

バイモーダル組織の変形機構と力学特性

東京大学生産技術研究所 柳本研究室

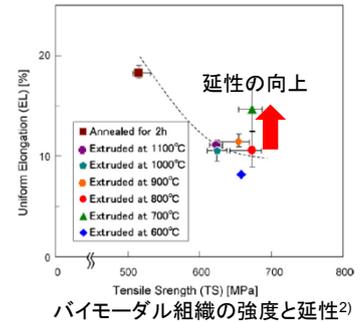
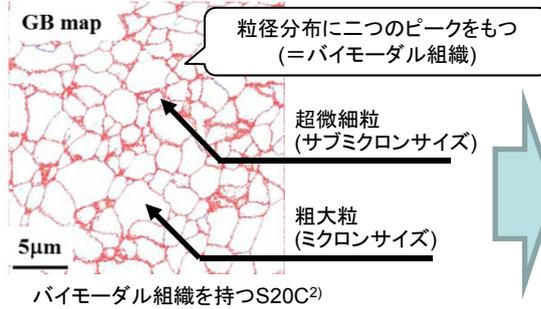
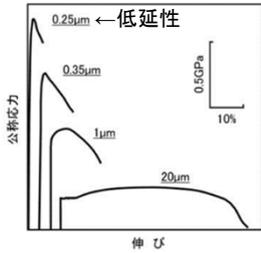


Chair for Hyper-functional Forming
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo
Prof. Dr.-Eng. Jun Yanagimoto

研究背景

近年、高強度を保ったまま高い延性を持つ材料を得る手法として、ナノサイズの超微細粒とサブミクロンサイズの比較的大きな結晶粒が共存するという「バイモーダル組織」を創り出す研究が盛んに行われている。しかし、バイモーダル構造をもつ金属が高い延性を示す機構は、いまだに解明されていないため、本研究ではバイモーダル組織を持つ鉄鋼について、組織の形態をモデル化し、FEMを用いて組織と機械的特性の関係を明らかにすることを目的としている。本研究は、科学技術振興機構(JST)研究成果展開事業・産学共創基礎基盤研究「革新的構造用金属材料創製を目指したヘテロ構造制御に基づく新指導原理の構築」の研究課題「幅拘束大圧下制御圧延による易成形高強度バイモーダル薄鋼板の製造基盤研究」の一部として行われたものである。

バイモーダル組織



解析手法

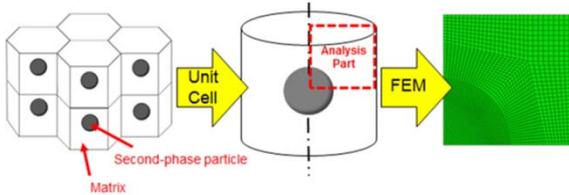
モデル化手法

【SHAモデル】

- 二相組織の解析に広く用いられるSHAモデルを利用。
- 密に詰まった六角柱形状の中央に第二相が存在
- 本解析では、母相に微細粒、第二相に粗大粒を仮定。
- 解析は汎用有限要素法ソフトウェアAbaqus ver.6.12を使用。

【境界条件】

- 上面に一律の強制変位を与える。
- 外面は半径方向に一律変位となるよう拘束。



応力ひずみ曲線の数式化

【数式化手法】

Ishikawaら³⁾による数式化手法を使用。

$$\sigma = \sigma_{YS}(1 + \varepsilon_p) \quad (\varepsilon \leq \varepsilon_k)$$

$$\sigma = F\varepsilon_p^n \quad (\varepsilon > \varepsilon_k)$$

【微細粒と粗大粒に与える機械的特性】

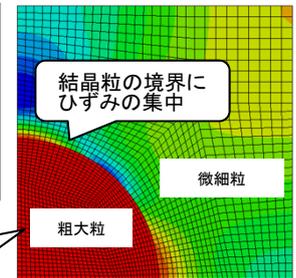
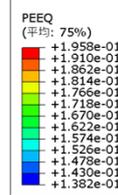
Hall-Petch型のPickering式を使用

$$\sigma_{YS} = 15.4 \left\{ f_a^{\frac{1}{3}} \left[2.3 + 3.8(Mn) + 1.13d^{-\frac{1}{2}} \right] + (1 - f_a^{\frac{1}{3}}) \left[11.6 + 0.255\sigma_o^{-\frac{1}{2}} \right] + 4.1(Si) + 27.6\sqrt{(N)} \right\}$$

$$\sigma_{TS} = 15.4 \left\{ f_a^{\frac{1}{3}} \left[16 + 74.2\sqrt{(N)} + 1.18d^{-\frac{1}{2}} \right] + (1 - f_a^{\frac{1}{3}}) \left[46.7 + 0.235\sigma_o^{-\frac{1}{2}} \right] + 6.3(Si) \right\}$$

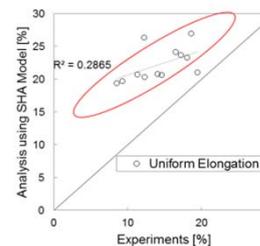
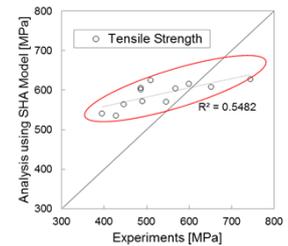
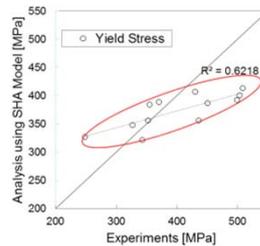
解析結果

バイモーダル組織の、微細粒領域の平均塑性ひずみは、均一な微細組織であった場合の一樣伸び限度よりも大きなひずみにまで到達する。



軟質の粗大粒が優先して変形

相当塑性ひずみ分布



Patraらの創製した低炭素鋼バイモーダル組織12サンプルに対しSHAモデルを用いて解析を行い、降伏応力・引張強さ・伸びの実験値と解析値を比較。

脚注
1)高木那雄, 軽金属, Vol.56, No.11 (2006), pp.609-614.
2)H.-W. Park, J. Yanagimoto, Mater. Sci. Eng. A 567 (2013), pp.29-37
3)Ishikawa et al. ISU Int. Vol.40, No.11 (2000), pp.1170-1179