

氏 名 SOMA PRABHAKAR

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4267号

学位授与の日付 平成23年 3月25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 Fatigue properties evaluation of vulcanized natural rubber used in automotive engine mount applications

(自動車用エンジンマウントに使用される加硫天然ゴムの疲労特性評価)

論文審査委員 教授 多田 直哉 教授 鳥居 太始之 教授 藤井 正浩

学位論文内容の要旨

Engine mounts are made of carbon black filled vulcanized natural rubber and they become aged after prolonged exposure to heat resulting in deterioration of mechanical properties and hence, fatigue life because of thermo-oxidative degradation during heat aging. The influence of heat aging on fatigue crack growth properties of vulcanized natural rubber was studied based on fracture mechanics approach. Heat aging of the pure shear specimens was carried out at 70°C and 100°C for a period ranging from 24h to 168h. Fatigue crack growth rate was calculated from the cyclic tests of the specimens at constant displacement conditions and results were presented as a function of tearing energy which was obtained from the static tests of the specimens. The crack growth rate at a given tearing energy was higher for specimens aged at 100°C and increased with the increase in aging period. The crack growth rate was not much affected for the specimens aged at 70°C. Also, the effect of heat aging on molecular mobility was studied by measuring spin-spin relaxation time using pulsed Nuclear Magnetic Resonance (NMR).

Engine mounts are filled with various levels of carbon black to achieve required levels of stiffness depending upon powertrain weight or loads experienced by mounts. Reinforcing of natural rubber compounds with carbon black serves to increase the stiffness of the compound as well as hinder crack propagation. The effect of carbon black content on fatigue crack growth rate was studied using pure shear specimens. The fatigue crack growth rate of natural rubber at a given tearing energy was decreased with the increase in fraction of carbon black. It was expected that the improvement in strain crystallization at the crack tip and increase in intrinsic strength of rubber due to the increase in filler content were the main reasons for better fracture resistance.

Additionally, investigations were carried out to understand the effect of creep at high temperatures on fatigue life of engine mounts as the mounts are preloaded with powertrain and experience heat from various sources during service. The fatigue life of rubber material at various creep conditions was evaluated by using 3D dumbbell specimens. On the other hand, elongation at break which is closely related to the fatigue damage was evaluated by using dumbbell specimens of type JIS No.3. Finite element analysis (FEA) was carried out to find out the maximum principal strain in the specimens. Finally, fatigue life equation was derived using maximum principal strain and elongation at break as damage parameters. The fatigue life was decreased by about 6 to 10 times due to the creep at high temperatures. To validate the derived fatigue life equation, roll restrictor lives were predicted using the maximum principal strain obtained in FEA. Predicted lives were in good agreement with the experimental lives within a factor of two.

論文審査結果の要旨

本論文では、自動車用エンジンマウントに用いられる加硫天然ゴムの疲労に関して実験および解析を実施し、その特性評価手法について検討している。エンジンマウントとは、エンジンと車両を連結している部品であり、エンジンの重量を支えるとともに、エンジン自身や路面からの振動、周囲の気候や環境等から様々な力学的、熱的負荷を受けるため、使用環境が複雑であり、正確な寿命予測が難しい。本論文では、加硫天然ゴム製エンジンマウントに関して、主として熱時効とカーボンブラックの含有量とその静的な機械的特性と疲労特性に及ぼす影響について検討している。検討の結果、熱時効に関しては、破断ひずみでき裂成長速度を基準化することにより、熱時効が疲労特性に及ぼす影響を統一的に扱うことができることを明らかにしている。カーボンブラックの影響に関しては、ゴム試験用に規格化された試験片の破断強度を用いてティアリング（引き裂き）エネルギーを基準化することにより、き裂成長の駆動力を統一的に評価できることを示している。さらに、本論文では、試験片から得られたき裂成長特性に関する実験結果を実際のエンジンマウントの耐久試験に適用することで、その妥当性を示している。

本研究で得られた結果は、査読付の英語論文に1編、査読付の国際会議講演論文に2編の他、国内の講演会においても多数報告しており、学術的価値が高いと考えられる。また、得られた成果の工学的価値も高く、関連の特許出願も行っている。

以上より、本論文は工学分野の学位に値すると判断した。