

氏名	高橋稔彦 たか はし とし ひこ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1384号
学位授与の日付	昭和56年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	共析パーライト鋼とその伸線材の強度と延性に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 高村仁一 教授 村上陽太郎 教授 足立正雄

論文内容の要旨

共析パーライト鋼は、商用鋼中最も強度の高い材料であり、高炭素線材やレールなどとして多用されているが、その強度と延性を支配する要因に関しては、まだ統一的な理解が得られていない。この論文は、パーライト鋼の金属組織の特徴を新しい角度から検討し、その結果明らかにされた組織因子を導入して、共析パーライト鋼およびその伸線材の強度と延性の支配要因を定量的に解析しようとしたもので、7章から成っている。

第1章は緒言で、高炭素線材などにおいて強度と延性の向上が求められる背景と、パーライト鋼に関する従来の諸研究の問題点とを概観し、本研究の端緒と目的を述べている。とくに、パーライト鋼の延性に重要な新しい組織因子の発見を契機として、構成組織因子を広範囲に変化させる手法を確立して、強度と延性の支配要因の解析を進めたことを本研究の特徴として挙げている。

第2章では、共析パーライト鋼の金属組織の特徴を、着色腐食法、ファセット・ピット法、および電子顕微鏡薄膜法などを駆使して詳細に解析し、パーライトブロックと名付けた新しい組織因子の発見とその金属組織学的特徴が述べられている。パーライトブロックは、パーライトを構成するフェライトとセメントタイトとがそれぞれ同一の結晶方位を有する領域で、パーライト変態に際してオーステナイト粒界に生成した変態核がいくつかのコロニーを派生しながら成長し終えた領域に対応する。この組織因子は、パーライト鋼の組織の中で、その大きさがオーステナイト粒度に依存する唯一のものであり、その大きさはオーステナイト粒径、変態の核生成速度および成長速度の関数として整理される。これらの解析によって、従来不明であったパーライト変態の核生成サイトが、高温では2粒の界面、低温では3粒の交線となることを明らかにしている。

第3章では、パーライト鋼の強度支配因子としての合金元素の役割と加工硬化特性との解析が示されている。強度に対する合金元素の役割は、セメントタイト・ラメラ間隔に及ぼす効果と焼入性への効果とに分離して解析すべきであることを示し、とくに顕著な効果をもつクロムの強化作用は、ラメラ間隔の微細化とフェライト地における高密度の変態転位の残存とに起因することを明らかにしている。また、マンガン

は本質的にはラメラ間隔を粗大化させるが焼入性の増大を介して強化に寄与する場合のあること、コバルトはマンガンとは全く逆の効果をもつことを指摘している。一方、パーライト鋼の加工硬化は、その硬化量がラメラ間隔の大きさに依存する項と依存しない項とに分離され、硬化量の大部分が後者によって占められることを明らかにし、その加工硬化機構を変形応力と転位密度の関連にもとづいて考察している。すなわち、加工硬化の主要部分は、セメンタイトの強い拘束のもとでのフェライト地の単結晶的変形により導入される転位密度の増加に起因することを指摘している。

第4章では、パーライト鋼の延性を支配する要因としての金属組織的因子の役割を定量的に解析するとともに破壊様相との関連を詳しく検討し、パーライト鋼の延性が、ブロック・サイズ、セメンタイト・ラメラ間隔およびフェライト地の強度によって統一的に理解しうることを明らかにしている。すなわち、ブロック・サイズの微細化は、延性亀裂成長の抑制と脆性破壊への移行の遅滞効果を介して延性を顕著に向上させ、一方、ラメラ間隔の微細化は、セメンタイト割れの抑制効果を通して延性の向上に寄与する反面、強度の増大効果を介して延性劣化をもたらすことを指摘している。

第5章では、パーライト鋼の伸線材の延性を支配する機構に対し考察が加えられている。伸線加工によるフェライト地の加工硬化は、セメンタイトの割れの発生あるいは剪断亀裂の成長を促進して延性を低下させる。集合組織が十分に発達した伸線材では脆性破壊はみられず、その延性は伸線減面率に関係なく、セメンタイト・ラメラ間隔で一義的に決まることを明らかにしている。

第6章では、伸線限界をきめる断線を、破断形態と生成過程により分類し、それぞれの破断発生頻度に対するブロック・サイズとセメンタイト・ラメラ間隔の効果を定量的に解析して、伸線限界の支配要因を明らかにしている。すなわち、コピー破断は素材の延性不良に、剪断割れと縦割れは伸線材自身の延性低下に起因することを結論している。

第7章は総括で、以上の結果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

共析パーライト鋼およびその伸線材は、極めて高い強度を有し種々の分野で工業材料として多用されているが、その強度と延性を支配する要因に関しては、未だに統一的な理解が得られていない。この論文は、パーライト鋼の金属組織に新しい角度から詳細な検討を加え、その結果明らかにされた組織因子を導入して、共析パーライト鋼の強度・延性およびその加工性を支配する要因を定量的に解析しようとしたもので、主な結果は下記の通りである。

1) パーライト鋼には、これを構成するフェライトとセメンタイトとがそれぞれ同一の結晶方位を有する領域の存在することを見出し、これをパーライトブロックと名付けた。この組織因子は、パーライト鋼の組織の中で、その大きさがオーステナイト粒度に依存する唯一のものであり、その大きさはオーステナイト粒径、変態の核生成速度および成長速度の関数として与えられる。さらに、これらの解析によってはじめてパーライト変態の核生成サイトの同定に成功している。

2) パーライト鋼の延性は、ブロック・サイズ、セメンタイト・ラメラ間隔およびフェライト地の強度によって、統一的に理解しうることを示した。すなわち、ブロック・サイズの微細化は、延性亀裂成長の

抑制と脆性破壊への移行の遅滞効果を介して、延性を顕著に向上させ、一方、ラメラ間隔の微細化は、セメンタイト割れの抑制効果を通して延性の向上に寄与する反面、強度の増大効果を介して延性を劣化させることを明らかにした。

3) パーライト鋼の強度は、セメンタイト・ラメラ間隔で一義的に決定され、ブロック・サイズには支配されないことを見出し、ラメラ間隔に及ぼす合金元素の影響を検討した。とくに顕著な効果を示すクロムの強化作用は、ラメラ間隔の微細化とフェライト地における高密度の変態転位の残存とに起因することを明らかにしている。

4) パーライト鋼の加工硬化特性を解析し、従来の Fisher らのモデルとは異なり、加工硬化量の大部分がセメンタイト・ラメラ間隔に依存しない項で占められていることを明らかにし、この硬化がセメンタイトの強い拘束のもとでのフェライト地の単結晶的変形により導入される転位密度の増加に起因することを指摘している。

5) 伸線加工によるフェライト地の加工硬化は、セメンタイト割れの発生と剪断亀裂の成長とを促進して延性を低下させる。十分に集合組織の発達した伸線材では脆性破壊はみられず、その延性はセメンタイト・ラメラ間隔によって一義的に支配されることを明らかにしている。

6) 伸線限界を決める断線を、破断形態と生成過程により分類し、それぞれの破断発生頻度に対するブロック・サイズとセメンタイト・ラメラ間隔の効果を定量的に解析して、伸線限界の支配要因を明らかにし、伸線加工性の改善指針を提示している。

以上を要するにこの論文は、共析パーライト鋼およびその伸線材の強度と延性に関して、新しい角度からの知見を導入してその支配要因を定量的に解析し、その強度と延性に対する統一的な理解を可能にしたもので、学術上實際上寄与するところが少なくない。

よって、この論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。