

被削材のレーザー熱処理による切りくず処理性の改善

— 工具材種の影響 —

Improvement of chip controllability by laser heat treatment for work material

— Effect of cutting tool material —

金沢大学 ○田中隆太郎, 細川 晃, 上田 隆司, 古本 達明, 林 勇伝, 草野 岳彦

For the propose to improve the chip controllability in turning a carbon steel, the effect of laser heat treatment on work material surface to longitudinal direction on the chip form was investigated in turning with carbide P30, cermet tool and TiC-Al₂O₃ ceramics tool. In turning the work material after laser heat treatment under same radiation condition, in the case of carbide P30 and cermet tool, the chip was broken at the heat treated points. However, in the case of TiC-Al₂O₃ ceramic tool, the chip was not broken. In turning at lower cutting speed with breaker piece, the chip was broken even when the depth of cut was larger than the laser heat affected depth.

1. 緒 言

自動化された生産設備において、特に旋削加工において連続型切りくずを生成するような被削材を加工する場合、切りくずの処理性を重視する必要がある。切りくずを適度な長さで折断するためには、被削材中へ MnS や Pb などを介在させた快削鋼¹⁾やチップブレーカーの使用、加工の前処理として被削材の長手方向へ機械加工により溝を入れる方法²⁾などがあるが、用途や切削条件により適用に制限がある。

本研究では、半導体レーザーにより CNC 旋盤の機上でレーザーによる被削材 S45C の選択的な改質をおこない、超硬 P30 と、超硬よりも高速で安定した切削加工が可能であり、被削材との親和性が低いとされるサーメット工具および TiC-Al₂O₃ セラミック工具を用いた。工具材種が旋削加工における切りくず形態におよぼす影響を調べるとともに、切りくず折断メカニズムについても検討を行った。

2. 実験方法

図 1 に、切削実験の概略図を示す。CNC 旋盤のチャックにつかんだ炭素鋼 S45C(焼きならし)の丸棒の長手方向に半導体レーザー加工機を用いてライン状に選択的熱処理を行ったのち、外周旋削を行った。

表 1 に、レーザー照射条件を示す。レーザーの出力は 120W、走査速度 200mm/min、ジャストフォーカスとした。スポット形状は、長手方向に 2.5mm、円周方向に 0.1mm となっている。炭素鋼に対する半導体レーザー($\lambda: 808\text{nm}$)の吸収率はおおよそ 40%である³⁾。半導体レーザーが走査された S45C の熱影響部の最大幅はおおよそ 0.5mm、深さは 0.17mm である。

表 2 に、切削条件を示す。切削速度は、120~150mm/min、送り 0.15mm/rev の一定とし、切込みを 0.1mm~0.5mm の範囲で変化させた。工具は超硬 P30、サーメットおよび TiC-Al₂O₃ セラミックを用いた。工具の形状はいずれも SNMN120408 である。

3. 実験結果

図 2 に、長手方向へ 1 ライン走査した S45C を超硬 P30、TiC-Al₂O₃ セラミック工具を用いて切削速度 150m/min で旋削したときの切りくず形態を示す。サーメット工具については超硬 P30 とほぼ同じ傾向を示した。なお、レーザー熱処理なしでは、いずれの条件においても切りくずは折断されない。熱影響深さより浅い $d=0.1\text{mm}$ では、どの工具で切削した場合も、切りくずは被削材 1 回転相当に生成される長さで折断された。しかし、

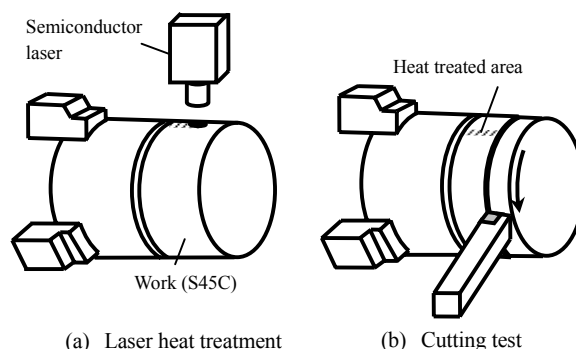


Fig. 1 Experimental set up

Table 1 Irradiation conditions

Laser:	Semiconductor laser (Wave length:808nm)
Laser power:	120W
Scan speed:	200mm/min
Spot size:	2.5mm×0.1mm

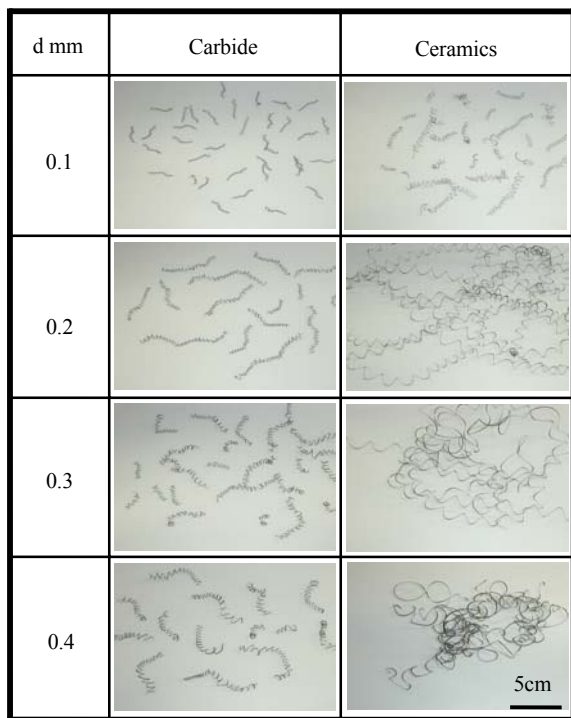
Table 2 Cutting conditions

Tool:	P30, cermet, TiC-Al ₂ O ₃ ceramics (SNMN120408)
Work:	S45C (annealed)
Cutting speed:	150m/min
Depth of cut:	0.1—0.5mm
Feed:	0.15mm/rev
Coolant:	dry

切込みが熱影響深さ以上になると、超硬 P30 では $d=0.4\text{mm}$ まで切りくずが折断されるが、セラミック工具では折断されない。

図 3 に、切削後の被削材の最大高さ粗さ R_z を示す。レーザー熱処理なしの被削材は、切込みが変化しても R_z はほとんど変化しない。レーザー熱処理後の被削材は、レーザー熱処理なし比べて R_z が減少しており、切込みが大きいほどその傾向が顕著である。また、鋼と親和性が低いとされる工具ほどその影響は小さい。

図 4 に、工具ホルダに取り付けた加速度ピックアップからの出力を示す。被削材が 1 回転するごとにパルス上の出力が観察されており、熱影響部を工具刃先が通過するときに微小な振動



$v=150\text{m/min}$, $f=0.15\text{mm/rev}$

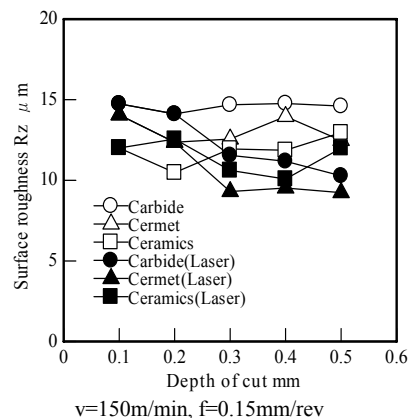
Fig.2 Chip forms in turning laser heat treated carbon steel

が生じていると考えられる。

切削抵抗, 切削温度は, レーザ熱処理後の被削材を切削した場合が若干低い値を示し, P30 における工具摩耗の形態と進行の程度はほぼ同程度であった⁴⁾。

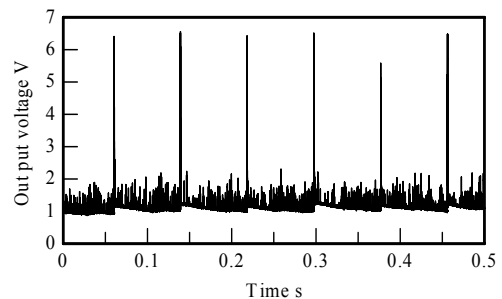
4. 考 察

これまでの結果から, 被削材へのレーザ熱処理が切りくずの折断にどのような影響をおよぼすかを検討する。レーザ熱処理された被削材を同一条件において切削すると, 超硬 P30, サーマットとセラミック工具では切りくずの折断性が異なることが明らかとなった。工具-被削材熱電対法により測定された切削温度は, 超硬 P30 と比べセラミック工具が 30°C 程度高いことから, その影響で切りくずが薄くなり, 折断されにくかった可能性がある。そこで, 切削速度を低くして切削を行った。超硬 P30, $v=150\text{m/min}$ とほぼ同じ切削温度となる切削速度 142m/min では $d=0.1\text{mm}$, さらに低速の 120m/min では $d=0.1, 0.2\text{mm}$ で折断された。そこでブレーカピース (CBS4N) を用いたところ, $v=150\text{m/min}$ においても $d=0.2\text{mm}$ まで切りくずが折断された。また, これより深い切込みにおいても, 切りくずが折断される場合もあることがわかった。このとき, 切りくずの厚さは, 切削速度が低いほど厚いことが確認された。これらの結果から, セラミック工具のように被削材と親和性が低い工具で切削すると, 切りくずも薄くカールも起こりにくいことから, 熱影響部を応力集中源として切りくずを折断するのに必要な力が得られないため切りくずが折断されにくいと考えられる。切りくずがカールしにくい場合は, 切削速度を低くして切りくず厚さを増加させ, ブレーカピースを用いて強制的に変位を与えることが有効であることがわかる。



$v=150\text{m/min}$, $f=0.15\text{mm/rev}$

Fig.3 Influence of laser heat treatment for work material on the surface roughness



$v=150\text{m/min}$ (760rpm), $d=0.3\text{mm}$, $f=0.15\text{mm/rev}$

Fig.4 Output voltage from acceleration pickup in turning laser heat treated work material

5. 結 論

炭素鋼 S45C の表面に CNC 旋盤上で半導体レーザを用いて選択的な熱処理を行い, 超硬 P30, サーマット工具およびセラミック工具を用いて旋削加工を行い, 切りくず処理性へ及ぼす影響について検討し, 以下の結論を得た。

- 1) 切削前の被削材の長手方向へレーザを走査し, 選択的に熱処理を行うことで, 切りくずを適度な長さで折断することができる。
- 2) 切りくず形態は工具材種の影響を受け, 被削材と親和性が低いとされる工具ほど切りくずが薄く折断されにくい。
- 3) ブレーカピースを使用することで, より広い切削条件において切りくずを折断できる。
- 4) レーザ熱処理後の被削材は, レーザ熱処理なし比べて Rz が減少しており, 切込みが大きいほどその傾向が顕著である

謝 辞

本研究を遂行するにあたり多大なご支援をいただいた JFE 条鋼に対し記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 中島利勝, 鳴瀧則彦: 機械加工学, コロナ社 (1983) 108.
- 2) 中山一雄, 上原邦雄: 新版機械加工, 朝倉書店 (1997) 89.
- 3) 新井武二: はじめてのレーザプロセス, 工業調査会 (2004) 93.
- 4) 田中隆太郎, 林 勇伝, 田邊一真, 上田隆司, 細川 晃: レーザ熱処理による切りくず処理性に関する基礎的研究, 精密工学会誌, 73 巻 9 号 (2007) 1025-1029.