

学位論文及び審査結果の要旨

氏名 川田 裕之

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 博乙第460号

学位授与年月日 令和3年3月25日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第2項

学府・専攻名 理工学府・機械・材料・海洋系工学専攻

学位論文題目 高強度複合組織鋼板の低温脆化挙動における二段階延性脆性遷移

論文審査委員	主査	横浜国立大学	教授	梅澤 修
		横浜国立大学	教授	廣澤 涉一
		横浜国立大学	教授	中尾 航
		横浜国立大学	准教授	長谷川 誠
		横浜国立大学	准教授	前野 智美

論文及び審査結果の要旨

本論文は高強度複合組織鋼板の低温脆化挙動について、吸収エネルギーが二段階で低下する二段階延性脆性遷移の詳細とミクロ組織が与える影響を明らかとし、学術的価値が高い。そして、本論文の内容は、高強度と成形性を両立する複合組織鋼における破壊挙動を理解して適正な設計・利用・評価への工学的実用への貢献するところが大きい。したがって、提出論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値のある内容を有しており合格と判定した。なお、著作権保護への配慮は十分であることを確認した。次に、学位論文に関連する分野の科目について博士(工学)の学位を得るにふさわしい学力を有するかについて審査し、合格と判定した。外国語については、国際会議発表の経験があることから十分な学力を有すると判定した。以上により、審査委員全員一致して最終試験は合格であると判定した。

本論文は、高強度複合組織鋼板の低温脆化における二段階延性脆性遷移に着目し、複合組織における組織と靱性の関係を表す定性モデルを提案するとともに、破壊機構の遷移における塑性変形の役割について一連の研究成果をまとめたものである。論文は全6章で構成される。

第1章では、鉄鋼材料の特に自動車用鋼材の改善に対する社会的要請、複合組織鋼板の特

性について研究する技術的意義、研究対象とした高強度鋼の衝撃破壊について従来の知見をまとめた。そして、高強度複合組織鋼板における延性脆性遷移挙動の評価結果に基づき、本論文における目的を述べ、論文構成を示した。

第2章では、フェライト+パーライト組織における延性脆性遷移挙動を調べた。吸収エネルギーの遷移曲線には、Upper shelf および Lower shelf と異なる中位の吸収エネルギーを安定して示す Middle shelf が Upper shelf と Lower shelf との間の温度域で現れる。Middle shelf における破面は、Lower shelf における破面と相似のディンプルを含まない平坦な破面である。しかし、その破面直下のマイクロ組織は塑性変形を生じており、ほとんど塑性変形を伴わない Lower shelf での破壊とは明瞭に異なる。

第3章では、Middle shelf および Lower shelf にて破壊した試験片について、EBSD 法による結晶方位解析によって破面および二次き裂のトレースの面方位を同定し、破壊の伝播経路の変化を明らかにした。Lower shelf にて破壊した試験片では、伝播経路の8割がフェライト粒内、2割がフェライト粒界である。さらに、フェライト粒内における伝播の8割は、bcc へき開面である $\{001\}$ を呈する。一方、Middle shelf では伝播経路の6割がフェライト粒内、4割がフェライト粒界である。フェライト粒内における伝播の6割は、bcc すべり面である $\{011\}$ または $\{112\}$ を呈する。

第4章では、延性脆性遷移挙動に及ぼす硬質組織分率の影響を評価するため、パーライトの体積分率を0%（フェライト単相）から21%まで段階的に増やした供試鋼を用いた。フェライト単相では、各試験片の吸収エネルギーは Upper shelf または Lower shelf のいずれかに相当し、中間の吸収エネルギーをほとんど示さない。パーライト分率が2~3%である供試鋼では、Upper shelf と Lower shelf との間にある吸収エネルギーを示す。特に、パーライト分率が3%の供試材では、吸収エネルギーと破面率が温度低下に伴って連続して変化する、一般的な遷移“曲線”が得られる。パーライト分率が6, 15, 21%の供試材においても、吸収エネルギーと破面率の遷移曲線が得られる。破面のほとんどがディンプルを有さない平坦な破面でありながら、吸収エネルギーが Upper shelf と Lower shelf に対して中位に安定する Middle shelf に相当する温度域が明瞭に認められる。つまり、パーライト分率の上昇に伴って、延性脆性遷移挙動は、Upper shelf から Lower shelf への直接遷移、Upper shelf から Lower shelf への連続遷移（一般的な遷移曲線）、そして、二段階延性脆性遷移へと、3種類の延性脆性遷移挙動を呈する。

第5章では、延性脆性遷移挙動に及ぼす硬質組織特性の影響を評価するため、パーライトに代えてMA（Martensite-Austenite constituents）を硬質組織として導入し、フェライト+MAの延性脆性遷移挙動の変化を明らかにした。

第6章では、各章で得られた結果を総括して述べた。そして、各章での考察を基に、従来の知見との比較および考察を加え、二段階延性脆性遷移についての疑問点を検証した。さらに、学術的および技術的に持つ意義について述べ、本研究における結論とした。