

銅合金条材の疲労強度および疲労き裂進展特性
に関する研究

2023年度

三田夏大

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	三田 夏大
主 論 文 題 名 :					
銅合金条材の疲労強度および疲労き裂進展特性に関する研究					
(内容の要旨)					
<p>銅合金条材は自動車の急速な電動化、機電一体化、電装系の小型化、更に自動運転の開発進展に伴い、今まで以上に電子機器、電子部品に多く用いられるようになりつつある。それらに用いられる銅合金条材は走行時の振動や衝撃にさらされるため、銅合金条材の高サイクル疲労特性および平均応力、応力振幅の疲労特性への影響が求められるが、完全には明らかになっていない。また、銅合金条材の振動、衝撃下での疲労き裂進展予測は重要であるがほとんど明らかにされていない。そこで本研究では銅合金条材の高サイクル疲労特性、平均応力、応力振幅の影響による疲労特性、疲労き裂進展特性を明らかにすることを目的とした。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景および目的、従来の研究を概説した。</p> <p>第2章では、銅合金条材の圧延方向、板厚の違いが及ぼす疲労強度への影響について検討した。日本伸銅協会技術基準にある条材疲労試験機において、高サイクル疲労試験の試験時間短縮、安定かつ高精度に測定するための試験方法を提案した。そして、提案する手法を用いて、銅合金条材の疲労試験を行い、圧延直交方向に負荷される場合の方が、疲労寿命が長くなることを明らかにし、破面分析からその原因について考察を加えた。</p> <p>第3章では、銅合金条材の疲労特性への平均応力と応力振幅の影響を把握する為、銅合金条材における疲労限度線の検討を行った。平均応力や応力振幅を種々変えた試験を行う必要があるため、新たな試験片形状および試験方法を構築し、それを用いて疲労限度線検討の為の疲労試験を実施した。さらに、表面電解メッキ処理が及ぼす疲労特性への影響も検討した。その結果、Cu-Si-Ni 銅合金条材において、疲労限度線は Elliptic 線で近似できることを明らかにした。さらに、表面電解メッキ処理の疲労特性への影響は、メッキの機械的特性よりも表面粗度の影響のほうが強く、表面粗度の管理が重要であることを指摘した。</p> <p>第4章では、銅合金条材における疲労き裂進展試験に及ぼす圧延方向の影響について検討した。薄板銅合金条材における疲労き裂長さ測定手法を目視、画像解析、直流電位差法にて比較評価した。その後、最適な疲労き裂長さ測定手法を適宜用いて、疲労き裂進展試験を行った。そして、き裂進展開始の初期段階では、き裂進展方向が圧延方向と圧延直交方向の場合で、同程度の疲労き裂進展特性を有しているが、安定き裂成長段階および最終破壊段階では、き裂進展方向が圧延方向のほうが、圧延直交方向よりもき裂進展抵抗が低く、き裂進展速度が速くなることを明らかにした。</p> <p>第5章では、第4章で得られた疲労き裂進展特性の圧延方向依存性について、破面解析から破面形状を明らかにし、それをもとにした3次元有限要素解析から、疲労き裂進展駆動力である J 積分値を求めた。そして、破面形状の違いから、き裂進展方向が圧延方向では局所的に J 積分値が圧延直交方向より高くなり、き裂進展速度が速くなりやすいことを明らかにした。</p> <p>第6章に、各章で得られた成果を要約し、本研究の結論および今後の展望についてまとめた。</p>					

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> “KOU” <input type="checkbox"/> “OTSU” No. _____ <small>*Office use only</small>	Name	MITA, Natsuhiko
Thesis Title Study on fatigue strength and fatigue crack propagation properties of copper alloy strips			
Thesis Summary <p>Because of the rapid electrification of automobiles, copper alloy strips are being more used in electronic devices and components. Since the copper alloy strips are exposed to vibration and shock during driving, the high reliabilities of copper alloy strips are required, but fatigue properties of copper alloy strips have not been well understood yet. Therefore, the purpose of this thesis is to clarify the high cycle fatigue properties and the effect of mean stress and stress amplitude of those, and fatigue crack propagation properties of copper alloy strips.</p> <p>Chapter 1 summarizes the background and purpose of this study and previous research.</p> <p>Chapter 2 describes the effects of the rolling direction and thickness of copper alloy strips on fatigue strength. A test method was proposed to shorten the test time and to measure fatigue strength stably and accurately in high-cycle fatigue tests. The fatigue test was conducted using the method, and it was found that the fatigue life was longer when the loading was added in the transverse direction to the rolling direction.</p> <p>Chapter 3 describes the effects of mean stress and stress amplitude on fatigue properties of copper alloy strips. New specimen geometries and testing methods were proposed, and the fatigue strength lines were investigated, and the effects of surface electrolytic plating treatment on fatigue properties were also examined. As a result, it was clarified that the fatigue strength line was close to Elliptic line. Furthermore, it was found that the effect to fatigue properties of the surface plating had a stronger relationship with the surface roughness.</p> <p>Chapter 4 describes the effect of rolling direction on fatigue crack growth of copper alloy strips. Visual inspection, image analysis, and DC potential difference method were compared to measure the fatigue crack length, and fatigue crack growth tests were conducted by switching these methods during crack growth. It was found that the crack growth of the rolling direction was faster than that of the transverse direction.</p> <p>Chapter 5 describes quantitatively the rolling direction dependence on fatigue crack growth. 3D finite element analyses were carried out based on fracture surface analyses, and the driving forces of fatigue crack propagation were compared. It was found that J-integral distribution in the thickness direction was different depending on the rolling direction, and it affected the crack growth rate.</p> <p>Chapter 6 summarizes the results, conclusions, and future prospects of this study.</p>			