

補助事業番号 2019M-108

補助事業名 2019年度 レーザー誘起プラズマによる鉄鋼材料表面への選択的窒化処理技術の開発補助事業

補助事業者名 北見工業大学 大津直史

## 1 研究の概要

パルスレーザーを集光して固体表面に照射すると、照射部位近傍にてレーザー衝撃誘起によるプラズマが発生する。本研究ではこの現象を活用すると、鉄鋼材料表面を選択的に窒化することが出来、任意部位の表面硬さを2倍程度向上できることを明らかにした。

## 2 研究の目的と背景

鉄鋼材料の窒化処理は、表面に窒化物層を形成することで耐磨耗性、耐食性、耐熱性などを著しく向上出来ることから金属製機械部品長寿命化のための表面処理として広く利用されているが、既存技術では、特定部位を選択的に窒化処理することはできないうえ、対象物を処理装置に搬送することが必要である。従って既存技術は、実装済みの機械部品の部分的補修には応用できない。パルスレーザーを集光して固体表面に照射すると、比較的低いレーザー出力であっても、照射部位近傍にて、レーザー衝撃誘起によるプラズマが発生することが知られている。本研究では、この現象を応用し、鉄鋼材料表面部位に限局的プラズマを発生させ、任意の材料部位を選択的に表面硬化できるプロセスを開発し、ロボットアームを用いた産業用技術へと展開する道筋を拓く。

## 3 研究内容

レーザー誘起プラズマによる鉄鋼材料表面への選択的窒化処理技術の開発

(<http://www.mtrl.kitami-it.ac.jp/~ohtsu/research.html>)

最初に、Nd:YAGレーザー装置をベースにして、鉄鋼表面を選択的に窒化する処理装置を構築した(図1)。この装置を用いて、種々圧力の窒素雰囲気(1~100 kPa)を作り出し、その中に鉄鋼材料を置き、レーザー出力(1~250 mJ/pulse)およびパルス照射回数(1~100回)の範囲内の種々条件を用いて、鉄鋼材料にレーザー窒化処理をおこなった。

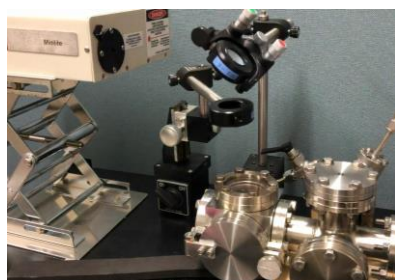


図1 構築したレーザー窒化装置

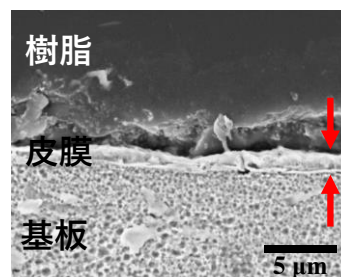


図2 レーザー処理した鉄鋼断面

形成した皮膜をX線光電子分光法で測定したところ、窒素ガス圧100 kPaのときに窒化皮膜が形成し、その主成分はFe<sub>4</sub>Nから成ることが明らかとなった。さらにその皮膜膜厚はレーザー出力および照射回数に応じて増大し、出力200 mJ/pulse及び照射回数5回のときに最大値となることが明らかとなった。この最適条件下におけるレーザー処理鉄鋼材料の断面を走査型電子顕微鏡で観察すると、形成した皮膜の膜厚は、およそ1マイクロメートルであることがわかり（図2）、さらにマイクロビッカース硬度計で硬さを測定すると、レーザー処理を施工した場合、その表面は2倍程度硬くなることが明らかとなった

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究により、「汎用レーザー照射装置から発せられるレーザービームを、鉄鋼材料表面に照射することで、その部位のみに窒化物被膜を形成し表面の硬さを向上できる」ことが明らかとなった。このプロセスはさらに研究を重ねることで、ものづくりの現場で用いるロボットアーム等に容易に組み込むことができるようになる。金属製品加工の現場で応用性が高い新しい表面処理プロセスとして、機械部品の長寿命化や補修に資する産業技術として実社会に活かすことができる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

レーザー照射による表面窒化はこれまでも取り組んできた研究課題であったが、チタン系材料に対する研究歴しかなく、鉄鋼材料への挑戦は本研究が初めてであった。補助金事業を通じて、鉄鋼材料に対してもレーザー照射で窒化皮膜が形成できるが、その形成はチタンと比較して困難であり、これはチタンと鉄鋼の物性値におおきく依存していることを知ることができた。今回の研究はこれまでの実施してきたレーザー窒化研究をさらに発展させ、汎用性の高い処理として成熟させるためのおおきな知見を得るものであった。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

発表論文:

K. Takiguchi, K. Miura, N. Ohtsu, XPS study of a laser-nitrided iron surface using a focused pulsed Nd:YAG laser under various conditions, Surface and Interface Analysis (Major Revision)

知財:

特許申請準備中(2020年6月に機関内審査委員会にて審査予定)

#### 7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 北見工業大学工学部（キタミコウギョウダイガクコウガクブ）

住 所： 〒090-8507

北海道北見市公園町165番地

担 当 者： 教授 大津 直史（オオツ ナオフミ）

担 当 部 署： 医療材料研究室（イリヨウザイリヨウケンキュウシツ）

E - m a i l: [nohtsu@mail.kitami-it.ac.jp](mailto:nohtsu@mail.kitami-it.ac.jp)

U R L: <http://www.mtrl.kitami-it.ac.jp/~ohtsu/index.html>