

公益財団法人富山第一銀行奨学財団

理事長 横田 格 殿

## 助成研究成果概要報告書

教育機関名 : 富山大学	助成金額 :	800 千円
研究代表者 : 白鳥 智美	所属 : 学術研究部工学系	職位 : 教授
研究題目 : モータ高効率化に向けたゼロクリアランスせん断工具による磁区影響範囲限定効果の解明		

## 研究概要

モータの高効率化は電動化社会を支える基盤技術である。電動車に搭載されるモータに用いる鉄心には電磁鋼板が採用され、交流磁界によって鉄心内部の磁区が変化し、磁石との反発力が生じてモータに駆動力が発生する。せん断加工した鉄心にはひずみが加わり磁区影響範囲が生まれる。これが磁区変化の妨げとなり鉄損が生じる。せん断影響による磁区影響範囲を限定し、鉄損の抑止からモータの高効率化を目指す取り組みが期待されている。

本研究では無方向性電磁鋼板のせん断加工用工具を製作し、せん断した穴の切り口面および穴の断面における硬度分布の調査から磁区影響範囲を調査した。一部の実験については令和3年4月も継続しており、更なる研究推進から高効率モータの安定製造技術の学術的なメカニズム解明と最適なせん断加工条件の抽出を目指していく。

研究成果として、イオン先鋭化工具を雄型パンチと雌型ダイに用いた場合には、せん断加工した穴の断面における加工硬化範囲が限定される効果を見出した。別な実験では同条件の実験で鉄損が低減できる効果を確認しており、加工硬化範囲の限定によって鉄心の鉄損が低減できることを実証した。なお、当初計画のゼロクリアランスの実験については、工具加工難度が高く令和3年4月に実施予定である。

## 成果要約

せん断加工用金型を製作し、小型サーボプレス機を用いて板厚 500  $\mu\text{m}$  の無方向性電磁鋼板をせん断加工した。せん断用工具は通常の研削仕上げとイオン研磨工具を準備した。雄型パンチと雌型ダイの隙間であるクリアランスを片側 0.005 mm と 0.010 mm として直径 5.000 mm のパンチ径で加工をおこなった。

図1は製作した金型の小型サーボプレス機への設置図である。せん断加工は図2に示す条件で行った。パンチの仕上げ状態を図3に示し、ダイの仕上げ状態を図4に示す。せん断した穴の切り口面の観察結果を図5に示した。この結果、パンチおよびダイの切り口面はせん断用工具の仕上げ状態に影響されて変化することがわかった。

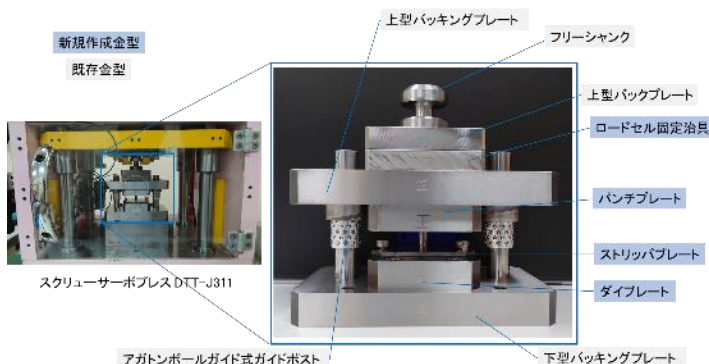


図1 製作金型の外観とプレス機への取り付け状態

工具種 (パンチ/ダイ)	片側クリアランス [ $\mu\text{m}$ ]	径 [mm]	仕上げ	材種
Normal-Normal	5.0	Punch	$\phi$ 5.00 研削	超硬
		Die	$\phi$ 5.01 研削	超微粒子(HIP)
Ion-Normal	5.0	Punch	$\phi$ 5.00 イオン研磨	超硬
		Die	$\phi$ 5.01 研削	超微粒子(HIP)
Normal-Ion	5.0	Punch	$\phi$ 5.00 研削	超硬
		Die	$\phi$ 5.01 イオン研磨	超微粒子(HIP)
Ion-Ion	5.0	Punch	$\phi$ 5.00 イオン研磨	超硬
		Die	$\phi$ 5.01 イオン研磨	超微粒子(HIP)
Normal-Ion	10.0	Punch	$\phi$ 5.00 研削	超硬
		Die	$\phi$ 5.02 イオン研磨	超微粒子(HIP)
Ion-Ion	10.0	Punch	$\phi$ 5.00 イオン研磨	超硬
		Die	$\phi$ 5.02 イオン研磨	超微粒子(HIP)

図2 せん断加工条件

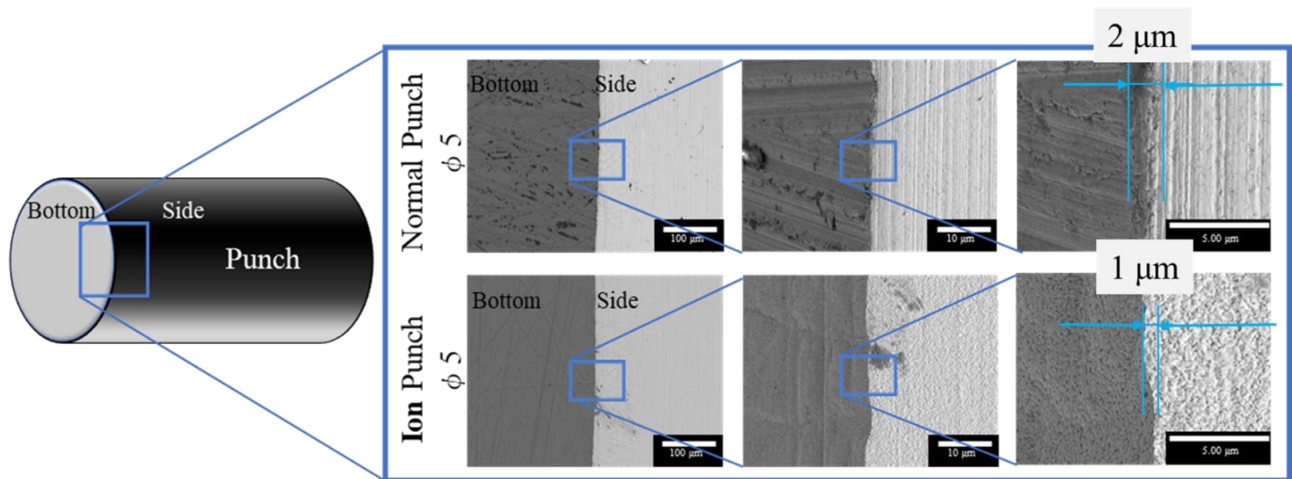


図3 パンチの仕上げ状態

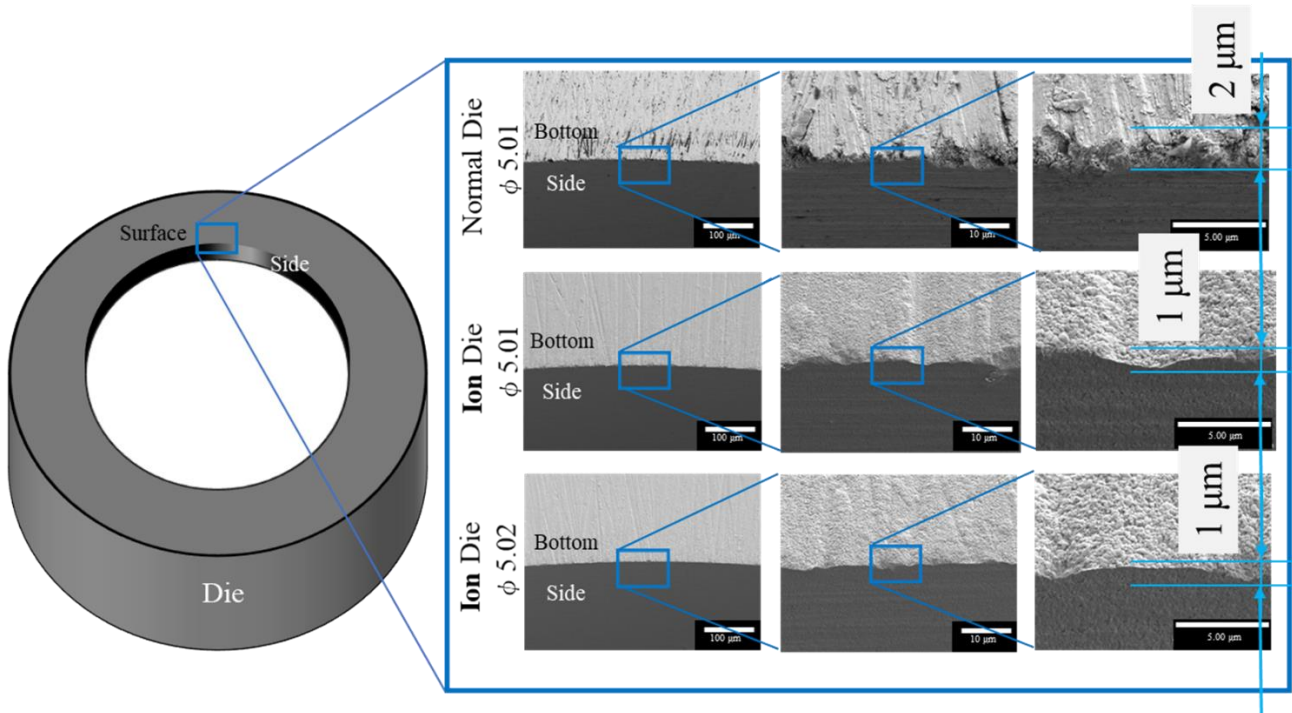


図4 ダイの仕上げ状態

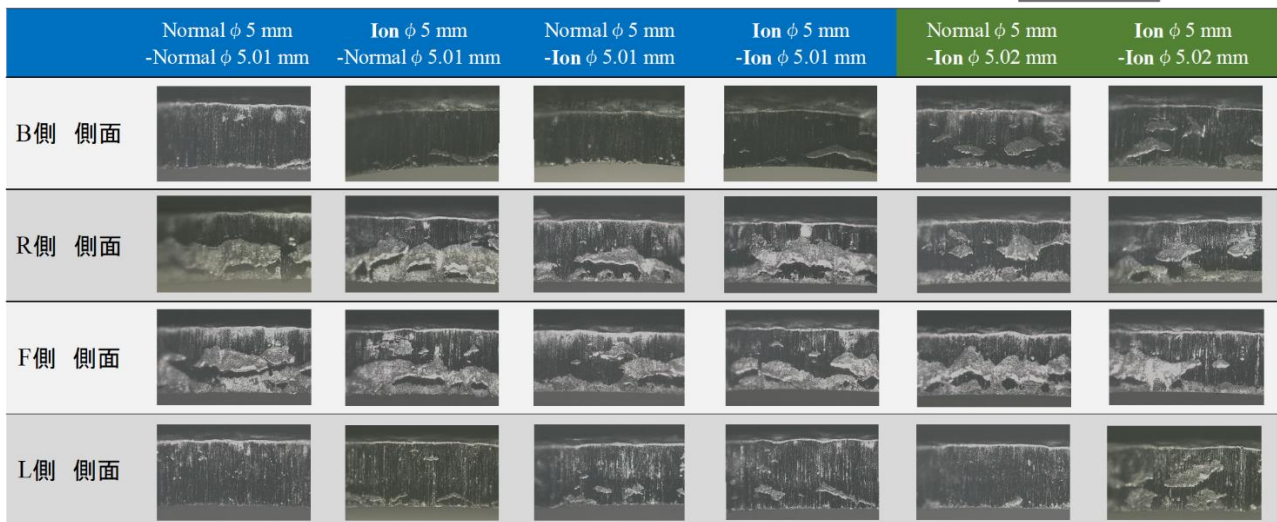
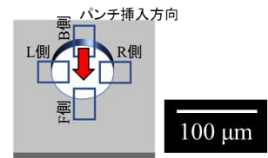


図5 穴の切り口面の観察結果

図6は研削仕上げ（Normal）のパンチとダイを用いてせん断加工した場合と、イオン研磨（Ion）した場合とで、穴の断面の硬度を比較した結果である。板厚比で30%、50%、100%の3段階から硬度の変化を把握した。この結果、特に Ion Punch×Ion Die の組み合わせでは、100%のせん断時に硬度がHV350以上となる部分は存在せず、加工硬化度が低くなることがわかった。このことはせん断時に加工硬化を抑えて加工影響範囲を限定しながらせん断加工が進むことを示す。今回の結果からはイオン研磨工具を無方向性電磁鋼板に展開すると加工硬化を抑制する効果が生まれると言える。

本研究により、無方向性電磁鋼板の鉄損抑止に向けてイオン研磨工具の有用性を基礎的に示した。

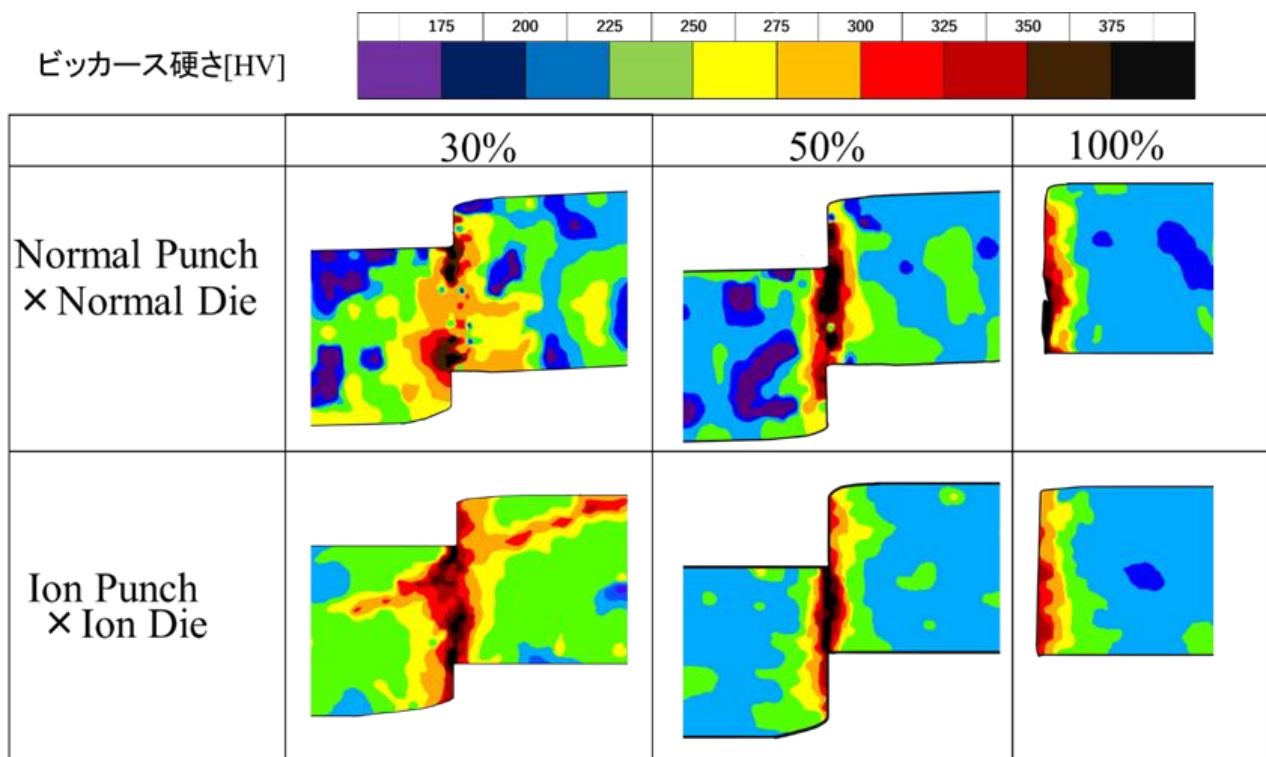


図6 工具仕上げ状態の違いによる加工硬化範囲の変化

<p>研究成果 発表状況</p>	<p><b>【雑誌論文、学会発表、図書、新聞掲載、作成 Web ページ、特許権等の出願・取得状況】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 準備中：塑性加工学会 塑性加工連合講演会 令和3年11月</li> <li>・ 論文：塑性加工学会 塑性と加工 令和3年11月</li> </ul>		
<p>経費の 執行状況</p>	<p style="text-align: center;">区 分</p> <p><b>【物品費】</b></p> <p>工具 ダイ 超硬パンチ パンチ 狭クリアランスせん断治具</p> <p>ロードセル 治具 工具 パンチ</p> <p style="text-align: right;">合計</p>	<p style="text-align: center;">執行額 (円)</p> <p style="text-align: right;">220,000 137,940 110,000 39,600 110,000  69,300 17,600 47,186 48,374</p> <p style="text-align: right;">800,000 円</p>	<p style="text-align: center;">備 考</p> <p>ナカヤマ精密(株) (株)ホクシン (株)小松精機工作所 (株)小松精機工作所 表面機能デザイン研究所 (同) 轟産業(株) ナカヤマ精密(株)</p> <p style="text-align: center;"><b>【執行予定】</b></p>