

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 福田 勝己

材料やその表面の機械的性質を明らかにする方法として、いくつかの材料試験法があるが、その中でも比較的簡便で非破壊な方法の一つとして硬さ試験がよく知られている。硬さ試験は、今世紀初頭にブリネル、ビッカース、ロックウェル、ショアなどの硬さ試験法が確立されて以来、材料の強度評価方法として多く用いられ、現在に至っている。硬さは、材料の力学的性質の一つの工業量であり、それをいかに評価するかが重要な課題である。硬さとして表される量は、その物理的な意味を簡潔に表すことは非常に難しいことであるが、硬さ量は異なる材料の強度特性を比較するのに非常に有効な手段でもある。従来から行われている多くの硬さ試験は、圧子を比較的高押し荷重で試料の試験面に押し込み、試験面に形成されるくぼみの対角線長さを測定することによって硬さ値を算出する方法であるが、硬さ値の結果には試料表面の凹凸部分に影響を受けることが知られている。高押し荷重の場合には、試料表面の凹凸部分が硬さ値に及ぼす影響が系統的に行われているものの、微小硬さの荷重領域においては、表面粗さを考慮した報告は無く、しかも、本研究が対象としている超微小荷重領域における研究は皆無である。押し荷重がより微小な荷重になると、くぼみがより小さくなることから表面粗さの影響が必然的により大きくなると考えられるが、現行の超微小硬さ試験では、評価の段階で表面粗さを考慮していないのが現状である。

本論文では、超微小硬さ試験において、表面粗さを考慮に入れた評価方法の確立が重要な課題となっている現状を踏まえて、まず、すべての面に必ず存在する表面粗さが超微小硬さ値にどのような影響を及ぼすのかについて実験的見地から明確にした。続いて、圧子先端形状（曲率半径）が超微小硬さ特性にどのような影響を及ぼすのかについて同様に実験的見地から明確にし、また、超微小硬さ試験が工業的に今後どのような役割を果たせるのかについても実用面での事例を挙げ、その重要性についても言及した。

本論文は、「超微小硬さ値に及ぼす表面粗さおよび圧子先端形状の影響」と題して、以下に示す全6章から構成されている。

第1章では、「序論」と題して、超微小硬さに関する従来からの研究と超微小硬さ試験に関する問題点について示し、超微小硬さ試験において表面粗さを考慮することの重要性について述べている。また、本研究の目的と本論文の構成について述べている。

第2章では、「実験」と題して、2.1節では緒言を述べている。2.2節では超微小硬さ試験装置および試験方法について、試験装置については詳細な仕様を、試験方法については

従来の方法に加えて問題点について明らかにしている。2.3 節では試料について詳細に述べている。基材 (Fe) については、表面粗さについて詳細な測定を行い、基礎データとして示し、併せて SEM 写真を示している。また、化学成分分析結果についても示している。

第 3 章では、「表面粗さを考慮した超微小硬さ評価」と題して、3.1 節では緒言を述べている。3.2 節では従来の研究から得られた種々の結果と考察について述べている。3.3 節では表面粗さを考慮した場合の実験結果を示し、考察を加えている。その結果、押し込み荷重が 10mgf と小さい場合には表面粗さの違いによって超微小硬さの値が大きく変動することが分かった。しかし、それより大きな押し込み荷重の場合には、表面粗さによらず超微小硬さはほとんど変化せずほぼ一定の値を示すことが分かった。3.4 節では圧子先端の曲率半径を考慮した場合の実験結果を示し、考察を加えている。3.5 節では以上の結果および考察を踏まえて、小結として述べている。

第 4 章では、「接触面の表面粗さを考慮した解析による検討とその妥当性」と題して、4.1 節では緒言を述べている。4.2 節では解析に関する従来の研究について述べ、従来の解析に関する問題点と硬さ値の決定法について述べている。4.3 節では表面粗さを考慮した場合の弾性解析について、解析モデル、解析方法と解析結果を示し、検討および考察を述べている。4.4 節では以上の点を踏まえて、超微小硬さ試験法への提案について述べている。4.5 節では以上の結果および考察を踏まえて、小結として述べている。

第 5 章では、「超微小硬さの実用面への応用」と題して、5.1 節では近年技術的な開発が急速に進んでいるセラミックコーティングの硬質薄膜の中でも工業的に切削工具などに多く用いられている TiN コーティング膜を実験対象として、膜厚さの違いや圧子先端の形状の違いが超微小硬さ特性に及ぼす影響について詳細に検討を加えている。5.2 節ではナットの強度を検討する場合において、従来から実施されている供試材端面だけのロックウェル硬さ試験では強度を評価するには不十分であり、ナットの強度評価にはねじ山による評価が必要不可欠であるという認識のもとにナットのねじ山の断面とねじ山表面とに注目し、ねじ山の断面の超微小硬さ分布とねじ山表面の超微小硬さを測定して、締め付け強度と硬さとの関係を明らかにし、現行の日本工業規格による強度評価だけでは不十分であり、ナットの強度評価には超微小硬さが有効であることを示している。

第 6 章では、「結論」と題して、以上の成果を総括して述べている。

近年、マイクロマシンに代表される機械要素の微小化や半導体デバイス、磁気ディスクなどの従来にはない微小な部分の機械的特性を明らかにすることがますます重要な課題となっている現状に鑑み、超微小荷重領域における硬さ試験において、試験面の表面粗さが超微小硬さの値にどのような影響を及ぼすのかについて、実験と解析との両面から解明した本研究の、社会的意義は大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。