

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 中島 勝己

修士（工学）中島 勝己 提出の論文は、「複合組織鋼の疲労特性改善のための組織形態因子に関する研究」と題し、六章よりなる。

複合組織鋼板であるフェライト／マルテンサイト二相組織鋼板（DP 鋼板）は、強度－延性バランスに優れ、疲労特性も良好であることから、軽量化要求が大きい自動車用薄鋼板用材料としての適用が進められている。高強度化とともに必然的に要求される疲労特性の高性能化については、主に静的強化機構の観点から検討されてきたが、疲労特性に及ぼす材料組織の影響に関しては、これまでは疲労過程に踏込んで検討されておらず、疲労特性の高性能化に対する材料設計指針は明確にされていない。本論文では、DP 鋼板の疲労特性改善を目指して、材料組織形態を制御し、疲労破壊の各過程（疲労き裂生成、微小き裂伝播、巨視き裂進展）に及ぼす、組織形態因子の効果を明らかにするとともに、実用上の観点から、予加工材、打抜き材の疲労特性改善のための、組織形態制御の有効性を検討することを目的としている。

第一章は「序論」であり、複合組織鋼を含む鉄鋼材料の疲労特性改善に関する研究の現状と問題点をまとめた上で、本研究の目的と意義を述べている。

第二章は「二相組織鋼の微小疲労き裂の伝播挙動に及ぼす材料組織の影響」であり、マルテンサイト組織形態、マルテンサイト体積率、予加工状態の異なる DP 鋼板の疲労き裂生成、微小き裂伝播挙動を、走査型電子顕微鏡内での疲労試験負荷下その場観察により明らかにしている。その結果、マルテンサイト相がフェライト相を取囲む組織形態（マルテンサイト連結型）は、マルテンサイト相が微小き裂を停留させるため、フェライト相中にマルテンサイト相が分散する組織形態（マルテンサイト分散型）に比べ疲労寿命が著しく向上することを明らかにしている。また、予加工材では、予ひずみで導入されたすべり帯に沿ってき裂が直線的に進展するため、無加工材に比べ疲労寿命が低下することなどを明らかにしている。

第三章は「二相組織鋼の巨視疲労き裂の進展特性に及ぼす材料組織の影響」であり、主にき裂閉口の観点から、き裂進展下限値、巨視き裂進展速度に及ぼす材料組織、予加工の影響を検討している。マルテンサイト分散型では、き裂がマルテンサイト相を迂回して大きく屈曲しながら進展し粗い破面を呈するため、大きなき裂閉口が生じ、高いき裂進展下限値を示すのに対して、マルテンサイト連結型では、き裂がマルテンサイト相を突き抜けながら進展するため、き裂閉口は小さい。これにより、き裂進展下限値を高めるためには、き裂進展経路となる連続したフェラ

イト相を確保した上で、できる限り粗大で硬質なマルテンサイト相を分散させることが重要であることを明らかにしている。

第四章は「二相組織鋼の疲労限に及ぼす材料組織の影響」であり、マルテンサイト連結型はマルテンサイト分散型に比べ、静的強度の上昇を伴うことなく、約 20% の疲労限の改善が可能であるとしている。また、疲労限はマルテンサイト相に拘束されるフェライト粒径により支配されること、マルテンサイト体積率を変化させた場合の疲労限は、静的強度の上昇とともに向上することなどの結果を得ている。さらに、予加工材では、繰返し軟化挙動による降伏応力の低下により疲労限が向上しないことを明らかにしている。

第五章は「二相組織鋼の打抜き材の疲労特性」であり、これまで得られた知見をもとに、DP 鋼板が適用される自動車部品を想定して、実用打抜き材の疲労特性に及ぼす材料組織の影響を検討している。とくに、打抜き材の疲労き裂生成寿命は、打抜き破断面の粗さにより決定されること、その打抜き破断面粗さを低減するには打抜きクリアランスを低下させるべきであること、マルテンサイト分散型よりマルテンサイト連結型とする方が有効であることなどを明らかにしている。また、打抜き材の疲労限を、疲労き裂発生箇所である大きなディンプルからなる凹部におけるミクロな応力集中を考慮することにより推定するモデルの有効性を検討している。

第六章では、本研究で得られた結論を述べ、今後の課題について検討している。

以上要するに、本論文は、DP 鋼板の疲労特性改善に関して、フェライト／マルテンサイトの組織形態制御が非常に有効であることを、系統的かつ定量的に明らかにするとともに、実用上の観点からも、予加工材、打抜き材の疲労特性改善のための材料組織形態設計の指針を明確にしたものであり、材料工学上貢献するところが大きい。

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。