

Title	真空紫外光を用いた銅の超平滑化技術の開発
Author(s)	桐野, 宙治
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2818
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	桐野宙治
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 25493 号
学位授与年月日	平成24年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	真空紫外光を用いた銅の超平滑化技術の開発
論文審査委員	(主査) 教授 榎本 俊之 (副査) 教授 高谷 裕浩 准教授 藤原 順介 准教授 山村 和也

論文内容の要旨

本論文では、銅の超平滑化技術として、高エネルギーの紫外線である真空紫外光照射を用いた超精密研磨法について研究した。工作物の被研磨面にin-situで真空紫外光を照射しながら、加工液に純水や電解水を用いた砥粒フリー研磨を行うことで、無酸素銅表面の1 nm Ra以下の超平滑化が可能となった。この手法は光と水だけで加工する、環境負荷の限りなく少ない超平滑化手法である。以下に各章で得られた結論を要約する。

第1章では、本論文の背景や超平滑化技術に関する既往の研究についてまとめ、その課題を明確にしたうえで、本研究の目的を明らかにした。

第2章では、無酸素銅へ真空紫外光照射を行い、表面改質や溶解促進など照射効果による光化学反応を確認した後に、真空紫外光照射と硬質の研磨パッドを用いた研磨実験を行った。その結果、溶解領域で加工が行われる電解酸性水を加工液に用いることで、照射効果による溶解反応の促進と機械的研磨の相互作用にて、砥粒フリーで研磨が行えることが明らかになった。

第3章では、超平滑化を目的として、真空紫外光照射と仕上げ用の軟質研磨パッドを用いた研磨実験を行った。その結果、加工液に純水および電解水を用いて0.7 nm Ra以下の超平滑面が得られることが分かった。この平滑化は真空紫外光の照射効果によって表面に強固に形成された不動態皮膜が、パッドでの機械的摩擦が多く発生する凸部で優先的に除去されることで進展すると推測された。

第4章では、この真空紫外光を用いた砥粒フリー研磨法を、砥粒を用いたCu-CMP技術と組み合わせることで、無酸素銅の圧延材を700x500 μmの広い範囲内において、1 nm Ra以下の超平坦および超平滑に仕上げる加工プロセスを開発した。

第5章では、真空紫外光照射を用いた銅の仕上げ研磨における酸化還元反応に着目し、加工液にナノバブル水を適用することで、pHと酸化還元電位の異なる条件で研磨実験を行った。その結果、アルカリ性および酸化作用を持つ加工液と、真空紫外光照射による強力な酸化作用が必要となることを実験結果から明らかにした。仕上げ研磨における真空紫外光の照射効果は、溶解促進作用よりも、不動態化の促進といった溶解の抑制作用が効果的となると推察された。

以上のように、表面が軟質であり化学的に不安定な銅を、真空紫外光照射を用いた超精密研磨を行うことで、超平坦かつ超平滑に仕上げる加工技術が開発された。

論文審査の結果の要旨

本論文は、銅の超平滑化技術として高エネルギーの紫外線である真空紫外光照射を用いた超精密研磨法について研究したものである。工作物の被研磨面に in-situ で真空紫外光を照射しながら、加工液に純水や電解水を用いた砥粒フリー研磨を行うことで、無酸素銅を 1 nm Ra 以下の超平滑面に仕上げることを目標とした。この手法は光と水だけで加工する、環境負荷の限りなく少ない超平滑化手法である。以下に各章での内容を説明する。

第 1 章では、はじめに金属材料の超平滑化が求められている背景と真空紫外光の特性について説明し、既往の研究として、これまでに行われている硬脆材料と金属材料の超平滑化、および紫外光を利用した平滑化技術について触れ、銅の平滑化における問題点を明らかにしたうえで、本論文の目的が述べられている。

第 2 章では、真空紫外光照射を用いた銅の平滑化の基礎的検討が行われた。はじめに、工作物となる無酸素銅へ真空紫外光の照射を行い、表面改質や溶解反応の促進など光化学反応が確認された。次に、砥粒フリー研磨を目的として、新たに開発した研磨装置を用いて in-situ での真空紫外光照射を適用した研磨実験が行われた。その結果、溶解領域で加工が行われる電解酸性水を加工液に用いることで、照射効果による溶解反応の促進と機械的研磨の相互作用にて、砥粒フリーで研磨が行えることが明らかにされている。

第 3 章では、超平滑化を目的として、同様に in-situ での真空紫外光照射と仕上げ用の軟質研磨パッドを用いた研磨実験が行われた。その結果、加工液に純水および電解水を用いて 0.7 nm Ra 以下の超平滑面が得られることが示された。この平滑化はオゾンの生成など真空紫外光の照射効果によって、表面に強固に形成された不動態皮膜が、パッドでの機械的摩擦が多く発生する凸部で優先的に除去されることで進展すると推測されている。

第 4 章では、この真空紫外光を用いた砥粒フリー研磨法を、砥粒を用いた Cu-CMP 技術と組み合わせることで、無酸素銅の圧延材を 700x500 μm の広い範囲内において、1nm Ra 以下の超平坦および超平滑に仕上げる加工プロセスが開発されている。

第 5 章では、真空紫外光照射を用いた銅の仕上げ研磨における酸化還元反応に着目し、加工液にナノバブル水を適用することで、pH と酸化還元電位の異なる条件での研磨実験が行われた。その結果、アルカリ性および酸化作用を持つ加工液と、真空紫外光照射による強力な酸化作用が必要となることが実験結果から明らかにされた。仕上げ研磨における真空紫外光の照射効果は、溶解促進作用よりも、不動態化の促進といった溶解の抑制作用が効果的となると推察されている。

以上のように、表面が軟質であり化学的に不安定な銅を、真空紫外光照射を用いた超精密研磨を行うことで、超平坦かつ超平滑に仕上げる加工技術が開発されている。

以上のように、本論文は紫外光を用いた砥粒フリー研磨加工法という独創的な加工法を提案し、その加工原理にはじまり、最終的には銅を表面粗さ 1nmRa 以下の超平滑面に仕上げられることを明らかにしている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。