

## 磁気を利用したチタン板の鏡面研磨

安斎正博\*・遠藤博司\*<sup>2</sup>・須藤 亨\*<sup>3</sup>・中川威雄\*

## Magnetic Finishing of Titanium Sheet

Masahiro ANZAI, Hiroshi ENDO, Toru SUDO and Takeo NAKAGAWA

## 1. はじめに

著者らは磁石を利用した磁気研磨による金型の最終磨き工程の自動化について検討している<sup>1)2)</sup>。この際研磨する材料は鉄鋼などの磁性材が効率良く研磨できる。それは、ワークが研磨工具（電磁石中の鉄芯）により磁化されて、ワーク側の磁力によって砥粒が吸引され、この吸引力が加工圧となるためである。また、この加工法では切削や研削と異なり、工具とワーク間に数 mm の間隙が許され、この間隙に砥粒が充填され、砥粒は多少凹凸のあるワークでもその形状に追従して研磨することができ、その結果研磨できる形状に制約がほとんど無い。

磁気研磨法による非磁性材の研磨については、進村らが SUS304 ステンレス鋼板およびステンレス鋼サニタリー管を被研磨材として検討している<sup>3)4)</sup>。ここでは市販の鉄とアルミナの焼結体を研磨用砥粒として用いており、Ti 板への磁気研磨法の応用も試みられていない。

本研究では磁気研磨法の持つ優れた性質を非磁性材にも活用すべく、独自に開発した磁性砥粉によって比較的研磨が困難といわれている純 Ti 薄板を被研磨材に用いた場合の磁気研磨法による基礎的な Ti の研磨特性について調査した結果について報告する。

## 2. 実験装置と方法

## 2.1 磁気研磨法

Fig. 1 に、磁気研磨装置の概略を示す。この装置の基本構成は工作機械、電磁石、鉄芯および磁性砥粒から成っている。Ti 薄板の下方に鉄板あるいは永久磁石を置いて、磁石に吸引される磁性砥粒を下方から吸引して加工圧を与えて研磨するものである。今回は、先端がフラットな  $\phi 20$  mm のスリット入り鉄芯を用いて研磨した。

## 2.2 磁気研磨用砥粒

Ti 板研磨にはカーボニル鉄粉と SiC whisker を原料としてメカニカルアロイング法を利用して新たに開発した磁性砥粒を実験に供した<sup>5)</sup>。Ti 板の研磨ではこの砥粒が予備実験の結果最も良好な研磨特性を示した。Photo. 1 に、用いた磁性砥粒の外観を示す。

## 3. 実験結果と考察

Fig. 2 に、Ti 板厚の増加に伴う研磨量と Ti 板直上の磁束密度変化を示す。なお、Ti 板は S55C 材の上に

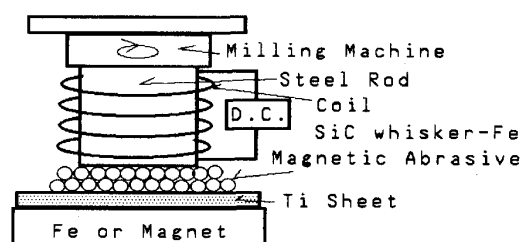


Fig. 1. Outline of magnetic finishing apparatus.

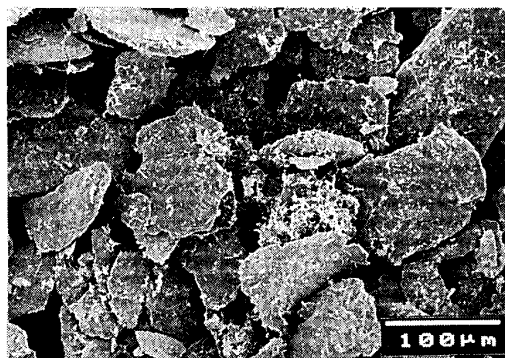


Photo. 1. SEM image of SiC whisker-Fe magnetic abrasive made by mechanical alloying.

平成 3 年 4 月本会講演大会にて発表 平成 3 年 4 月 23 日受付 (Received Apr. 23, 1991)

\* 東京大学生産技術研究所 工博 (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 7-22-1 Roppongi Minato-ku, Tokyo 106)

\*<sup>2</sup> 大同特殊鋼(株)新素材研究所 (New Materials Research Laboratory, Daido Steel Co., Ltd.)\*<sup>3</sup> 東京大学生産技術研究所 (スタンレー電気(株)) (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo)

Key words : magnetic finishing; magnetic abrasive; magnet; surface roughness; Ti sheet.

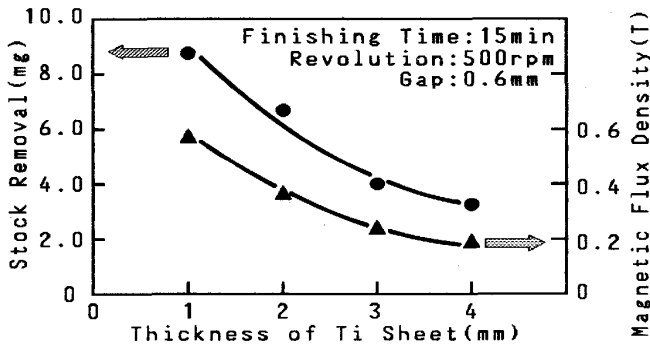


Fig. 2. Effect of thickness of Ti on stock removal and magnetic flux density.

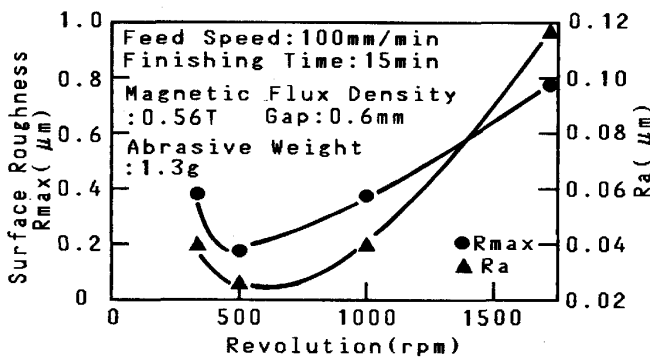
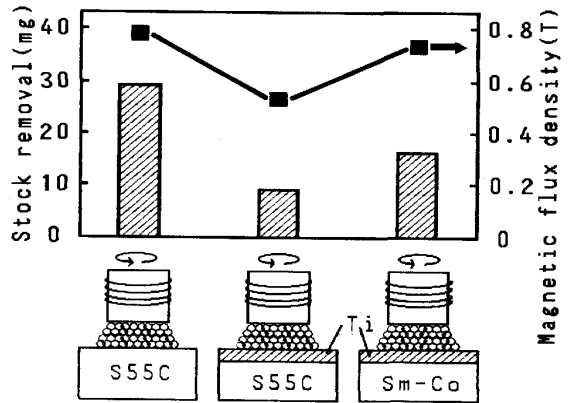


Fig. 3. Effect of revolution on surface roughness  $R_{max}$  and  $R_a$ .

両面テープで張り付けて固定した。板厚の増大に伴い磁束密度は低下しており、これと研磨量は正の相関を示す。板厚を増加させた場合に磁束密度を上げて研磨量を増大させるためには、磁石の磁力すなわち電流を増加させるか、後述するように、Ti の下方に磁石を置くかのごとくお考えられ、実際これらの方法で研磨量を増加させるのは可能だが、ある程度の厚さ以上では限界があり、効率良く研磨するには板厚が薄いほど良い。

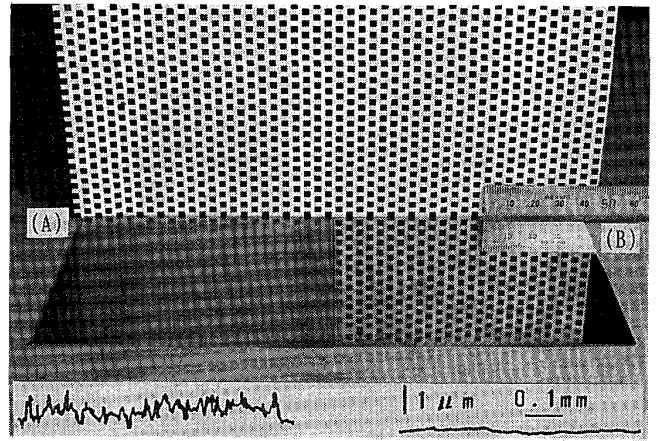
Fig. 3 に、研磨工具（フライス盤）の回転数と表面粗さの関係を示す。なお、gap : 0.6 mm は予備実験で得られた最適な値であり、また、回転数と研磨量は一般的には高回転数側で研磨効率が低下するものの正の相関関係を有している。表面粗さは 500 rpm で最小値を呈し、それよりも低回転側および高回転側で粗さが増大している。低回転側では研磨量が少ないために研磨前の粗さが残っていたため、また、高回転側では過度の研磨による研磨面の荒れ等が表面粗さを増大させた主な原因であると考えられる。また、試料に送り速度を与えないで研磨した場合は、ワークがドーナツ状に研磨されるため送った際に比して表面性状が悪くなる。

Fig. 4 に、研磨形式の違いによる研磨量と磁束密度の変化を示す。左は被研磨材が S55C、中央は Ti 板の下方に S55C を、右は Ti 板の下方に Sm-Co 永久磁石を



Finishing conditions  
 Revolution: 500 rpm Finishing time: 15 min  
 Electric current: 0.6 A Gap: 0.6 mm  
 Abrasive weight: 1.3 g

Fig. 4. Stock removal and magnetic flux density in dependence on finishing style.



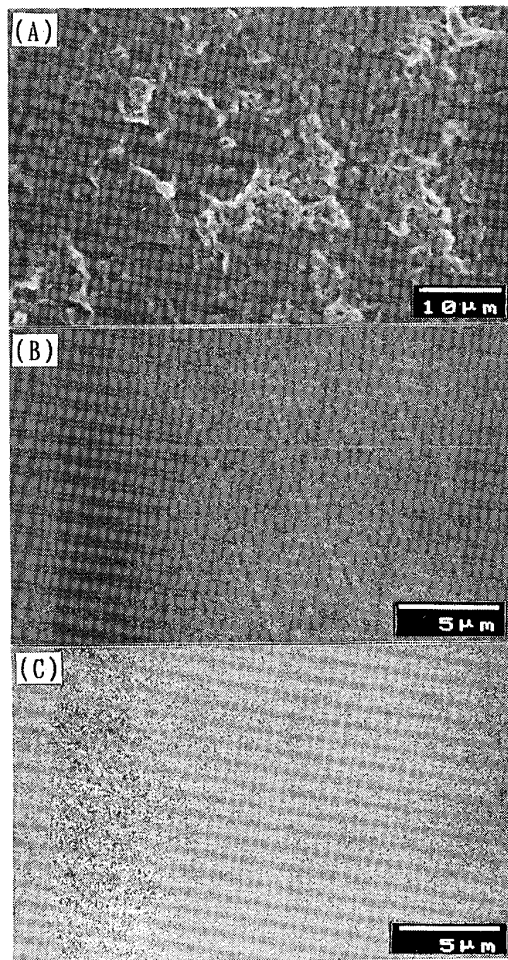
(A) As fabrication (B) After finishing

Photo. 2. External appearance of Ti sheets and its surface roughness profiles.

置いた場合である。Sm-Co 永久磁石を Ti 板の下方に設置することで磁束密度が高くなり、S55C を置いた場合に比して研磨量が増大している。しかし、下方の磁力の方が工具側より高い場合、磁性砥粒が高磁束側により強固に吸引されて保持されることによって工具側が研磨されることになるので、Ti 板下方の磁束密度は上方より低い必要がある。

Photo. 2 に研磨前後のサンプルとその粗さプロフィールを示す。研磨は最小粗さが得られた Fig. 3 の場合の研磨条件に準じた。この場合使用した研磨工具は先端が R8 の球状で、これを 0.2 mm ピッチで送った。研磨後のサンプルは鏡面を呈しており、研磨前の表面粗さ約  $1 \mu m R_{max}$  が  $0.3 \mu m R_{max}$  に減少した。

Photo. 3 に研磨前 (A)、Photo. 2 の場合と同一の条件で研磨 (B)、鉄粉とダイヤモンドペースト (#1400) の混合磁性砥粒によって研磨したそれぞれの Ti 板表



(A) As fabrication(1 μmR<sub>max</sub>)  
 (B) Finished by SiC whisker-Fe abrasive(0.3 μmR<sub>max</sub>)  
 (C) Finished by diamond paste+Fe abrasive(0.1 μmR<sub>max</sub>)  
 Photo. 3. SEM images of Ti sheets surface.

面の SEM 写真を示す。それぞれの表面粗さは、約 1 μmR<sub>max</sub>、0.3 μmR<sub>max</sub> および 0.1 μmR<sub>max</sub> である。研磨によって表面性状が良好に変化しているのが分かる。特に、(C) については現在詳細を検討中であるが、磁性砥粒の発展次第で研磨面の粗さを大きく改善できることが予想される。なお、これら以外の砥粒例えば鉄と研磨材が強固に結合した複合体で研磨した場合は、鋼などの研磨に比して Ti は良好に研磨できない。これは研磨直後の活性な Ti 表面と砥粒を構成する鉄との相互作用によるものと思われ、Ti は鋼などに比してかなり研磨しにくい材料であるといえる。したがって、Ti のように活性で加工しにくい材料の磁気研磨では、鉄が Ti と直後接触せず (whisker は比較的短時間に脱落してフリーになり鉄粉に押しえつけられた状態で Ti を研磨する)

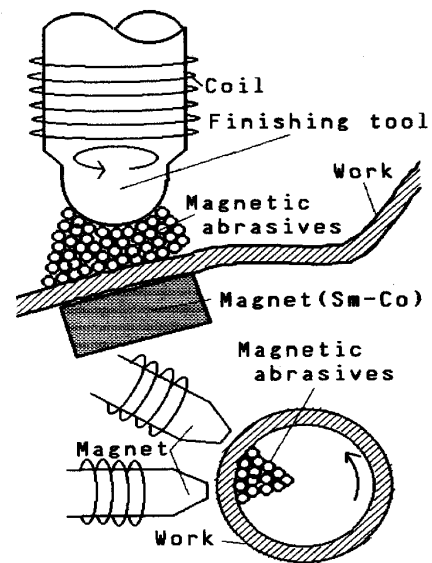


Fig. 5. Application of magnetic finishing for various shape work.

研磨材を押しえつけて加工圧を発生させるような砥粒を用いるのがベターであると考えられる。

#### 4. おわりに

磁気研磨法による純 Ti 薄板の鏡面仕上げについて言及した。メカニカルアロイング法により作製した Fe-SiC whisker 系磁性砥粒を用いて表面粗さが 1 μmR<sub>max</sub> の Ti 板表面を 0.3 μmR<sub>max</sub> に減少できることが明らかになった。さらに、磁性砥粒を工夫することで 0.1 μmR<sub>max</sub> まで減少できることも可能であった。また、今回は平板を研磨したが、Fig. 5 に示すように磁石を配置することにより曲面、異形あるいはパイプ等へも容易に応用できるものと思われる。

おわりに、実験を遂行するに当たり便宜を図っていただいた大同特殊鋼(株)、東海カーボン(株)に深謝します。

#### 文 献

- 1) 安斎正博, 真崎浩一, 中川威雄: 砥粒加工学会誌, **33** (1989) 4, p. 33
- 2) 真崎浩一, 安斎正博, 中川威雄: 精密工学会誌, **56** (1990), p. 935
- 3) 進村武男: 精密工学会誌, **53** (1987), p. 1440
- 4) 進村武男, 会沢利夫: 精密工学会誌, **54** (1988), p. 767
- 5) 安斎正博, 須藤 亨, 遠藤博司, 大滝久規, 中川威雄: 粉体および粉末, **38** (1991), p. 55