

準安定オーステナイト系ステンレス鋼の α' マルテンサイト変態挙動に及ぼす炭素・窒素の影響

増村, 拓朗

<https://hdl.handle.net/2324/1806999>

出版情報 : 九州大学, 2016, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 増村 拓朗

論 文 名 : 準安定オーステナイト系ステンレス鋼の α' マルテンサイト変態挙動に
及ぼす炭素・窒素の影響

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

SUS304(Fe-18%Cr-8%Ni 合金)に代表される準安定オーステナイト系ステンレス鋼は極低温までの冷却や冷間加工によって α' マルテンサイト変態が生じるという大きな特徴を有する。一般的に α' マルテンサイトは硬質であり、強度が不十分なオーステナイトの高強度化に役立つ。一方で、 α' マルテンサイトは磁性、水素脆化の原因となる組織でもあり、用途に応じて α' マルテンサイト変態を制御することが重要となる。 α' マルテンサイト変態は合金元素により大きな影響を受けるが、数ある合金元素の中でも炭素・窒素は特に大きな効果をもたらす。両元素はオーステナイトおよび α' マルテンサイトの強度を大幅に上昇させるとともに、強力なオーステナイト安定化元素でもあり、 α' マルテンサイト変態を抑制することが知られている。しかしながら、 α' マルテンサイト変態挙動に及ぼす炭素と窒素の影響の差を厳密に調査した例はなく、両者の影響は同等であろうとみなされてきた。今後、炭素・窒素を利用した合金設計をしていくには両者の影響を個別かつ広範囲に調査していくことが求められる。本研究では、準安定オーステナイト系ステンレス鋼である Fe-18%Cr-8%Ni 合金に最大 0.2%の炭素または窒素を個別に添加し、 α' マルテンサイト変態挙動および加工硬化挙動に及ぼす炭素・窒素の影響の相違を調査した。

第1章では、本研究の背景および目的について述べた。

第2章では、極低温への冷却により生じる athermal α' マルテンサイト変態に及ぼす炭素・窒素の影響について調査した。炭素添加鋼と比べて窒素添加鋼は athermal α' マルテンサイト変態開始温度 (M_s^a)が低く、窒素のほうが熱的安定安定化効果は大きい。両者の相違の原因を組織観察および熱力学的計算により考察した。本研究で扱った鋼種における athermal α' マルテンサイト変態は必ず ϵ マルテンサイトを介した $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha'$ 変態であり、 ϵ マルテンサイトが無ければ α' マルテンサイト変態は生じない。したがって、熱的安定度は ϵ マルテンサイトの形成しやすさに依存し、それは積層欠陥エネルギーによって決まる。Olson らによる積層欠陥エネルギーの計算式および *Thermo Calc.*による熱力学計算を用いた結果、炭素・窒素はともに積層欠陥エネルギーを上昇させ、その効果は窒素の方が大きいことが分かった。したがって、窒素のほうが熱的安定度を高める理由は、積層欠陥エネルギーが炭素添加鋼よりも高く、 ϵ マルテンサイト変態を抑制するためであると結論できる。

第3章では、加工誘起 α' マルテンサイト変態挙動に及ぼす炭素・窒素の影響を調査した。 γ の機械的安定度に及ぼす炭素・窒素の影響は、熱的安定度の場合とは反対に、炭素のほうが機械的安定度を高める効果大きい。その原因を加工誘起 α' マルテンサイトの形成メカニズムの観点から考察した。積層欠陥エネルギーの低さに起因して、炭素添加鋼では ϵ マルテンサイトや変形双晶が頻度高く形成され、それらを核生成サイトとして加工誘起 α' マルテンサイト変態が生じる。一方で、積層欠陥エネルギーの高い窒素添加鋼では ϵ マルテンサイトや変形双晶が抑制され、転位組織を核生

成サイトとしている。この核生成サイトの違いにより加工誘起 α' マルテンサイトの成長挙動に相違が生じる。炭素添加鋼では ϵ マルテンサイトや変形双晶と γ との界面が α' マルテンサイトの成長の障害となり、 α' マルテンサイトは微細なまま残存する。一方で、窒素添加鋼では転位組織は α' マルテンサイトの障害にはなり得ず、粗大化した加工誘起 α' マルテンサイトが形成される。そのため、加工誘起 α' マルテンサイト変態が量的に促進され、窒素添加鋼での機械的安定度は低くなる。

第4章では、機械的安定度に及ぼす炭素・窒素の影響の温度依存性を調査した。様々な温度で機械的安定度を調査した結果、変形温度によらず機械的安定度に及ぼす炭素・窒素の影響は炭素の方が大きいことが明らかとなった。ただし、温度が低いほど窒素添加鋼でも ϵ マルテンサイトや変形双晶が形成されやすくなり、炭素添加鋼との加工誘起 α' マルテンサイト変態挙動の差異が小さくなる。一方で、温度が高いと炭素添加鋼と窒素添加鋼では全く異なる変形組織が発達し、前者では変形双晶、後者では転位組織の形成が見られた。この違いは積層欠陥エネルギーの計算結果から説明でき、変形組織の相違に起因して加工誘起 α' マルテンサイト変態挙動の差は低温での変態時よりも大きくなる。

第5章では、圧延材の硬さ変化や引張変形挙動から準安定 γ 系ステンレス鋼の加工硬化挙動に及ぼす炭素・窒素の影響を調査した。炭素・窒素は機械的安定度を向上させ、加工誘起 α' マルテンサイト量を低減させる一方で、加工誘起 α' マルテンサイトの硬さを大幅に高めることで加工硬化の上昇に有効である。炭素の方が α' マルテンサイトに対する硬化能が高いため、炭素添加鋼でより大きな加工硬化が得られる。

最後に、第6章で各章の研究成果を総括した。