

 茨城県 IBARAKI Prefectural Government MLF Experimental Report	提出日(Date of Report) 2018年1月20日
課題番号(Project No.) 2017PM0008 実験課題名(Title of experiment) ラインプロファイル解析による高 C・N オーステナイト系ステンレス鋼の転位組織および加工硬化挙動の評価 実験責任者名(Name of principal investigator) 土山聡宏 所属(Affiliation) 九州大学	装置責任者(Name of responsible person) 石垣徹 装置名(Name of Instrument : BL No.) iMATERIA (BL20) 実施日(Date of Experiment) 2017年11月22-23日

実験目的、試料、実験方法、利用の結果得られた主なデータ、考察、及び結論を記述して下さい。

実験結果などの内容をわかりやすくするため、適宜図表添付して下さい。

Please report experimental aim, samples, experimental method, results, discussion and conclusions. Please add figures and tables for better explanation.

<p>1. 実験目的(Objectives of experiment)</p> <p>オーステナイト系ステンレス鋼の高強度化するためには、炭素・窒素といった侵入型元素の利用が不可欠となる。申請者らは両元素が加工硬化能を高めることを明らかにしており、加工後の時効により更なる強度を付与することも可能であるため、工業的な利用価値は高い。しかしながら、炭素・窒素により変化と思われる転位密度や変形組織と加工硬化の関連性については不明な点が多い。したがって、本研究では、申請者らが考案した Direct fitting 法⁽¹⁾を中性子回折に初めて適用し、転位密度の評価をすることで、加工硬化挙動に及ぼす炭素・窒素の影響の原因を解明することを目的とする。</p> <p>(1) S.Takaki, F.Jiang, T.Masumura and T.Tsuchiya: ISIJ International, Vol.58 (2018), No.4.</p>

<p>2. 試料及び実験方法</p> <p>Sample(s), chemical compositions and experimental procedure</p> <p>2.1 試料 (sample(s))</p> <p>安定オーステナイト系ステンレスである Fe-18Cr-12Ni 合金に炭素と窒素を 0.1%添加した試料(0.1C 鋼および 0.1N 鋼)の圧延材および、積層欠陥エネルギーの影響を評価するため、SUS316L(Fe-18Cr-12Ni-2Mo)、SUS310S(Fe-25Cr-20Ni)、Fe-30Ni 合金の圧延材を用いた。また、標準材として 1200℃で 30 分焼鈍させた後炉冷した SUS316L を用いた。</p> <p>2.2 実験方法(Experimental procedure)</p> <p>圧延材の ND 方向に対して中性子線を入射させ、最も 1/d 分解能が高い BS バンク(2θ =145-165deg.)で検出したラインプロファイルを解析した。転位密度解析は、Direct fitting 法を適用させた modified Williamson-Hall 法(DF/MWH 法⁽¹⁾)によりパラメータΦ(=(π/2)^{1/2}Abρ^{1/2})を求め、硬さ試験により求めた加工硬化量との相関を調査した。</p>
--

3. 実験結果及び考察（実験がうまくいかなかった場合、その理由を記述してください。）

Experimental results and discussion. If you failed to conduct experiment as planned, please describe reasons.

Fig.1には0.1C鋼と0.1N鋼の圧延材の加工硬化量を示す。いずれの試料においても圧延により大きな加工硬化を示しているが、0.1C鋼のほうがわずかに高い加工硬化量を有している。Fig.2にはDF/MWH法により求めた ϕ と加工硬化量の関係を示す。 ϕ は $(\pi/2)^{1/2}Ab\rho^{1/2}$ であり、ここでAは転位の有効ひずみ場の有効半径応力に依存する定数、bはバーガースベクトル、 ρ は転位密度を意味する。つまり、 ϕ は転位密度に依存した値であり、解析が複雑な modified Warren-Averbach 法を行わなくても転位密度の議論ができると考えられる。改めて Fig.2 を見ると、 ϕ は0.1N鋼のほうが大きい傾向にあり、0.1N鋼で転位蓄積が促進されていると考えられる。しかしながら、加工硬化量は逆に0.1C鋼で大きい。これは、オーステナイト鋼の加工硬化量は転位密度のみで決定されるわけではないことを示唆している。転位密度以外に加工硬化量に影響を及ぼす因子として、積層欠陥エネルギーが考えられる。積層欠陥エネルギーが低く変形双晶が生成しやすいほど TWIP 効果により加工硬化率が增大するとされており、申請者らは実際に0.1C鋼で変形双晶が多数生成していることを確認している。0.1C鋼ではこの効果で転位密度が低いにもかかわらず大きな加工硬化を示したと考えられる。

積層欠陥エネルギーの影響をより明確にするため、SUS316L、SUS310S、Fe-30Niにおいて同様の解析を行った。積層欠陥エネルギーはSUS316L<SUS310S<Fe-30Niである。解析の結果、同じ ϕ の値であっても積層欠陥エネルギーが低いほど加工硬化量が大きい傾向が見られ、転位密度だけでなくTWIP効果も考慮する必要性が示された。

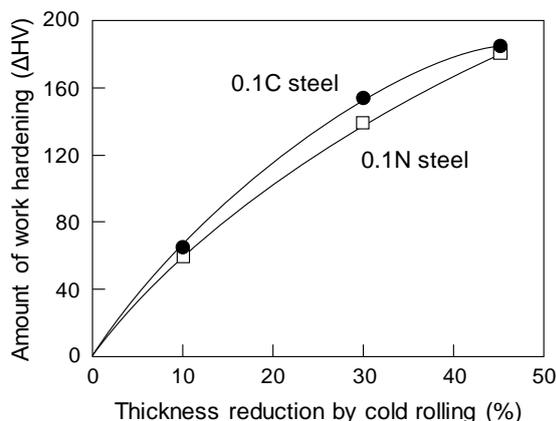


Fig.1 圧延に伴う加工硬化量変化

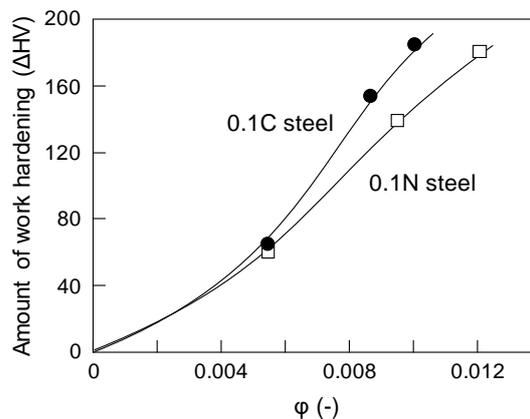


Fig.2 DF/MWH法で求めた ϕ と加工硬化量の関係

4. 結論(Conclusions)

オーステナイト系ステンレス鋼において、窒素よりも炭素のほうが加工硬化能を高める効果が大きい。しかしながら、転位蓄積能は0.1N鋼のほうが大きく、オーステナイト鋼の加工硬化量は転位密度だけでは決まらなると考えられる。

積層欠陥エネルギーが異なる3種のオーステナイト系ステンレス鋼の結果から、 ϕ が同じであっても積層欠陥エネルギーが小さいほど加工硬化量は大きくなることが分かった。したがって、0.1C鋼で大きな加工硬化が得られたのは、積層欠陥エネルギーが低く、変形双晶が多数導入されたためと考えられる。