で形成再生でき小型の急速加熱炉を開発した。
- (3)上記装置を利用した急速加熱により砥粒層の形成と剥離を可能にした。
- (4)開発した機上再生工程は、砥粒層の形成工程370s、剥離工程180sの合計550sと見積もられる。

最後にハンダペーストをご提供いただいた千住金属工業(株)、加熱炉の製作にご協力いただきましたULVAC理工(株)に御礼申し上げます。

参考文献

- 1)K.Kurahasi, K.Yanagihara, Y.Tani, H.Sato, Repeatable On-the-Machine Cutting Edge Forming Technology Applying Composite Electroplating and Anodic Electrolysis, Annals of the CIRP,2004,Vol.53, No.1, p.53.
- 2)柳原 聖, 谷泰弘, 工具機上再生技術に関する研究-研削工具の形成および再生の試み-, 日本機械学会第五回生産加工・工作機械部門講演会講演論文集, p.52-53.