

強度と延性を両立した構造用金属材料の放射光を利用した組織・変形機構の解析

京大構造材料元素戦略拠点 (ESISM) 1、京大工 2、京大院工 3、兵庫県立大工 4、JASRI⁵
辻 伸泰^{1,2}、松本晃英³、陳 美伝³、柴田暁伸^{1,2}、寺田大将^{1,2}
足立大樹⁴、宮澤知孝⁵、佐藤眞直^{1,5}

究極の構造材料とは、高い強度（強さ）と延性・靱性（のび、ねばさ）を併せ持つ材料であるが、材料の強度と延性・靱性は通常互いにトレード・オフの関係にあり、両立は難しい。いくつかの材料でこれらを両立させる手法が提案されているが、その基礎的機構が明らかでないため、材料開発に直結しにくい。我々は構造材料において強度と延性・靱性を両立させることのできる機構の解明を目的に、Spring-8 の放射光や J-PARC の中性子回折を活用した実験を開始している。本発表では、変態誘起塑性 (Transformation Induced Plasticity: TRIP) 現象の基礎を目的とした放射光実験の成果を紹介する。

TRIP 現象は変形誘起マルテンサイト変態によりもたらされる。変形誘起マルテンサイト変態では、バリエント選択則が働き、特定のマルテンサイトバリエントが優先的に生成して、そのことが強度と延性に影響を与えている。変形誘起マルテンサイト変態におけるバリエント選択則に関しては、これまでにいくつかのモデルが提案されているが、多結晶材でのバリエント選択則については十分な理解が得られていない。これは引張変形中の多結晶体における局所的な応力場が、平均的な外部応力とは異なる不均一なものであることに起因していると考えられる。そこで本研究では、放射光 X 線回折による局所応力場測定技術 [1] を利用して、引張変形中の多結晶オーステナイトのその場局所応力場を測定し、変形誘起マルテンサイト変態におけるバリエント選択則とオーステナイトの局所応力場の関係を明らかにすることを目的として実験を行った。

試料として Fe-24Ni-0.3C (mass%) 合金を用いた。1300 °C、10 min の焼鈍処理を施したのち水冷し、平均結晶粒径が 350 μm のオーステナイト単相組織 ($M_s = -20$ °C) を得た。Spring-8 のビームライン BL28B2 にて、室温で引張試験を行い、引張変形中の試料内部の局所応力場を白色 X 線マイクロビームとエネルギー分散型 X 線回折を利用してその場測定した (Spring-8 課題番号: 2013B1547)。組織の相同定および方位解析には SEM-EBSD を用いた。

Figure 1 は、変形誘起マルテンサイトが生成する前のひずみ量 (引張ひずみ: 0.94%) におけるオーステナイトの局所応力場測定結果を、主応力の方向とその大きさで示したものである (外向き矢印: 引張応力, 内向き矢印: 圧縮応力)。各オーステナイト粒中の局所応力場は、引張方向と平行な一軸引張応力状態とは異なっていることがわかる。生成したマルテンサイトバリエントとオーステナイトの局所応力場の関係を調べたところ、変態に伴う形状ひずみと局所応力場の相互作用エネルギーが大きいマルテンサイトバリエントが生成していることが明らかとなった。

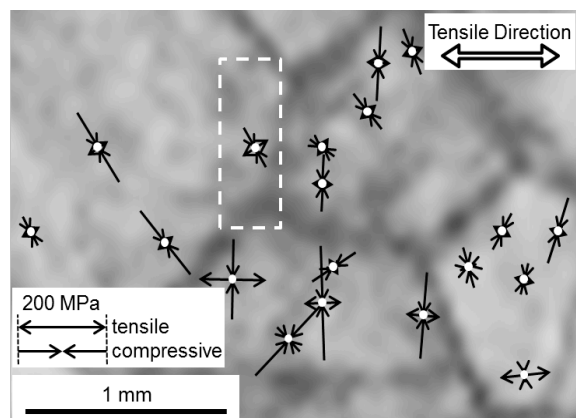


Fig. 1 Local stress field in austenite grains at a tensile strain of 0.94% measured by synchrotron radiation X-ray diffraction (expressed as principal stresses).

文献

[1] K. Kajiwara et al, *ISIJ Int.*, **53** (2013), 165.