環境に優しいドライプレス加工
－導電性セラミックス工具を用いたドライ絞り加工技術の開発－

地球環境保護の観点から、潤滑油を使用しないドライ加工技術が求められています。ここでは導電性セラミックスを工具材質として用いたドライ絞り加工技術の開発について紹介します。

はじめに

絞り加工とは、図１に示すようにダイスにパンチを押し込み、被加工材をダイスの形状に倣わす加工です。このように被加工材を変形させて加工を行うため、工具（ダイス、パンチ、しわ抑え）に大きな力がかかります。そのため、加工現場では、製品加工時に潤滑油を使って加工しています。しかし、この潤滑油は地球環境を汚染する要因になるため、潤滑油を用いない新しい加工技術の開発が求められています。

その新しい技術として、潤滑油の代わりに工具材質にトライボロジー特性に優れたセラミックスを用いる方法が考えられます。しかし、セラミックスは非常に硬く、工具形状への加工が困難であることに問題があります。

本研究[1]では、放電加工で加工の行える導電性セラミックスを工具材質として用い、導電性セラミックスの放電加工性とドライ絞り加工の可能性を検討しました。

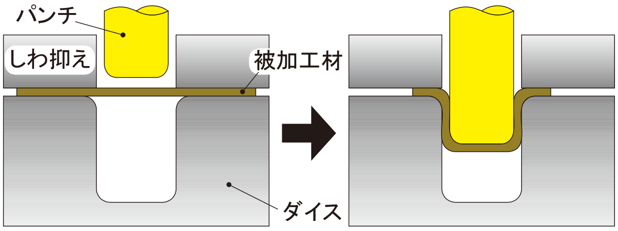


図１　絞り加工概略図

絞り加工では、ダイスにパンチを押し込むことで被加工材を変形させます

導電性セラミックスの放電加工性

導電性セラミックスには、『ZrO_2-WC』を用いました。ZrO_2-WC は、ZrO_2 と WC の複合材料です。ZrO_2 セラミックスだけでは、電気が通らないために放電加工が行えませんが、WC を混ぜることによって、電気が通るようになり、放電加工が可能となります。

放電加工性の評価は、表１に示す５通りの条件で形彫り放電加工を行い、その際の材料の除去率と表面粗さを測定することで行いました。

結果を図２に示します。図２は、放電加工の電気条件による除去率と表面粗さのグラフとなります。図より、条件①、②は粗加工の条件であり、除去率は高いですが、加工後の表面粗さは非常に粗くなりました。これに対して、条件③、④、⑤は仕上げ加工の条件であり、除去率は低いですが、加工後の表面粗さは非常に小さくなりました。

以上の結果から、粗加工では条件②を用いるのが良いと考えられます。条件①では除去率が高すぎ、チッピング等の欠陥につながる可能性があるためです。また、仕上げ加工では、加工後の表面粗さが最も小さかった条件⑤を用いるのが良いです。よって、ZrO_2-WC を放電加工する際には、条件②で粗加工を行い、次いで条件⑤で仕上げ加工を行うのが良いと言えます。

表１　放電加工の電気条件

形彫り放電加工のパラメータ（極性，ピーク電流，パルス幅）となります

加工条件 No.		①	②	③	④	⑤
極性		＋	＋	＋	＋	－
電気条件	ピーク電流（Ａ）	10	5	1	1.5	1.5
	パルス幅（μsec）	97.0	29.9	4.9	1.7	1.7
加工時間　(min)		5	5	10	10	10

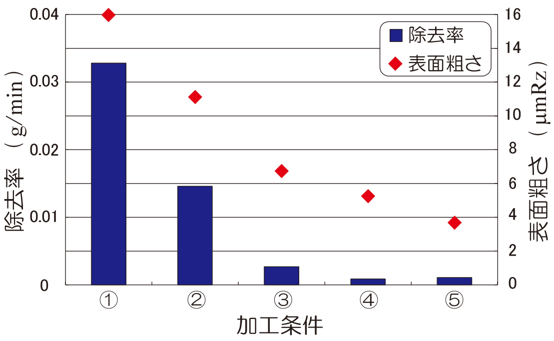


図２　加工条件と除去率および表面粗さ

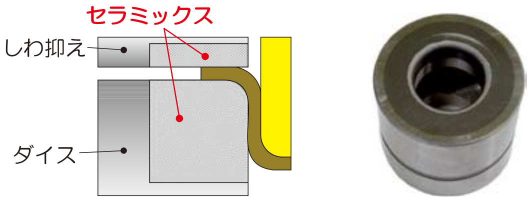
除去率と表面粗さの関係から、条件②による粗加工と条件⑤による仕上げ加工が良いと言えます

導電性セラミックス工具でのドライ絞り加工

連続1万回のドライ絞り加工試験を行い、導電性セラミックス工具のドライ絞り加工の可能性を検討しました。

工具材質に導電性セラミックス『ZrO_2-WC』を用い、型の成形は形彫り放電加工で行いました。放電加工後の工具表面粗さは、4.1μmRzでした。図3に導電性セラミックス工具を示します。ダイス内径を26.6mm、肩半径を3mm、パンチ直径を25.0mm、肩半径を3mmとしました。潤滑条件は潤滑油を塗布しないドライ、被加工材は板厚0.6mm、φ50mm（絞り比2.0）の冷間圧延鋼板（SPCC）としました。

比較のために、工具材質がSKD11の工具も用いました。SKD11工具の表面粗さは0.2μmRzとしました。なお、SKD11工具による試験は、潤滑油（添加物：硫黄、動粘度：25mm^2/s、40℃）を塗布する油潤滑としました。



(a)工具の概略図　(b)ダイス写真

図3　導電性セラミックス工具

導電性セラミックス工具では、ダイスとしわ抑えの被加工材と接する部分をセラミックスとしています

結果を図4、図5に示します。図4はZrO_2-WC工具を、図5はSKD11工具を用いて加工した加工品の表面粗さの推移を示しています。

図4より、ドライ条件下のZrO_2-WC工具では、加工品表面粗さは加工初期で4.0～4.5μmRz程度でしたが、加工回数が30回を越えたあたりから3.0～3.5μmRz程度の間で安定して推移しました。この原因としては、加工回数が増えると工具の粗さがこすられることにより平坦化され、それに伴い加工品表面粗さも低減したと考えられます。

また、図5より、油潤滑条件下のSKD11工具では、加工品表面粗さは3.0～4.0μmRz程度で推移しました。つまり、従来法であるSKD11工具に油潤滑をした場合、加工品表面粗さは3.0～4.0μmRz程度になると言えます。

よって、ZrO_2-WC工具を用いてドライ加工した加工品表面粗さは、SKD11工具を用いて油潤滑加工した加工品の表面粗さとほぼ同等となることがわかりました。これにより、導電性セラミックス工具を用いたドライ加工の可能性が示されたと言えます。

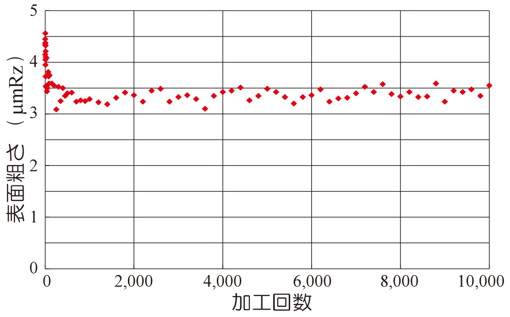


図4　加工品表面粗さ（ZrO_2-WC・ドライ）

ZrO_2-WC工具を用いて加工を行った加工品の表面粗さの推移です。最終的に3.0～3.5μmRz程度で安定して1万回の連続ドライ絞り加工を達成しました

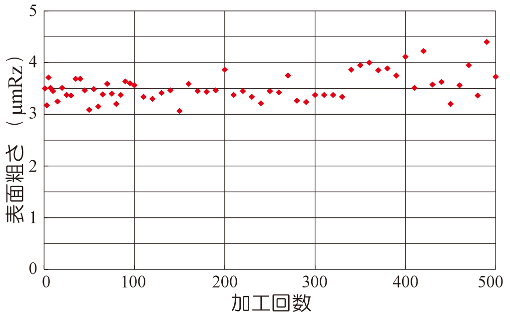


図5　加工品表面粗さ（SKD11・油潤滑）

SKD11工具を用いて加工を行った加工品の表面粗さの推移です。3.0～4.0μmRz程度で推移しています

おわりに

先端加工グループでは、環境問題に対する世界的な関心の高まりから、環境に優しい加工方法としてドライ加工の研究を進めています。ドライ加工技術についてご検討される場合には、お気軽にご相談ください。

参考文献

1）玉置賢次･片岡征二･皆本鋼輝：導電性セラミックス工具を用いた無潤滑円筒絞り加工、塑性と加工、48-561、930-934、(2007)

研究開発部第二部　先端加工グループ <西が丘本部>
玉置賢次　TEL 03-3909-2151 内線467
E-mail：tamaoki.kenji@iri-tokyo.jp