

ワイヤブラッシングを施した Mg 合金の組織と力学特性

○津志田雅之^{A)}，北原弘基^{B)}，安藤新二^{2 C)}

^{A)} 熊本大学工学部 技術部

^{B)} 熊本大学大学院自然科学研究科

^{C)} 熊本大学先進マグネシウム国際研究センター

概要

ハンドグライダを用いて手動で行うワイヤブラッシング表層強加工を計装化（押し付け荷重や送り速度を制御）し、AZ31B Mg 合金の圧延材にワイヤブラッシング表層強加工を施した。そして、その加工組織と力学特性の評価を行った。ワイヤブラッシングを施した材料には、等軸粒のナノ結晶からなる表層ナノ結晶層が観察された。ナノ結晶層の厚みは加工条件により変化し、その最小平均結晶粒径は 68.2nm であった。結晶粒径はワイヤブラッシングの押し付け荷重ではなく、送り速度に大きく依存した。さらに、ワイヤブラッシング加工を施した材料は、0.2%耐力と引張強度が上昇した。

1 背景

近年、構造用金属材料の更なる高強度化を目的として、平均結晶粒径を1 μ m以下に微細化する結晶粒超微細粒化の研究が盛んに行われている。ECAP（Equal Channel Angular Pressing）、ARB（Accumulative Roll Bonding）、多軸圧縮などの強加工は、相当ひずみ(ϵ)4.0以上の大きなひずみを金属材料に与え、結晶粒を微細化させる方法である。これらの方法では、一般に、100nm前後までの結晶粒超微細化が可能である。一方で、試料全体の結晶粒を微細化させるわけではなく、試料表層の結晶粒のみを100nm以下にナノ結晶化させる表層強加工の研究も進められている。表層強加工は、材料表面のみに強加工を付与するプロセスであり、代表的なものに鋼球もしくはセラミックス球を材料表面に高速で衝突させ、表層にナノ結晶の形成を行うとともに、圧縮残留応力を付与する表面改質法であるショットピーニングが挙げられる。

上述のようなECAP、ARB、多軸圧縮およびショットピーニングでは、特別の装置や大型の設備、また多大なエネルギーコストが必要である。そこで、特別な装置を必要とせず、簡易に表層ナノ結晶材料を作製する方法として、ワイヤブラッシングを用いた表層強加工が提案されている^[1]。この方法は、ハンドグラインダにより鋼線を束ねたワイヤブラシを高速で回転させ、材料表面に押し当てることで、表層強加工を行う方法である。このワイヤブラッシングにより、種々の金属材料において、表層部にナノ結晶が得られることが明らかになっている^[1]。しかしながら、ハンドグラインダは、手動での操作のため、試料にかかる荷重や送り速度等が不明である。そこで本研究では、ワイヤブラッシングを用いた表層強加工の計装化を行い、ワイヤブラッシングを施した試料の加工組織と力学特性について調査した。

2 ワイヤブラッシングの計装化

ワイヤブラッシングを計装化するために、フライス盤を改良しワイヤブラッシング装置の開発を行った。図 1 に、フライス盤を用いたワイヤブラッシング装置の構成を示す。フライス盤の主軸にカップ型ワイヤブラシを取り付け、テーブルにロードセル用の固定治具、ロードセル、試料固定治具および試料を固定した。

回転したワイヤブラシを試料に押し当て、ワイヤブラシを移動させることで表層強加工を行った。試料への押し付け荷重はロードセルにより測定し、動ひずみ計を通してデータロガーで記録した。

3 実験方法

試料は、厚さ 1mm の AZ31B Mg 合金の圧延材を用い、これを出発材とした。ワイヤブラッシング表層強加工は、ワイヤブラシの回転数を 2120rpm とし、2 種類の送り速度と押し付け荷重により、表 1 に示す条件で実施した。ワイヤブラッシングを施した試料の組織は、TEM により観察した。TEM サンプルは FIB により準備した。また、力学特性の調査として、引張試験を行った。引張試験は、試験片の両面にワイヤブラッシングを施し、初期ひずみ速度 8.4×10^{-4} の条件で実施した。

4 実験結果

TEM による組織観察の結果、ワイヤブラッシング材は、すべての加工条件において、等軸粒のナノ結晶から成る表層ナノ結晶層が観察された。表 2 にワイヤブラッシング材における表層ナノ結晶層の平均結晶粒径と厚みを示す。平均結晶粒径は、表層から $3\mu\text{m}$ までの間で測定した。この結果から、結晶粒径はワイヤブラッシングの押し付け荷重ではなく、送り速度に依存することが分かった。

図 2 に出発材とワイヤブラッシング材の応力-ひずみ曲線を示す。出発材と比較してワイヤブラッシング材は、伸びは減少したが、3-L を除き 0.2% 耐力および引張強度は上昇した。この結果は、ワイヤブラッシングにより形成した $3\sim 5\mu\text{m}$ のナノ結晶層が、1mm の厚みの試験片の引張特性に影響を与えたと考えられる。

5 まとめ

AZ31B Mg 合金圧延材に計装化したワイヤブラッシングを施し、組織と力学特性について調査を行った。ワイヤブラッシング材は、等軸粒のナノ結晶から成るナノ結晶層を形成し、0.2% 耐力と引張強度が上昇した。

6 参考文献

[1] M.Sato, N. Tsuji, Y. Minamino and Y. Koizumi, Sci. Tech. Adv. Mater. 5 (2004) 145-152.

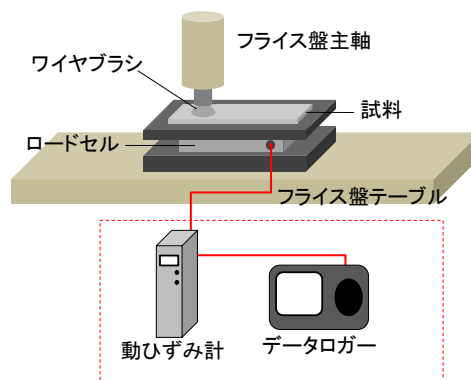


図 1 ワイヤブラッシング装置の構成

表 1 ワイヤブラッシングの加工条件

試料	押し付け荷重 [kgf]	送り速度 [mm/min]	回転速度 [rpm]
1-H	1	248 (High speed)	2120
3-H	3		
1-L	1	35 (Low speed)	
3-L	3		

表 2 ワイヤブラッシング材の表層ナノ結晶層の平均結晶粒径と厚み

	1-H	3-H	1-L	3-L
平均結晶粒径 [μm] (表層 $\sim 3\mu\text{m}$ の深さ)	86.4	87.9	68.2	72.2
表層ナノ結晶層の厚み [μm]	5	3	3	5

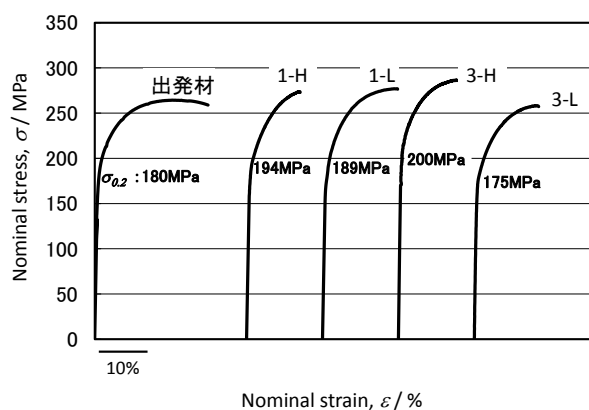


図 2 出発材とワイヤブラッシング材の応力-ひずみ曲線