

【206】

氏名	岡田隆保
	おか だ たか やす
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第220号
学位授与の日付	昭和43年9月24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	残留ウイドマンステッテン組織に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 村上陽太郎 教授 足立正雄 教授 高村仁一

論文内容の要旨

この論文は、中炭素鋼大型鍛造品において、白点防止の観点から比較的長時間にわたる鍛造後の熱的取扱いが行なわれた場合、これらの鋼材中に従来から知られているウイドマンステッテン組織（以下W組織と略称する）の生成条件が満足されていないにもかかわらず、形態的にW組織ときわめて類似し、しかも焼準などの通常の熱処理では簡単に消去しえない特異なW組織が発生し製造上大きな障害になっていた問題について、著者はこれを残留ウイドマンステッテン組織（以下残留W組織と略称する）と名付け、従来全く不明であったその生成原因を金属組織学的に追究解明し、熱処理前後の組織の関連性、前処理のオーステナイト均一化への影響など、多くの因子を明らかにしたもので、7章よりなっている。

第1章では、W組織に関する従来の研究を述べ、大型鍛鋼品に認められた残留W組織の性状ならびに、これを発生した材料の材質、熱処理条件を詳細に調べ、残留W組織は、みかけ上はW組織と全く類似するがフェライト針状晶の間のパーライト部に微細なフェライトがあること、針状晶がより多くの粒から形成されていること、通常W組織を生じない細粒鋼においても生成すること、長時間のオーステナイト化処理によって消去されることなどを明らかにする一方、材質および通常のW組織の生成と関連した熱処理挙動は全く正常であることを見出し残留W組織の成因は材質に固有なものでなく、熱処理条件によるものであることをつきとめ、熱処理過程を解析した結果、鍛造後の熱処理条件が重要であることを推論したことなどを述べている。

第2章においては、前章の結果に従って、0.39%炭素鋼のW組織を生成した試料に調質熱処理前の熱処理（以下では前処理という）を加えた場合に、その後の組織にどのような影響を及ぼすかを調べ、さらに前処理、調質熱処理（最初に生成したW組織の消去を目的とする場合には消去熱処理とよぶ）両者の組織の関連性などについて検討し、残留W組織の生成ならびに消去熱処理条件を明らかにしている。すなわち鍛造後に行なわれる  $A_{c1}$  変態点近傍における等温ならびに非等温加熱によって通常の簡単な調質熱処理では消去し難い残留W組織を生成し、前のW組織と位置的にはほぼ1対1の対応をもつこと、またこの非消

去性は後続の熱処理と関連する相対的な性質であって、前処理条件すなわち加熱温度 $T_p$ 、加熱時間 $t_p$ の効果は $P=T_p(20+\log t_p)$ なるパラメーターによって統一的に評価できること、一方、消去熱処理温度 $T_A$ と消去時間 $t_A$ の関係は、 $t_A=C\cdot\exp(Q/RT_A)$ で与えられること、ただしここで $C$ は $P$ の関数として表わしえることなどを明確にしている。さらに本章で明らかにした前処理条件、消去条件の影響に関する諸式を用いることにより、与えられた前処理条件に対する消去熱処理条件を容易に求めることができ、また一般的には前処理を加えられた材料の熱処理におけるオーステナイトの均一化時間に対する基準が与えられている。

第3章は残留W組織の生成原因に関する検討を行なった結果を述べたものである。前処理に伴う組織変化、前処理材のオーステナイト化における挙動ならびに前処理の冷却変態に与える影響などを詳細に述べている。すなわち $Ac_1$ 変態以下の加熱では合金元素の炭化物中への濃縮または最初に生成したパーライトのフェライトからの排出により、またフェライト・オーステナイト状態の加熱では、フェライトおよびオーステナイト両相への合金元素の平衡分配によって、前組織と対応した特定位置に合金元素の不均一分布がみられることを実証し、残留W組織の生成は、前処理中のこのような合金元素の偏析効果による不均一変態に起因するものと結論している。

第4章では本組織に対する合金元素の影響を研究した結果を述べている。合金元素を含まない炭素鋼および1%以下の合金元素Mn, Si, Cr, Niをそれぞれ単独に含む各種合金鋼について、前処理条件と残留W組織の生成および消去特性に関して検討し、合金元素を含まない場合は決して残留W組織は生成しないこと、また合金元素の効果としては、Mn, Si, Crは $Ac_1$ 変態点の上下いずれの加熱においても残留W組織を生成するが、Niは $Ac_1$ 変態点以上の加熱においてのみ残留W組織を発生させることなどを確認し、かつ、これらの各元素の効果の前熱処理による差異は、合金元素の不均一分布を生成する度合ならびに変態諸特性に及ぼす効果の大小と関連して説明できるものであることなど明らかにしている。

第5章は残留W組織を発生する合金元素の臨界濃度差を知るために、Mn, Si, Ni, Crをおのおの単独に含み、それらの濃度を異にする中炭素鋼の合板を作成して、その徐冷、焼入、焼もどし時の組織変化を検討するとともに、合板材不均一組織の消去時間の推定を行ない、炭化物の分布と合金濃度差との関係を調べた結果を述べたもので、不均一組織を生成する各合金元素の臨界濃度差は本実験の範囲内では各元素に対し0.06~0.18%の範囲にあることなどを明らかにしている。

第6章においては残留W組織を有する炭素鋼の機械的性質を述べている。残留W組織は変形が不均一におこるため、曲げ試験では表面じわを発生するが、オーステナイト領域から焼入して、焼もどしを行なった場合には炭化物の不均一分布がみられ、遷移温度が上昇して衝撃性質を劣化することがある以外は、一般の機械的性質には悪い影響は認められないことなどを見出している。

第7章は総括で、以上の結果をまとめたものである。

## 論文審査の結果の要旨

中炭素鋼大型鍛造品にみられた焼準などの通常の熱処理では簡単に消去されずに残留する特異なウイドマンステッテン組織（以下W組織と略称する）の存在は、製造上大きな障害となっていた。著者はこれを

残留W組織と名付け、従来から殆んど研究されていないこの組織の発生過程とその生成原因を、金属組織学的に明らかにしようとしたものである。

まず、大型鍛鋼品に認められる残留W組織の性状ならびにこれが発生した材料の材質や熱処理条件を詳細に調べ、この組織の成因が材料の材質に固有なものでなく、熱処理条件によるものであることをつきとめ、熱処理過程を解析することによって、鍛造の熱処理条件が重要であることを推論した。この結果にもとづき、 $A_{c1}$  変態点近傍における等温ならびに非等温加熱の影響を詳細に究明した。すなわちW組織に $A_{c1}$  変態点近傍の加熱を与えることにより、調質熱処理を行なってもこの組織が著しく消去され難くなり、前のW組織と位置的にはほぼ1対1の対応をもつ残留W組織が新しく形成されることを明らかにした。

つぎに残留W組織の有する非消去性は、後続の熱処理と関連する相対的な性質であり、前処理条件すなわち加熱温度  $T_p$ 、加熱時間  $t_p$  の効果は、 $P = T_p (20 + \log t_p)$  なるパラメーターによって統一的に評価されること、一方消去処理温度  $T_A$  と消去時間  $t_A$  との関係は、 $t_A = C \cdot \exp(Q/RT_A)$  で与えられること、ただしCはPの関数として表わしうることなどを明らかにし、残留W組織の成因は前処理中におこる合金元素の偏析による不均一変態に起因するものであること、また消去過程はオーステナイト内の成分の均一化現象と関連し、不均一変態をおこすに必要な臨界濃度差以下まで均一化された時に初めて消去されることなどを推論した。さらにこれを確かめるために、前処理に伴う組織変化、前処理材のオーステナイト化における各種の因子ならびに前処理が冷却中の変態に与える影響などを調べ、 $A_{c1}$  変態点以下の加熱では、合金元素の炭化物中への濃縮または最初に生成したパーライト中のフェライトからの排出により、またフェライト・オーステナイト状態の加熱では、フェライトおよびオーステナイト両相への合金元素の平衡分配によって、前組織と対応した特定位置に合金元素が不均一に分布することを実証し、残留W組織の生成は、前処理中に形成される合金元素の偏析効果による不均一変態に起因するものと結論した。つぎに各種合金元素の影響と不均一変態に起因するものと結論した。つぎに各種合金元素の影響と不均一変態をおこす臨界濃度差について検討し、合金元素を含まない炭素鋼では決して残留W組織が生成しないことを実証するとともに、Mn, Cr, Si, Ni などの各元素の効果の差異は、熱処理中における合金元素の不均一分布を形成する度合ならびに変態諸特性に及ぼす効果の大小と関連して説明されることを明らかにし、また濃度差を有する合板の実験結果から臨界濃度差が各合金元素について、0.06~0.18重量%の範囲にあることを決定し、前後処理中に生成する偏析が不均一変態をおこすに十分な大きさのものであることを確認している。

要するにこの論文は、中炭素鋼大型鍛造品における残留W組織の発生過程とその成因を明らかにするとともに、熱処理前後の組織の関係、前処理の後続処理への影響、またさらに前処理のオーステナイト化への影響という熱処理の一般的かつ基本的ないくつかの問題をも解明したもので、学術上工学上寄与するところが少なくない。よって本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。