

氏名	勝田 智宣
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第4006号
学位授与の日付	平成21年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	特殊加工法による鏡面創成に関する研究
論文審査委員	教授 宇野 義幸 教授 塚本 眞也 教授 藤井 正浩

学位論文内容の要旨

現在、多くの分野において研磨加工が利用され、光学素子や金型等に鏡面を付加している。研磨加工には、人による手磨きだけでなく、研削加工やホーニング加工、ラップ加工、ポリッシュ加工、バレル加工といった機械による方法も開発されている。これらの機械的研磨法は、比較的平坦な面を効率的に仕上げる点では有効であるが、複雑な形状に対応することは非常に困難である。そのため、微細な金型や複雑形状を有する部品には、現在でも人による手磨きが重要な作業として行われている。しかしながら、手磨きによる研磨加工は特殊技能や研磨時間を要すことや、研磨むらによって形状精度が低下するという大きな問題がある。一方、光学部品や医療用インプラント部品は、仕上げ面の品質が部品の性能に大きく影響を及ぼすことから、高品位の鏡面創成を実現するために様々な手法が試みられている。本論文ではこのような背景の中で、高品位かつ高精度な鏡面創成を目的として、単結晶ダイヤモンド工具と超精密旋盤を用いた超精密切削加工技術による光学部品の鏡面創成に関する2つのテーマと、大面積電子ビーム装置を用いた生体用金属の鏡面創成に関するテーマについて検討している。

超精密切削加工技術による鏡面創成に関するテーマの一つ目は、全周撮像装置(ODV)の光学部品の小型化についてである。ODVは、2種類のミラーとレンズによって、歪みのない180°の視野を確保することが可能であり、φ40-100mmサイズのODVは監視カメラ等に用いられている。このODVの小型化において、ミラーの加工の際に発生する歪みを抑制可能な加工条件や治具を検討した。その結果、アルミニウム合金を被削材としたφ18.5mm ODV用の高精度なφ15mmの主鏡とφ5mmの副鏡が作製できた。また、これらのミラーを組み込んだ小型ODVにおいては、要求される視野角を確保するとともに鮮明な画像を得ることができた。

もう一つの超精密切削加工技術を活用したテーマは、素粒子望遠鏡Ashraの光学部品の鏡面加工についてである。本観測には、高精度の大型球面ミラーや非球面補正レンズが必要である。これらの要求に対して、超精密旋盤の加工最大径である、実機の1/3スケールとなる大型球面ミラーと非球面補正レンズの試作を行った。反射率や透過率、屈折率といった光学特性を低下させない加工条件を検討することによって、高精度なφ590mmのアルミニウム合金製凹形状球面ミラーやφ430mmのアクリル樹脂製非球面レンズを作製することができた。

大面積電子ビーム装置を用いた生体用金属の鏡面創成では、医療用インプラント部品に用いられる純チタンへの電子ビーム照射による表面粗さの改善や金属組織変化について検討を行った。大面積電子ビーム装置は、高密度の電子ビームを約φ60mmの領域に対して発生させ、材料の表層部のみが加熱、熔融され、表面粗さを構成する凹凸がなだらかになることによって、表面粗さを極めて短時間に改善して鏡面にすることができる。すなわち、大面積電子ビームを照射することによって、純チタンの表面粗さは、広範囲にRa0.5μm程度まで改善できることがわかった。一方、純チタンの結晶粒は、電子ビーム照射による溶解・凝固によって微細な板状となり、歪みに起因する転位が多数発生することが明らかになった。また、本来hcp構造のα-Tiである純チタンは、電子ビーム照射によって熔融し、凝固時に高温相のbcc構造であるβ-Tiの一部が残留することが確認された。しかしながら、電子ビーム照射により生じたβ-Tiは、熱処理によってα-Tiに変態させることが可能であり、また、熱処理前後の表面粗さは変化しないことがわかった。

以上の研究によって、大型から小型の光学部品の超精密切削加工が可能になった。また、大面積電子ビームの照射による鏡面創成ならびに金属組織の変化が明らかになり、さらに多くの分野への適用を広げることが期待できる。これらの結果は、研磨加工を用いない鏡面創成について、有効な資料を提供するものである。

論文審査結果の要旨

本論文は、特殊加工法を用いた鏡面創成に関して行われたもので、具体的には、超精密旋盤による鏡面加工と大面積電子ビーム加工による鏡面加工について検討したものである。現在、多くの分野において研磨加工が利用され、光学素子や金型等に鏡面を付与している。特に微細な金型や複雑形状を有する部品には、現在でも人手による手磨きが重要な作業として行われている。しかしながら、手磨きによる研磨加工は特殊技能や研磨時間を要することや研磨むらによって形状精度が低下するという問題がある。本研究は、このような背景の中で、高品位かつ高精度な鏡面創成を目的として、単結晶ダイヤモンド工具と超精密旋盤を用いた超精密切削加工技術による光学部品の鏡面創成に関する2つのテーマと、大面積電子ビーム装置を用いた生体用金属の鏡面創成に関するテーマについて検討している。

超精密切削加工技術による鏡面創成に関するテーマの一つ目は、全周撮像装置(ODV)の光学部品の小型化についてである。ミラー加工の際に発生するひずみが抑制可能な治具や加工条件を検討した。その結果、アルミニウム合金を被削材とした $\phi 18.5\text{mm}$ ODV用の高精度な $\phi 15\text{mm}$ の主鏡と $\phi 5\text{mm}$ の副鏡が作製できた。また、これらのミラーを組込んだ小型ODVにおいては、要求される視野角を確保するとともに鮮明な画像を得ることができた。もう一つの超精密切削加工技術を活用したテーマは、全天高精度素粒子望遠鏡(ASHARA)の光学部品の鏡面加工である。反射率、透過率、屈折率といった光学特性を低下させない加工条件を検討することによって、高精度な $\phi 590\text{mm}$ のアルミニウム合金製凹形状球面ミラーや $\phi 430\text{mm}$ の亚克力樹脂製非球面レンズを作製することができた。

大面積電子ビーム装置を用いた生体用金属の鏡面創成では、医療用インプラント部品に用いられる純チタンへの電子ビーム照射による表面粗さの改善や金属組織変化について検討を行い、高能率な鏡面創成や組織変化の調整が可能であることを明らかにした。

以上の研究成果は工学的価値および工業的価値が大きく、本論文が博士(工学)の学位に値するものと認められる。