

研究ノート

レーザー微細加工を利用した難切削鋼の切削抵抗の低減

石川和昌*¹、河田圭一*¹

Reduction of Cutting Resistance of Difficult-to-cut Materials with Laser Micro Machining

Kazumasa ISHIKAWA*¹ and Keiichi KAWATA*¹Industrial Research Center*¹

難削材である純鉄について、その表面にレーザーによる微細な溝加工を施すことで、旋削加工時における切削抵抗の低減を目指した。レーザー加工により純鉄丸棒の長手方向に深さ約 20 μm の溝加工を行い、これを周方向に一定ピッチで施した結果、その切削抵抗は未処理と比較して約 35%低減した。また、周方向のレーザー加工ピッチを変えたときの切削抵抗の低減効果は同等であった。

1. はじめに

近年、環境やエネルギー問題への対策として自動車の電動化が急速に進んでいる。自動車の EV 化や FCV 化に伴い、従来とは異なる材料の加工が増加すると見込まれる。例として、油圧制御バルブ用の電磁鉄心となる純鉄や冷却水循環用のポンプシャフトとなる高炭素クロム鋼、ステンレス鋼などが挙げられる。切削加工において純鉄は柔らかく粘性があるため工具摩耗が増加し、高炭素クロム鋼やステンレス鋼は硬度が高くチッピングが発生し易いなどの課題がある。また、最終形状が小径部品となるため、旋削加工においては低速加工となり切削抵抗が大きくなるなど、加工が困難となっている。

本課題に対して、名古屋工業大学では被削材表面にあらかじめ規則正しいテクスチャを施すことで鋸刃状切りくずの生成を促進し、切削抵抗を低減させる研究¹⁾を進めている。また、経済産業省成長型中小企業等研究開発支援事業「サブナノ秒レーザーを用いた難切削鋼の切削性向上を図るレーザー援用切削加工技術および装置の研究開発」において企業、大学、当センターと連携して研究を実施している。

本報告では当センターで実施した、ナノ秒パルスレーザー加工機を用いた純鉄表面への微細加工と、レーザー加工材料の旋削加工における切削抵抗の低減について記す。

2. 実験方法

2.1 純鉄のレーザー微細加工と加工部の測定

供試材は $\phi 10.8\text{mm}$ の純鉄(ELCH2)を使用した。レーザー装置は波長 349nm、パルス幅 5ns のナノ秒パルスレーザー((株)東京インストルメンツ製 LSP-2MS-P(NL))を

使用した。レーザー加工の様子を図 1 に示す。レーザーは対物レンズを通して純鉄表面を焦点として照射し、X 軸ステージを用いて純鉄丸棒の長手方向にライン加工を行った。次に、回転ステージを横向きに設置し、純鉄丸棒を回転させ、周方向に一定間隔で上述のライン加工を行った。レーザー装置出口のビーム径は 0.15mm であり、ビームエキスパンダで 8 倍に拡大した後、10 倍(f 値 20mm)の対物レンズを用いて集光し、スポット径は約 7 μm となった。レーザーのパルスエネルギー、ショット間隔は表 1 とした。ショット間隔はレーザーの発振繰り返し周波数と X 軸ステージの送り速度から計算した。レーザー加工の周方向ピッチを 0.5mm、1mm とした 2 種類の試験片を作製した。

レーザー加工部はレーザー顕微鏡((株)島津製作所製ナノサーチ SFT-4500)を用いて計測を行い、加工部の幅と深さを測定した。

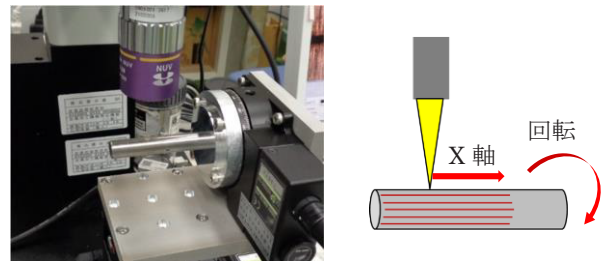


図 1 レーザ加工の様子

表 1 レーザ加工条件

パルスエネルギー	90 μJ
ショット間隔	1 μm
加工長さ (長手方向)	30mm
加工ピッチ (周方向)	0.5mm, 1mm

*1 産業技術センター 自動車・機械技術室

2.2 旋削加工と切削抵抗の測定

レーザ微細加工後の純鉄を使用して、旋削加工実験を行い、レーザ加工の有無による切削抵抗の変化を確認した。加工機は複合旋盤(オークマ(株)製 MULTUS B300)を使用した。使用した工具は表2に、旋削加工条件は表3に示す。初めにレーザ加工後の試験片の旋削加工を行い、その後同一箇所を未処理試験片として旋削加工を行い、レーザ加工有り無しとの切削抵抗比較を行った。切削抵抗は加工機の主軸回転時の電流値を測定し、測定データを切削抵抗に換算して評価を行った。各条件で3回実験を行い、平均値を求めた。

表2 使用工具

メーカー	三菱マテリアル
型番	DCGT11T302M-LS-P (MS6015)
母材	超硬
形状	55° 菱形
コーティング	TiCN 系積層コーティング

表3 旋削加工条件

切削速度	100m/min
切込み量	0.08mm
送り量	0.1mm/rev
切削油	水溶性切削液
加工長さ(長手方向)	30mm

3. 実験結果及び考察

3.1 純鉄のレーザ微細加工と加工部の測定

加工ピッチ 1mm でレーザ加工した試験片の幅と深さをレーザ顕微鏡で測定した結果を図2に示す。レーザ加工長さ 30mm の中央部を週方向 1 周分(360°)34 箇所測定した。測定結果からどの加工部も幅約 15 μm 、深さ約 20 μm となり安定してレーザ加工できていることが確認できた。

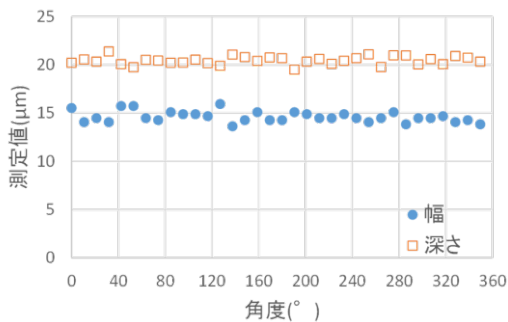


図2 加工部の測定結果

3.2 旋削加工と切削抵抗の測定

未処理試験片とレーザ加工試験片の切削抵抗(平均値、最大値・最小値)を図3に示す。レーザ加工を行うこと

で切削抵抗は約 35%減少した。一方、レーザ加工ピッチが 0.5mm と 1.0mm で同様の結果となり、加工溝数に比例して切削抵抗が低減するのではなく、あるピッチ以下で加工溝が存在することで切りくずのせん断が促進され切削抵抗が低減すると推察される。未処理とレーザ加工(加工ピッチ 1mm)の切りくず写真を図4に示す。未処理と比較してレーザ加工の切りくず長さが短いことから、レーザ加工溝により切りくず処理性が向上することが確認できた。加工ピッチ 0.5mm の切りくずも加工ピッチ 1mm と同様の状態であった。

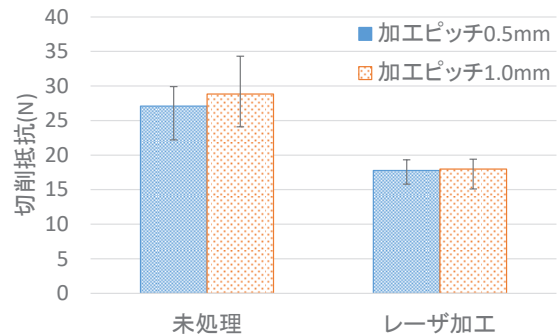
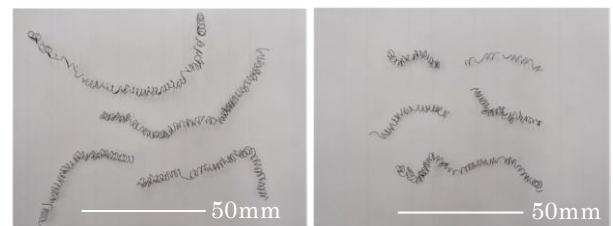


図3 切削抵抗測定結果



(a)未処理

(b)レーザ加工

図4 旋削加工後の切りくず

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) ナノ秒パルスレーザ加工により純鉄表面に深さ 20 μm の溝加工ができた。
- (2) レーザ加工溝の効果により未処理と比較して純鉄の切削抵抗は約 35%減少した。
- (3) レーザ加工ピッチ 0.5mm と 1mm で切削抵抗低減効果は同等であった。

付記

本研究は、経済産業省令和4年度成長型中小企業等研究開発支援事業 JPJ005698「サブナノ秒レーザを用いた難切削鋼の切削性向上を図るレーザ援用切削加工技術および装置の研究開発」で行った研究の一部である。

文献

- 1) 坂井亮太, 糸魚川文広, 二村友也: 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 183(2023)