

切削工具の機上再生技術に関する研究

—複合めっきと電解剥離を利用した再生プロセスの開発—

A Study on On-machine Resharpener of Cutting Tools

— The Process Development Employing Composite Electroplating and Electrolysis —

倉橋 一 豪*・谷 泰 弘**・柳 原 聖**

Kazutoshi KURAHASHI, Yasuhiro TANI and Kiyoshi YANAGIHARA

1. はじめに

現在の切削工具の使用方法は、切れ刃付近が僅かに摩耗すると工具全体を交換するというものである。工具のうち切削に寄与する切れ刃付近のみを繰り返し再生することができれば、省資源・省コストにつながる。また高精度加工においては、工具交換時の工具成形および位置決めに多くの時間を要する¹⁾ため、機上での工具再生が有利になる。

工具表面の再生、すなわち成膜と剥離による工具再生の概念を図1に示す。実現の方法として本研究では複合めっき膜を採用し、めっき膜を利用した切削加工の可能性と、その剥離方法および工具再生に要する時間について検討する。

2. 切削工具機上再生の方法

工作機械上での切削工具の再生を実用的な形で行うためには、下記の内容を満たすことが望まれる。

- ・(通常の工具の寿命) / (交換に要する時間)
 < (工具膜の寿命) / (膜の再生に要する時間)
- ・処理行程の自動化がし易い。
- ・装置の付帯設備が少ない。
- ・切削に耐えうる硬質膜が得られる。

このような条件を満たし、機上再生に利用し得る方法と

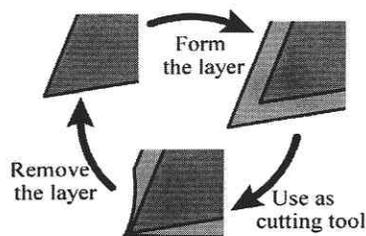


図1 Concept of on-machine resharpener

して、本研究では複合めっきによる切削工具の再生について検討した。

3. 複合めっき膜による切削加工

3.1 めっき工具の設計指針

切削工具に求められるのは耐摩耗性である。本研究ではエンジンシリンダ内面の耐摩耗性膜²⁾として実績のあるNi-P-SiC複合めっき膜を採用する。複合めっきを行う切削工具には超硬合金を用いた。これは硬質めっき膜に十分なめっき厚さが無い場合(数100 μm以下のオーダ)に、めっき膜のみでなく母材の機械的特性も十分考慮する必要があるからである。そして、母材とめっきとの界面に十分な密着力を生じさせるためにNaOH水溶液のアノード電解とNi Strikeめっきを前処理として採用した。

3.2 Ni-Pめっき膜の硬度の検討

最初に切削工具としての硬度を得るためにPの添加量について調べた。表1に示すスルファミン酸Ni浴に亜りん酸を添加しながらめっき膜硬さの変化を測定した。ここではめっきの母材としてP種超硬チップ(住友電気工業(株)製TPGN 160304-ST 20 E)を用い、図2のようにマスキングテープ(住友スリーエム(株)製No. 470)によりマスキングを行いながら、カソード電流密度15 A/dm²、膜厚約100 μmでめっきを施している。

測定結果を図3に示す。亜りん酸の添加量0.2 g/Lで既に効果が現れ始めており、Niめっきの硬さが200 Hv程度であるのに対し、Ni-P合金めっきでは600 Hv程度まで硬さが増加した。0.2~5 g/Lの間に硬さのピークがあると

表1 Ni sulphamate plating bath

Plating bath	Ni(H ₂ SO ₃) ₂ ·4H ₂ O: 450 [g/L]
	NiCl ₂ : 30 [g/L]
	H ₃ BO ₃ : 30 [g/L]
Bath temperature	333[K] {60 [°C]}

*東京大学大学院 工学系研究科

**東京大学生産技術研究所 情報・システム部門

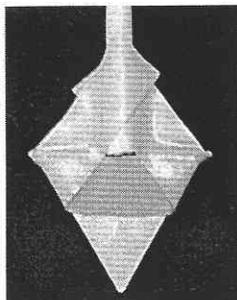


図 2 Masking for cemented carbide tool

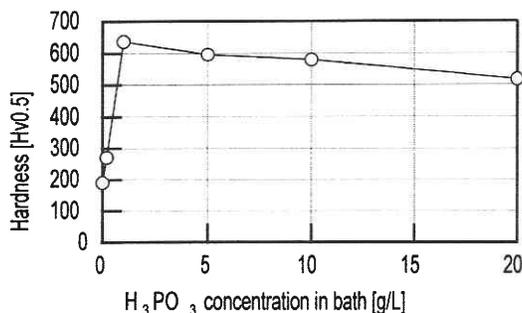


図 3 Hardness of plated Ni-P alloy layer

表 2 Ni-P-SiC plating conditions

Plating bath	Ni(H ₂ NSO ₃) ₂ ·4H ₂ O: 450 [g/L]
	NiCl ₂ : 30 [g/L]
	H ₃ PO ₃ : 20 [g/L]
	H ₃ BO ₃ : 30 [g/L]
	SiC(GC#2000) : 400 [g/L]
Bath temperature	333 [K] {60 [°C]}
Cathode current density	40 [A/dm ²]
Plating time	60 [s], about 6 [μm] thickness
Specimen (cemented carbide tool)	TPGN160304 (HTi05T) (Mitsubishi Material Co.)

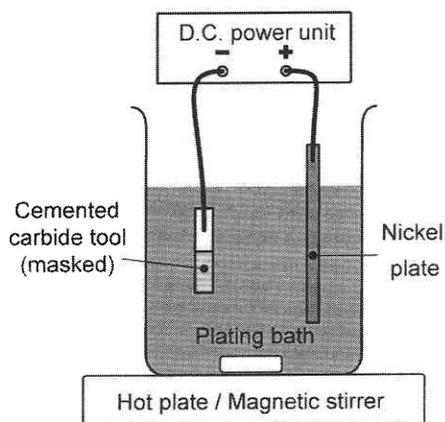


図 4 Method of Ni-P-SiC electroplating

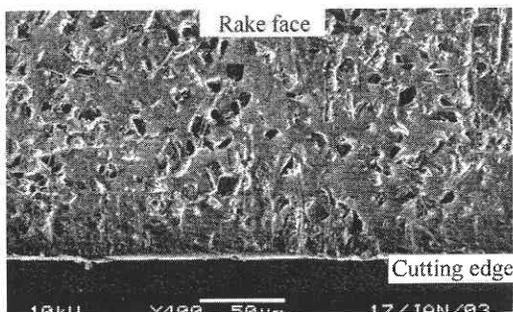


図 5 Ni-P-SiC plated cutting edge

表 3 Cutting conditions for Ni-P-SiC plated tool

Workpiece	S45C : φ139 [mm], t2.5 [mm]
Tool	Ni-P-SiC plated tool Rake angle : 5°, Relief angle : 11°
Cutting conditions	Cutting speed : 10 [m/min] Width of cut : 2.5 [mm] Feed rate : 0.1 [mm/rev] Time : 15 [s], Dry cut

予想されるが、この添加量では引っ張り電着応力が大きい
ためめっき膜にクラックや剥離が生じており、めっき膜
として不相当と考えた。したがって複合めっき浴への亜り
ん酸添加量は、めっき操作による消費も考慮して 20 g/L
とした。

3.3 超硬チップへの複合めっき

次にめっき膜での切削加工を行うために、市販の K 01
種超硬チップ上に Ni-P-SiC 複合めっきを施した。Ni-P-SiC
複合めっき浴の組成とめっき条件を表 2 に示す。供析粒子

には GC 研磨剤 #2000 (南興セラミックス (株) 製・平均
粒径 6.7 μm) を用いた。実験装置の概略図を図 4 に示す。
めっき後の工具すくい面の SEM 像 (図 5) から、SiC が共
析しているのが確認できる。

3.4 複合めっき膜による鋼材の加工

このチップ (図 5) を用いて表 3 の条件にて S 45 C 円管
の端面切削実験を行った (図 6)。このとき図 7 のように
流れ形の切屑が生じ、加工後の工具すくい面上には構成刃
先が残っていた。構成刃先を除去すると切れ刃付近にはめ
っき膜が残っていることが確認できる (図 8) ため、め
っき膜によって鋼材の切削が行われたとみなせる。また、こ

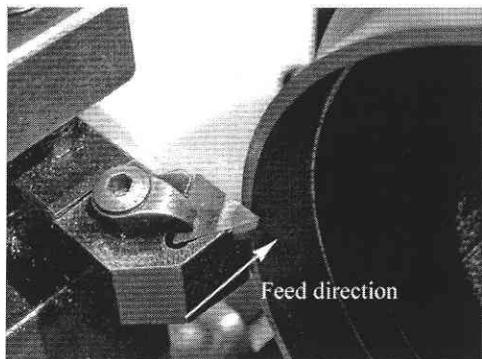


図6 Method of cutting experiment

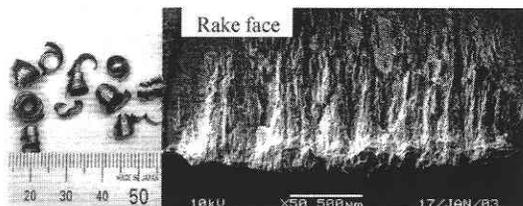


図7 Chips and build-up edge

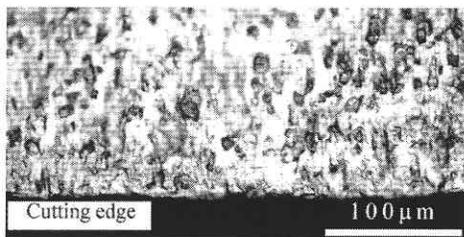


図8 Remaining plated layer beneath the built-up edge

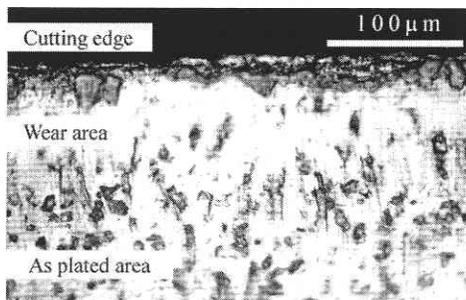


図9 Flank wear of Ni-P-SiC plated tool

のときの逃げ面摩耗状態を図9に示すが、Ni-P-SiCめっき膜の逃げ面平均摩耗幅は15秒で100 μm以下であった。

4. めっき膜の電解剥離

めっき膜の剥離方法には、硫酸電解を利用した。主な剥離条件は表4になるが、定電圧電解の条件下ではNi-P-SiCの電解速度が硫酸濃度に依存(図10)し、25%硫酸を用

表4 Electrolytic etching conditions for Ni-P-SiC plating

Electrolyte	H ₂ SO ₄ : 8.8, 25, 44, 73 [wt%] room temperature
Voltage	6 [V] (constant)
Cathode	Lead plate

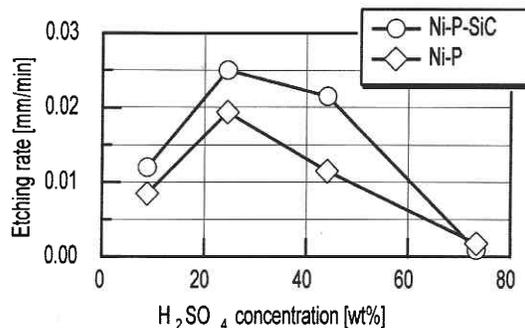


図10 Effect of H₂SO₄ concentration for etching rate

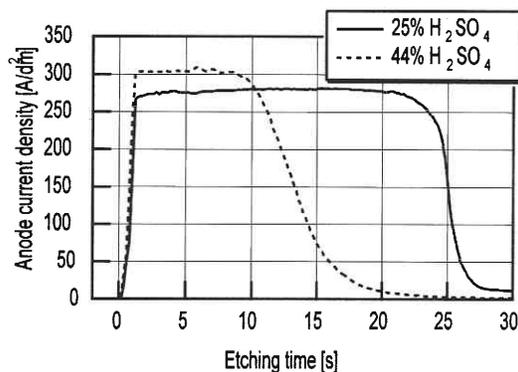


図11 Stripping Ni-P-SiC on cemented carbide tool

いと毎分25 μm程度の速度で溶解できる。このときの電流密度の変化を図11に示すが、超硬母材の表面が不動態化することによってめっき膜の剥離と共に30秒ほどで電流値がほぼ0に収束する。したがって、電流値の収束から剥離の終了を確認できる。構成刃先が切れ刃に生じても同様に電解剥離することができるが、3分程度の時間を要することになる(図12)。

次に剥離工程による母材の浸食の程度を確認することにした。工具再生処理を10サイクル(切削は含まない)行うことによるK01種超硬チップのエッチング量は、マスキング面との段差の測定により、電解剥離液として25%硫酸を用いた場合は12 μm程度、44%硫酸を用いた場合は7 μm程度であることがわかった(図13、図14)。しかし再生による工具形状の変化は望ましくはないので、下地めっきによる母材の保護や母材の変更などの対策が今後必

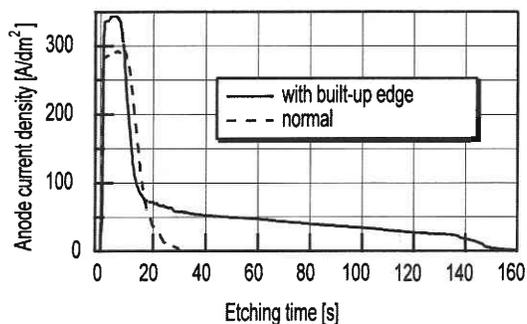


図 12 Processing time for removal of built-up edge

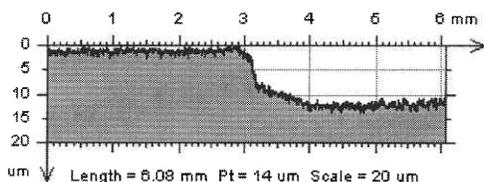


図 13 Etching depth after 10 cycles (25% H₂SO₄)

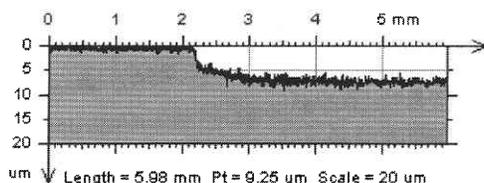


図 14 Etching depth after 10 cycles (44% H₂SO₄)

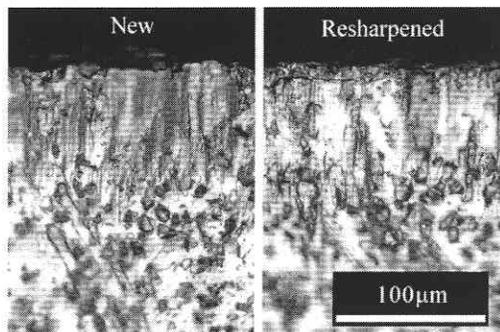


図 15 Comparison of new tool with resharpened tool

表 5 Required time for resharpening processes

Process	Time [s]
Electrolytic Etching	30
NaOH anodic electrolysis	30
Ni Strike plating	60
Ni-P-SiC plating	60
Total	180

6. おわりに

機上での切削工具再生を実現するために、複合めっき膜を利用した工具再生プロセスを検討した。その結果を以下に示す。

- 1) Ni-P-SiC 複合めっき膜を超硬工具上に析出させて、これにより鋼材が切削可能であることを確認した。
- 2) 電解剥離により Ni-P-SiC 膜を 20 $\mu\text{m}/\text{min}$ 以上の速度で剥離することができた。
- 3) 再生後の工具による切削加工では、異常剥離や異常摩耗の発生は見られなかった。
- 4) 複合めっきと電解剥離による工具膜の再生は数分間で行える。

今後の課題として以下の点が挙げられる。

- 1) 複合めっき膜の最適化
- 2) 母材の減耗対策
- 3) 機上再生装置の具現化

(2003年9月9日受理)

参考文献

- 1) 倉橋一豪, 谷 泰弘, 柳原 聖, 切削工具の機上再生技術に関する研究, 2003年度精密工学会春季学術講演会講演論文集, (2003), p.141.
- 2) 石森 茂, 清水 充, 本田信一, 大塚信治郎, 豊田正義, ニッケル-炭化ケイ素複合めっき技術の工業化, 金属表面技術, 28, (1977), 508-512.

要と考えられる。

5. 工具の再生

5.1 再生後の工具による加工

新品の超硬チップと、めっき膜を電解剥離によって剥離した後のチップとで、めっき膜の密着性に問題がないかどうかを S 45 C の切削実験により確かめた。切削後の工具逃げ面の写真を図 15 に示す。再生後の工具に異常な摩耗や剥離は見られず、再生前と再生後で大きな変化は特に見られなかった。また、硫酸電解剥離によるめっきの密着性への影響は特になかった。

5.2 工具再生に要す時間

表 5 に示すように、工具の再生サイクルに要する時間は 180 s であった。これに電解剥離 - NaOH アノード電解間と、NaOH アノード電解 - Ni Strike めっき間の水洗工程などを考慮すると、最終的には 5 min 程度になると見積もられる。