

平成22年 6月10日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20760093

研究課題名（和文） 導電性セラミックス工具を用いたドライせん断加工に関する研究

研究課題名（英文） Study of dry shearing with electroconductive ceramic tools

研究代表者

玉置 賢次（TAMAOKI KENJI）

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター・研究員

研究者番号：20463052

研究成果の概要（和文）：導電性セラミック工具を含む各種セラミック工具を用いて10万回のドライ小径（φ5mm）せん断加工を実施した。被加工材は、冷間圧延鋼板とステンレス鋼板とした。結果、10万回の冷間圧延鋼板のドライせん断加工は、いくつかのセラミック工具で達成された。特に、ブランクのバリ高さのばらつきは、導電性セラミック工具の使用で最も小さくなった。よって、導電性セラミックスのドライせん断加工工具としての可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：Dry small hole shearing by 100,000 repetitions was executed with various ceramic tools including electroconductive ceramic tool. Blanking size was φ5 mm. Cold rolled steel sheet and stainless steel sheet were employed as work materials for shearing. As a result, dry small hole shearing of cold rolled steel sheet by 100,000 repetitions were achieved with some of ceramic tools. Especially, deviation in the burr height of blank became the smallest in using the electroconductive ceramic tool. Therefore, the possibility as the dry shearing tools of electroconductive ceramics was shown.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学、生産工学・加工学

キーワード：環境技術、セラミックス、トライボロジー、ドライプレス、せん断加工

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 環境負荷低減に向けた取組みは、世界的に進められており、我が国がものづくり立国として世界に発信していくためには環境に適合したグリーン製造技術の研究開発が必要とされている。

(2) 自動車部品・家電情報機器部品などの製造を担うプレス成形では潤滑油を使用しているが、この潤滑油が環境負荷の一因とされている。そこで、残留油脂ゼロを可能とするドライプレス加工技術の開発が求められている。

## 2. 研究の目的

(1) ドライプレス加工実現の可能性として、塑性加工用工具にトライボロジー特性に優れたセラミックスの適用が考えられ、これまでの研究においてドライ加工の可能性が示されている。しかしながら、従来のセラミックスは、加工性が悪く、型成形に大きなコストと時間がかかっていた。

(2) そこで、セラミックスの加工性を改善するために放電加工の行える導電性セラミックスを塑性加工用工具に適用し、ドライプレス加工の可能性について検討してきた。

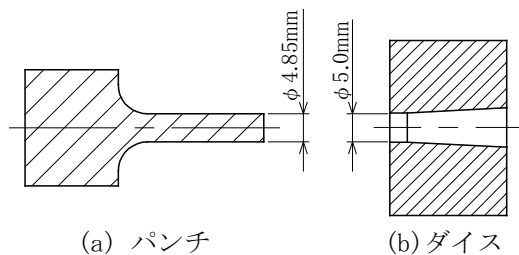
(3) これまでの研究では絞り加工のドライ加工化を行ってきたが、プレス加工の現場においては、絞り加工以上にせん断加工が行われている。絞り加工とせん断加工がドライ加工化できれば、プレス成形の多くの工程で潤滑油が不要となる。従って、本研究ではせん断加工のドライ加工化を目指す。

## 3. 研究の方法

(1) 導電性セラミックスを含む各種セラミックス工具を用い、連続 10 万回のドライせん断加工を実施した。試験には、AIDA 製の 600kN クランクプレスを用いた。回転数は  $60\text{min}^{-1}$  とした。

(2) 金型寸法は、クリアランス約 8% とし、ダイス内径 5.0mm、パンチ直径 4.85mm とした。ダイス刃先およびパンチ刃先には、チップングを防止する意味で 0.1mm の R および C 面取りを設けた。図 1 に金型の概略図を示す。

なお、角 5mm せん断加工についても実施し、ダイス一辺 5.0mm、パンチ一辺 4.84mm とし、共にコーナー R0.5mm、刃先 R および C 面取りを 0.1mm とした。



(a) パンチ (b) ダイス  
図 1 金型概略図

(3) 工具材質には、4 種類のセラミックスを用いた。ジルコニア系導電性セラミックス (WC-ZrO<sub>2</sub>)、熱間静水圧プレスジルコニア (HIP-ZrO<sub>2</sub>)、ジルコニア (ZrO<sub>2</sub>)、窒化珪素 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) とした。各種セラミックスの機械的特性を表 1 に示す。

被加工材は、冷間圧延鋼板 (SPCC) とした。板厚は、1.0mm とした。潤滑条件は、潤滑剤を塗布しないドライとした。

表 1 各種セラミックスの機械的特性

	WC-ZrO <sub>2</sub>	HIP-ZrO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
密度 /g·cm <sup>-3</sup>	10.7	6.0	5.6	3.3
ビッカース硬さ /GPa	16.2	12.7	10.7	14.0
3 点曲げ強度 /MPa	2000	1470	750	1020
ヤング率 /GPa	330	220	200	300
破壊靱性 /MPa·m <sup>1/2</sup>	8.5	5.9	7~8	7
体積抵抗率 /Ω·m	$1.6 \times 10^{-6}$	$2.0 \times 10^{12}$	$>10^{14}$	$>10^{14}$

(4) 試験の評価としては、連続 10 万回のせん断加工を行い、1,000 回毎にブランクのバリ高さの測定を行った。測定には形状測定機を用いた。併せてブランク切り口面の観察およびせん断面長さの測定も行った。観察には、マイクロスコープを用いた。

また、セラミックス工具の 10 万回加工後の外観および顕微鏡観察を行い、加工に供する前の状態との比較を行った。

## 4. 研究成果

### (1) φ5mm せん断加工

① 図 2、図 3 に各種セラミックス工具を用いた SPCC のドライせん断加工の結果を示す。図 2 はブランクのバリ高さ測定結果、図 3 はブランク切り口面のせん断面長さ測定結果を示す。

図 2、図 3 より、セラミックス工具を用いることで、連続 10 万回のドライせん断加工が達成可能であることが示された。

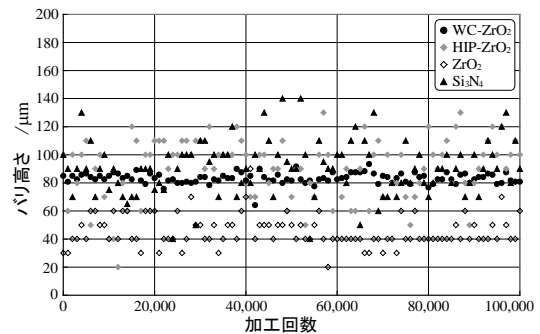


図 2 バリ高さの推移 (φ5mm)

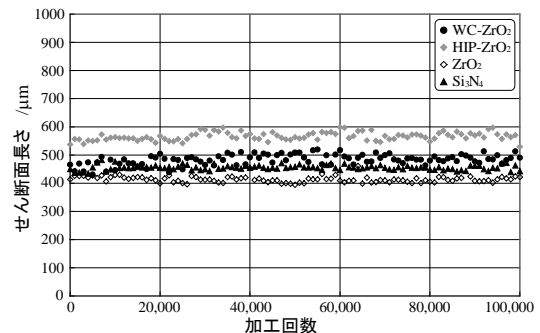


図 3 せん断面長さの推移 (φ5mm)

また、図2より、WC-ZrO<sub>2</sub>工具によるバリ高さは、80~90μm程度で推移しており、ばらつきも小さく安定して加工が行えていたことがわかる。HIP-ZrO<sub>2</sub>工具とSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>工具によるバリ高さは、平均値で90μm程度であったが、ばらつきはかなり大きかった。ZrO<sub>2</sub>工具によるバリ高さは、平均値で45μmと最も低い値を示した。

図3より、切り口面のせん断面長さは、すべてのセラミックス工具で安定して推移していたことがわかる。HIP-ZrO<sub>2</sub>工具によるせん断面長さは、おおよそ560μmであり、WC-ZrO<sub>2</sub>工具で480μm、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>工具で450μm、ZrO<sub>2</sub>工具で410μmであった。一般的なせん断製品では切り口面の半分程度がせん断面となっていることから、本試験でのブランクがドライという厳しい条件であるにも関わらず、実使用上問題ないレベルのせん断加工が行われていたと言える。

なお、ZrO<sub>2</sub>工具によるバリ高さが他の工具によるバリ高さよりも低く、せん断面長さも短かったことについては、ZrO<sub>2</sub>工具の刃先面取りが他の工具よりも若干小さかったため

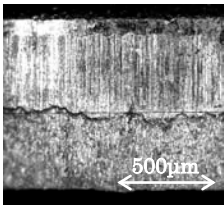
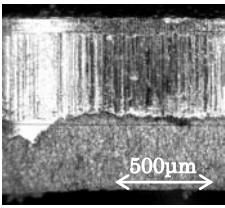
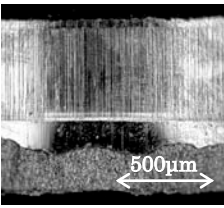
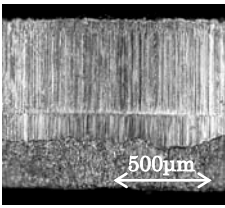
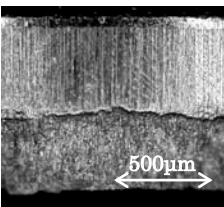
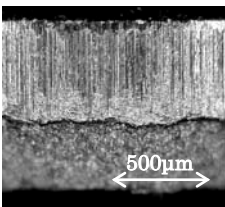
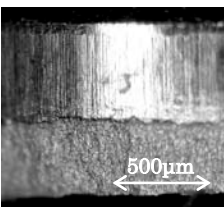
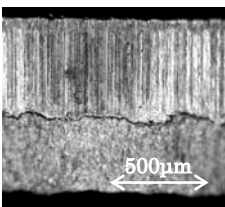
	1,000回目	10万回目
WC-ZrO <sub>2</sub>		
HIP-ZrO <sub>2</sub>		
ZrO <sub>2</sub>		
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>		

図4 ブランク切り口面

と思われる。実際に、セラミックス工具の刃先面取りは0.1mmに設定していたが、ZrO<sub>2</sub>工具のみ0.05mm程度であった。

② 図4にブランク切り口面の写真を示す。写真は、加工初期の1,000回目と最終の10万回目のものである。

図4のブランク切り口面の写真からも、ドライという厳しい条件下でも一般的なせん断製品レベルのせん断加工が行われていたことを確認することができる。さらに、1,000回目と10万回目でせん断面長さに差がないことから、セラミックス工具は10万回のドライせん断加工でほとんど摩耗していなかったと考えられる。

③ 図5にセラミックスパンチの使用前後の外観写真および刃先の顕微鏡写真を示す。なお、図5には一例としてWC-ZrO<sub>2</sub>パンチを示す。図5より、WC-ZrO<sub>2</sub>パンチはSPCCの10万回加工後においても、使用前とほとんど変わらない状態であったことが確認された。パンチへの被加工材の凝着もほとんど見られなかった。

よって、セラミックスを工具材質とすることで、SPCCのドライせん断加工が10万回達成可能であることが示されたと言える。


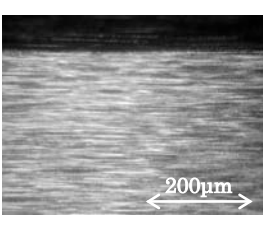

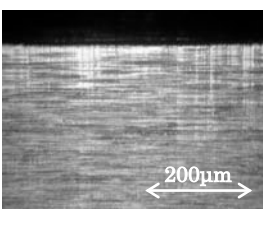
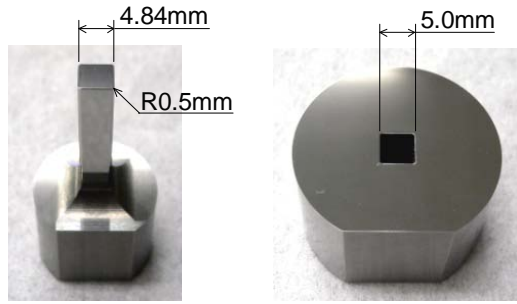
	外観写真	刃先顕微鏡写真
使用前		
使用后		

図5 WC-ZrO<sub>2</sub>パンチの使用前後の外観写真および刃先顕微鏡写真

(2) 角5mmせん断加工

① 図6に本試験で用いた角5mmせん断加工用金型の外観写真を示す。ダイスおよびパンチには、回転位置を固定するためにDカットを施した。

また、図7にブランク形状を示す。図6に示す金型を用いてせん断加工を行った場合、図7に示すブランクが加工される。



(a) パンチ (b) ダイ  
図6 角5mmせん断加工用金型の外観写真

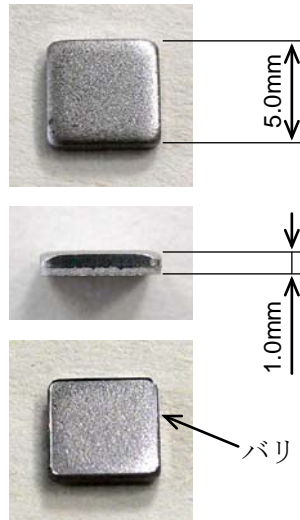


図7 角5mmブランク形状

② 図8、図9にWC-ZrO<sub>2</sub>工具を用いたSPCCのドライ角形せん断加工の結果を示す。図8はブランクのバリ高さ測定結果、図9はブランク切り口面のせん断面長さ測定結果を示す。

図8、図9より、導電性セラミックス工具を用いることで、連続10万回のドライ角形せん断加工が達成可能であることが示された。

また、図8より、WC-ZrO<sub>2</sub>工具によるバリ高さは80μm以下程度であり、平均値で45μm程度であった。円形せん断加工では、80~90μmで安定して推移していたことを考えると、ばらつきは大きかったがバリ高さの値は十分に実用上問題ないレベルにあると言える。

図9より、WC-ZrO<sub>2</sub>工具による切り口面のせん断面長さは560μm程度であり、円形と同様に切り口面の半分程度がせん断面となっていた。

角形せん断加工は、円形せん断加工に比べて、全周に均等に力が作用しないため、より厳しい条件であると言える。しかしながら、厳しい条件であるにも関わらず、円形と同等のせん断加工が行えたことは、特筆できる成果と言える。

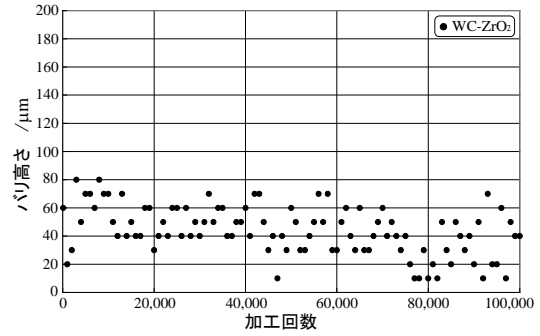


図8 バリ高さの推移 (角5mm)

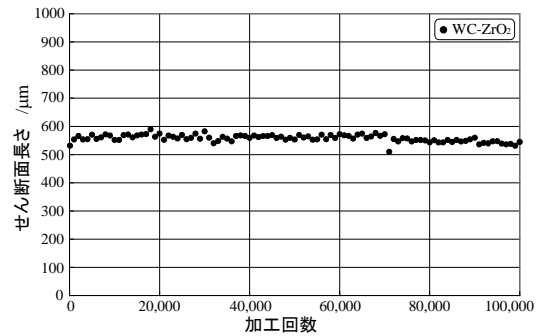


図9 せん断面長さの推移 (角5mm)

### (3) 成果のまとめ

- ① SPCCのφ5mmのドライせん断加工では、工具材質にセラミックスを用いることで10万回達成可能であることを確認した。特にWC-ZrO<sub>2</sub>工具が最も良好であった。
- ② SPCCの角5mmのドライせん断加工では、工具材質に導電性セラミックス(WC-ZrO<sub>2</sub>)を用いることで10万回達成可能であることを確認した。
- ③ よって、セラミックス工具を用いたSPCCのドライせん断加工の実用化の可能性が示唆されたと言える。特に、型成形性に優れる導電性セラミックス(WC-ZrO<sub>2</sub>)工具は、試験結果の安定性からもドライ加工用工具として有望であると言える。

### (4) 成果の国内外における位置づけ

潤滑油を使用しないセラミックス工具を用いたドライせん断加工を実現させることによって、潤滑油による環境負荷の低減が可能となる。環境負荷低減は世界的に見ても早急な対応が求められている。

また、加工後の洗浄工程の削減または簡易化により、洗浄剤、水の削減が可能となり、さらに、廃液処理装置等の廃液処理の削減になる。これらの効果により、コスト面、エネルギー面で大幅な改善が可能となる。潤滑油および洗浄剤等の洗浄工程にかかるコストは、製造工程全体の10%程度を占めると言われ、これを削減することが企業の競争力の強化に繋がる。

(5) 今後の展望

本研究の成果をもとに、企業と協力し、ドライせん断加工用金型にセラミックスを適用した製品開発を行い、製品化・事業化を目指す。

また、通常のせん断加工だけでなく、現在、ファイブランキングによって行われている精密せん断加工（より厳しい製品加工）などにも適用できるセラミックス工具を用いたドライせん断加工を研究・開発する。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計1件）

- ① Kenji Tamaoki, Ken-ichi Manabe, Seiji Kataoka, Tatsuhiko Aizawa, Dry small hole shearing of cold rolled steel sheet with electroconductive ceramic tools, steel research international、査読有、掲載決定

〔学会発表〕（計2件）

- ① 玉置賢次, 他、各種セラミックス工具を用いたドライ小径せん断加工、平成22年度塑性加工春季講演会、2010.5.29、電気通信大学
- ② 玉置賢次, 他、導電性セラミックス工具を用いたドライ小径せん断加工、平成21年度塑性加工春季講演会、2009.5.30、京都大学

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

- 出願状況（計0件）  
○取得状況（計0件）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

玉置 賢次 (TAMAOKI KENJI)

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター、研究員

研究者番号：20463052