

5-6 より強いステンレス鋼の開発を目指して —高輝度放射光を用い中間相として ϵ 相を室温で世界初観測—

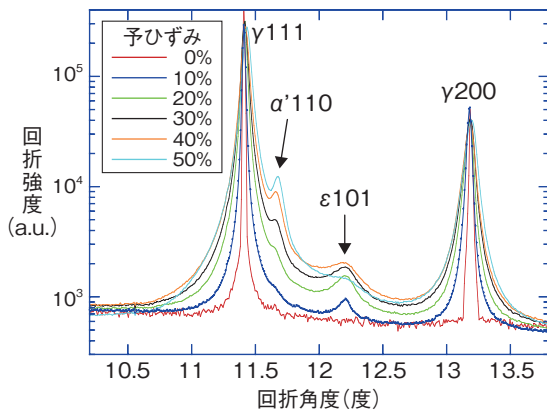


図5-15 予ひずみを与えた SUS304 試料の X 線回折プロファイル

予ひずみの値が大きくなるに従い ϵ 相が生成、増加し、遅れて α' 相が増加していく様子が観察されます。

ステンレス鋼は、 γ 鉄を主成分としクロム (Cr) 10.5% 以上、ニッケル (Ni) などの合金元素を微量に含む合金鋼です。SUSはその呼称で、その代表的なものが 18%Cr、8%Niを含む JIS で規格化された SUS304 です。SUS304 は錆びにくく機械的性質も大変優れているため、厨房・家電や自動車・鉄道車両、原子炉シュラウドなど幅広く実用されています。SUS304 に外部から力を加えると結晶構造が変わり、強くなる、伸びも大きくなることが知られています。このような壊れにくく、加工しやすい特性を向上させるためには、結晶構造の変化のプロセスを解明することが大変重要となります。

SUS304 の結晶構造は、 γ 相と呼ばれる面心立方構造 (face-centered cubic: fcc 構造) の相の中に発生する欠陥や転位を起点に体心立方構造 (body-centered cubic: bcc 構造) の α' 相に変化することが知られています。これまでの研究において、 γ 相から α' 相への変化において中間相として ϵ 相と呼ばれる六方最密充填構造 (hexagonal close-packed: hcp 構造) が出現することが電子顕微鏡観察により報告されていますが、 ϵ 相は室温以下の低温でしか観測されておらず、「室温においては」 ϵ 相は出現しないと考えられてきました。

本研究では、室温において ϵ 相が生成していることを放射光回折法により調べました。実験は大型放射光施設 SPring-8 のビームライン BL02B1 において行いました。図 5-15 は得られた X 線回折データです。予ひずみの値が大きくなるに従い ϵ 相が生成し、増加していく様子が観察されました。さらに、この ϵ 相の増加に遅れて α' 相が増加していく様子が観察されました。 ϵ 相の量は γ 相や α' 相に比べると極めて少ないですが、SPring-8 の

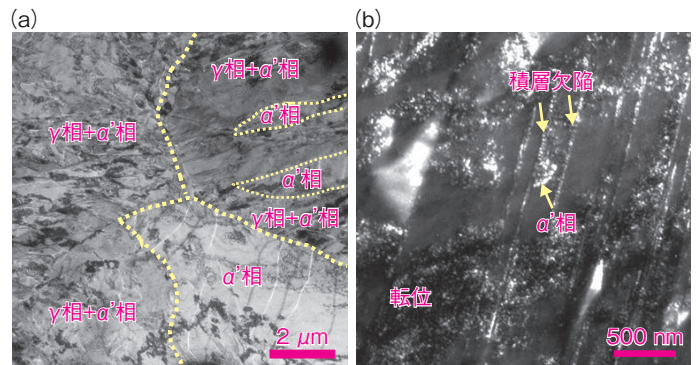


図5-16 SUS304 試料片(伸び 20%)のローレンツ電子顕微鏡写真 (a) フレネル像は、点線で示した二つの γ 相 + α' 相の結晶界面付近に強磁性 α' 相が生成しています。(b) フォーコ像は、強磁性の α' 相が白く見え、積層欠陥や転位の周囲にナノサイズの点状のコントラストが観察されます。

高輝度光源を用いることにより明瞭に観測することができました。この結果はこれまでの報告とは異なり、室温においても ϵ 相が生成していることが分かりました。そして、 γ 相は中間相 ϵ 相を経て α' 相へ変化していることが示唆されました。

そこで、次に α' 相がどのようにして生成するのか、ローレンツ透過型電子顕微鏡を用いてマイクロなスケールで組織観察を行いました。 α' 相は強磁性体ですのでローレンツ透過型電子顕微鏡を用いることによって非磁性体である γ 相 (及び ϵ 相) の領域と区別することができます。予ひずみを与えた伸び 20% の試料を観察したところ、図 5-16 に示すように γ 相の欠陥に沿って α' 相が存在していることが分かりました。このことは α' 相が、積層欠陥や転位の部分を起点に成長していることを示唆しています。

以上の測定から、室温での加工誘起マルテンサイト変態において新たに見いだされた一つのプロセスとして、 γ 相の双晶境界付近に ϵ 相が生成し、それが α' 相へと変態することが分かりました。これらの相がステンレスの特性の起源となっている可能性があるため、現在これらの性質を詳細に調べています。

なお、SUS304 は水素を添加すると引張延性が下がり脆くなるため、実用面において大きな課題となっています。私たちの最近の研究から、水素による脆化は室温において高密度の ϵ 相が形成されることによって起こることが分かってきました。すなわち本研究の成果は今後、水素によるステンレス鋼の脆化の機構解明と水素環境中で使用する材料提案や材料開発にもつながると期待されます。

●参考文献

Hatano, M., Shobu, T. et al., Presence of ϵ -Martensite as an Intermediate Phase during the Strain-Induced Transformation of SUS304 Stainless Steel, Philosophical Magazine Letters, vol.96, issue 6, 2016, p.220-227.