

研究課題 (テーマ)	TiAlN ナノ積層コーティングされた金型用鋼材の疲労特性		
研究者	所属学科等	職	氏名
代表者	機械システム工学科	准教授	堀川教世
研究結果の概要			
<p>多くの金属系構造材料の破壊は主に繰返し負荷から起こる疲労破壊によるものである。これには様々な要因が考えられるが、主な要因として材料の表面状態が挙げられる。この原因は材料表面に存在する空孔や介在物であり、引張負荷の際には周辺部に応力集中が起こり、き裂が発生・進展し破壊に至る。このため、従来から、き裂発生を抑制するために単層硬質膜の被覆による材料表面が行われてきた。近年、成膜技術の発展に伴いナノ積層被覆なる成膜方法が開発された。この技術は薄膜を構成する結晶粒を微細化することで高硬度化を狙ったものであり、更に、二種の異なる層を様々な組み合わせで積層することで耐熱性、耐酸化性、しゅう動性の向上などの特性を付与することが可能である。現時点では、このナノ積層被覆は主にトライボロジー性能を向上させることが目的とされているが、疲労特性にも何らかの影響を及ぼすものと考えられ、その積層構造からき裂の発生および進展を遅延させる効果が期待できる。</p> <p>そこで本研究では、TiAlN ナノ積層被覆に注目し、この薄膜で強化した鋼材の疲労試験を行い、疲労強度特性と破壊メカニズムを調査し、その有効性について検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。ナノ積層被覆を施した鋼材は未被覆の鋼材よりも高い疲労強度を示した。ナノ積層被覆を施した鋼材の疲労限度は約 1300 MPa であり、未被覆の鋼材のものと比較して約 200 MPa 向上した。SEM による破面観察の結果、ナノ積層被覆を施した鋼材の破壊起点は基材内部であり、そこから放射状にき裂が進展して破壊に至ることが分かった。一方、未被覆の鋼材の破壊起点は表面にあり、そこでもナノ積層被覆材と同様に介在物が確認された。EDS による元素分析の結果、ナノ積層被覆材および未被覆材の介在物はいずれも基材の成分と同じ V, Mo, W の元素が確認された。このことからこの介在物は成膜時に発生したものではないことが分かった。ナノ積層材の疲労強度が上昇した原因としては、破壊起点が被膜と基材の界面から基材側に 20~40 μm のところに位置していることから、成膜の際に基材に導入された残留応力が考えられる。基材内部の深さ方向の残留応力分布は測定することができないため、本研究では試験片側面において、基材表面からの硬度分布を測定したところ、未被覆材では表層から深さ方向へ硬度の変化は見られなかったが、ナノ積層被覆材では表層付近と内部で明確な差異が見られた。このことから、ナノ積層被覆材の疲労強度の上昇は成膜時に基材に導入された残留応力が原因であることが分かった。</p>			
今後の展開			
<p>ナノ積層材の膜表面の観察から、表面に多数の欠陥が存在することが分かった。この欠陥の直径は膜の破壊じん性値 $K(0.82 \text{ MPa})$ より算出した欠陥寸法 $(0.35 \mu\text{m})$ よりも大きいものがほとんどを占めていた。しかしながら、破壊起点が膜表面ではなく基材内部であることからナノ積層構造によるき裂進展の遅延効果が多少なりとも働いたと考えられるが、これについては次年度に検討する予定である。</p>			