

## 溶接金属部の特性予測手法の開発

(株)神戸製鋼所 技術開発本部) 材料研究所

○関 勇一

Development of prediction method on mechanical properties of a weld metal

by Yuichi Seki

キーワード：溶接金属、組織、特性予測、メッシュ分割

Keywords : Weld metal, microstructure, prediction of mechanical property,  
mesh-divided model

### 1. 緒言

「溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発」プロジェクト内の組織ワーキンググループでは、溶接金属部の機械的特性を精度良く予測できる技術を開発中である。具体的には産業界で最も汎用的に使用されている 490MPa 級鋼溶接金属を対象に、フェライトやアシキュラーフェライトに代表される主要組織の生成モデルを開発するとともに、溶接金属部の機械的特性を組織パラメータから予測する技術開発を進めている。また軽量化指向に対応して高張力鋼の使用ニーズの高まりが予想されるが、主要組織がベイナイト、マルテンサイトへと変化していくと、その形成過程だけでなく機械的特性を支配する因子も不明な点が多いのが実状である。そこで 950MPa 級鋼をとりあげ、高張力鋼の機械的特性を支配する組織因子を特定するとともに、特性向上組織の構造解明を進めている。

ここでは上記開発で得られた主な結果について報告する。

### 2. 490MPa 級鋼溶接金属に関する特性予測の考え方

多層盛り溶接金属は複雑な熱履歴を受けるため、各位置ごとにマイクロ組織の異なる複雑組織となる。そこで溶接金属部を細かなメッシュに分割し、各メッシュ位置における特性を個別に予測した後、個別に予測した特性の総和を求めることで全体の特性を予測する考え方である(図 1 参照)。以下に考え方(以下、メッシュ分割モデルと記述)のフローを示す。

(1) 溶接金属の化学成分と温度履歴から、各メッシュ位置でのマイクロ組織を予測する。

(2) 「組織／特性の関係式」(関数： $f$ )により各メッシュ位置の特性を求める。

各メッシュ位置の特性= $f$ (各メッシュ位置の組織パラメータ)

(3) 各メッシュ位置での特性を積算して全体特性を予測する。

溶接金属部全体の特性= $g$ (各メッシュ位置の特性)

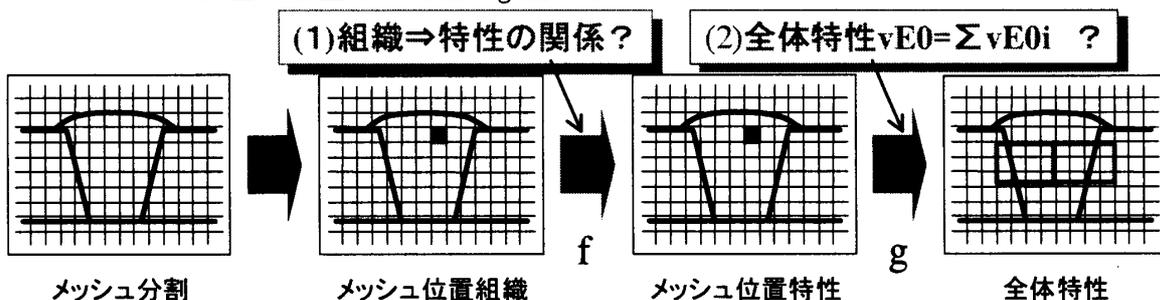


図 1：メッシュ分割による溶接金属の特性予測の考え方

### 3. 490MPa 級鋼溶接金属の検討結果

#### 3.1. フェライト変態モデル

(1)式で記述される核生成・成長モデルにより予測されるフェライト恒温変態率が、実測値と比較的良好一致を示すことを確認した(図2参照)。なお連続冷却過程においても、同モデルによりフェライト分率を予測できることを確認している。

$X$  : フェライト変態率,  $S$  :  $\gamma$  粒界面積

$\alpha$  : Parabolic rate constant,  $t$  : 時間

$C_0$  : 初期 C 濃度  $C_\gamma$  :  $\gamma$  中の平衡 C 濃度

$C_\alpha$  :  $\alpha$  中の平衡 C 濃度

$$X = 1 - \exp \left[ -2S \left( \frac{C_\gamma - C_\alpha}{C_\gamma - C_0} \right) \alpha t^2 \cdot \int_0^1 \left[ 1 - \exp \left\{ - \left( \frac{9}{2} \right) \pi I_s \alpha^2 t^2 (1 - 2x^2 + x^4) \right\} dx \right] \right] \quad (1)$$

site-saturationモデル

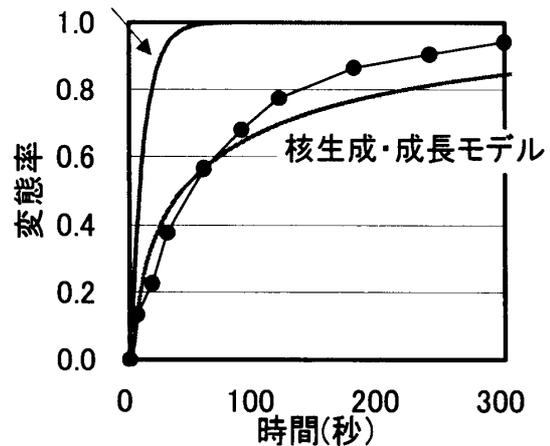


図2 : フェライト変態モデルの検証結果

#### 3.2. 機械的特性の検証結果

溶接金属の  $vE_0$  を対象に、2項の(2),(3)で示した特性予測手法の妥当性を検証した。なお溶接金属の化学成分は以下に固定した。

Fe-0.055C-0.42Si-0.93Mn-0.05Ti-0.07O

得られた結果を図3に示す。

実測値と予測値に乖離は見られるが、メッシュ分割モデルにより、溶接金属の  $vE_0$  の傾向が予測できることがあきらかとなった。

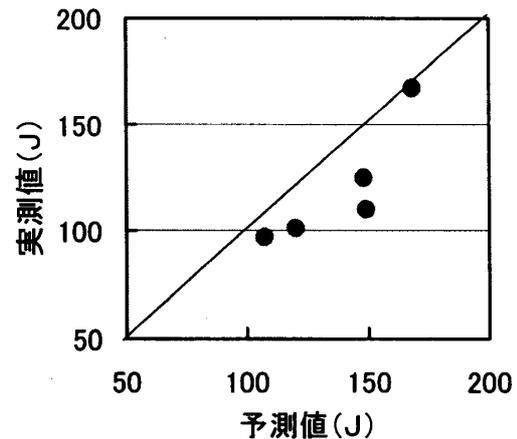


図3 :  $vE_0$ における予測値と実測値の比較

### 4. 950MPa 級鋼溶接金属の検討結果

溶接金属の組織が「微細なラス状マルテンサイト」から「非ラス化+ベイナイト増加」に変化すると MA 組織が増大し、硬さとシャルピ吸収エネルギーが減少することを確認した。

### 5. 今後の検討課題

フェライト変態と特性予測モデルについては、現在、化学成分の拡張性を検討中である。また溶接金属特有の組織であるアシキュラーフェライトについても変態モデルの構築を進めており、本件成果については口頭にて発表する予定である。

### 謝 辞

本研究は経済産業省重要地域技術開発制度の一環として、NEDO から JSUP を通じて委託された「溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発」の成果である。