

549 多層溶接部の熱履歴推定と旧 γ 粒径に及ぼすパス間温度と入熱量の影響

新日本製鐵株式會社 接合研究センター ○橋場 裕治, 糟谷 正
大北 茂, 藤 雅雄

*Prediction of thermal histories and effect of interpass temperature and heat input
on austenite grain size in multipass welds*

by Yuuji HASHIBA, Tadashi KASUYA, Shigeru OHKITA and Masao FUJI

1. はじめに

厚板溶接では近年、能率向上を目的とした大入熱溶接が指向されてきている。また、鋼構造建築分野の溶接施工において、鉄骨柱-梁接合部のような比較的短い溶接長に対し連続往復溶接が行われた場合、パス間温度が過大になるために溶接部強度・靱性の著しい低下を招く危険性がある。このような施工において適正な継手性能を確保するためには、パス間温度および入熱量が溶接部品質に及ぼす影響を評価し、これを予測することが望まれる。

本研究では、溶接部靱性の一要因である旧 γ 粒径の推定を目標とし、まず多層溶接における溶接部熱履歴の推定方法を確立した。次いで、溶接部熱履歴を $800-500^{\circ}\text{C}$ 冷却時間 (Δt_{85}) および旧 γ 粒成長を表現するパラメータ I_{KS} (kinetic strength of the heat cycle) で代表させ、これら熱履歴パラメータを利用して換算入熱量を導入した。旧 γ 粒径との相関を基に、この換算入熱量によって多層溶接部熱履歴における入熱量およびパス間温度の影響を評価可能であるか検討した。

2. 溶接部熱履歴の推定式および推定方法の確立

田中の解¹⁾を一般化した、1つの移動点熱源に対する解析解²⁾を基に、連続往復あるいはパス間温度を一定に管理した条件の多層溶接に対応可能な熱履歴推定方法を確立した。Fig.1に示すように、点熱源が適当な間隔で大板に配置され、2本線で区切られた領域 1-2 は、幅 L が実際の突合わせ継手の溶接長に等しく、実際の試験体に対応する領域である。この領域幅のちょうど2倍の間隔で、適用しようとしている実際の多層溶接のパス数と同じ個数の点熱源を、溶接トーチの移動方向と同じ向きになるように領域 1-2 の左右に配置する。溶接開始と同時に、これら点熱源が実際の溶接速度 V_s ですべて一斉に(矢印方向のみに)動き出すようなmodelを考える。以上のような配置にすることによって領域 1-2 では、点熱源があたかも往復運動する、すなわち連続往復溶接の解析が可能となる。パス間温度一定の多層溶接では、指定した測温点の温度がパス間温度に到達したときに、熱源が領域 1-2 に入ってくるように熱源を配置すれば良い。このように多層溶接部の熱履歴を単一の点熱源による溶接熱伝導の重ねあわせによって表現し、推定することができる。特に機械的特性が最も問題となり得る最終ビードに対する熱履歴は十分精度良く推定できた。計算値と実測値の比較例を Fig.2 に示す。

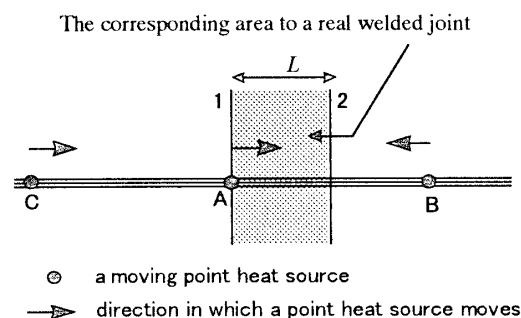


Fig.1 A model for heat conduction analysis of bidirectional multipass welding

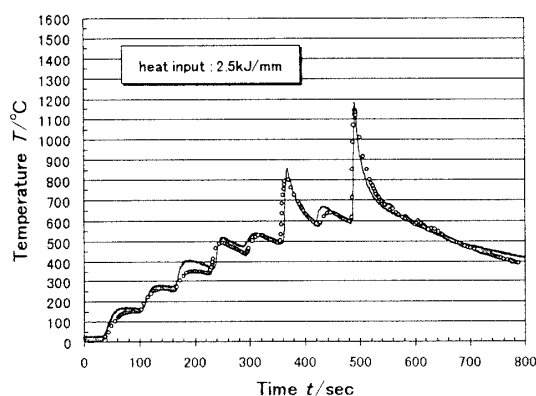


Fig.2 Comparison of experimental (solid line) and calculated (circles) thermal histories for continuous bidirectional welding

3. 熱履歴パラメータおよび換算入熱量の導入

3.1 熱履歴パラメータの選択

靱性値を決定する因子は化学成分等多数存在するが、そのうちのひとつとして旧 γ 粒径が挙げられる。

溶接熱履歴において旧 γ 粒成長を決定しているのは1000℃以上の温度域における熱履歴である。

AshbyとEasterlingは溶接熱影響部の γ 粒成長を評価する熱履歴指標として *kinetic strength of the heat cycles* (I_{KS}) を導入した³⁾。

$$I_{KS} = \int \exp\left(-\frac{Q}{RT(t)}\right) dt, \quad Q=240000 \text{ J/mol}, R=8.31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

I_{KS} は(1000℃以上の)高温域における温度履歴に鋭敏であり、着目する溶接熱履歴から得られる実際の旧 γ 粒径と I_{KS} は良い対応関係を示すと考えられる。本研究では上記 I_{KS} に加え、通常用いられている $\Delta t_{8/5}$ も熱履歴パラメータとして選択した。

3.2 換算入熱量 ($Q_{eq}(\Delta t_{8/5})$, $Q_{eq}(I_{KS})$)の導入

多層溶接の最終パス熱履歴に対しては、入熱量とともに、その直前までのパス間温度も大きな影響を及ぼす。熱履歴パラメータ $\Delta t_{8/5}$ および I_{KS} は、ともに溶接部熱履歴を特徴づけ、比較評価するための指標となり得るが、連続往復多層溶接は従来では考えられないような高パス間温度での溶接施工となるため、パス間温度の熱履歴への寄与分を入熱量に換算することができれば、どの程度の(大)入熱で溶接した場合と同等であるかという見積りが可能となり、その影響を直感的に理解しやすくする上でも役立つものと考えられる。そこで、着目しているある溶接施工の熱履歴パラメータ($\Delta t_{8/5}$ および I_{KS}) が同値となるような、予熱なしで1パスの仮想の溶接に必要な入熱量を「換算入熱量」と定義する。ここでは $\Delta t_{8/5}$ 、 I_{KS} のそれぞれを基準に採り、2種類の換算入熱量 $Q_{eq}(\Delta t_{8/5})$ 、 $Q_{eq}(I_{KS})$ を導入する。これら換算入熱量は前節の熱伝導modelに基づいた計算により得られる。

4. 換算入熱量とHAZの旧 γ 粒径との相関

多層継手の溶接部品質の計算予測の観点から、熱影響部の旧 γ 粒径を実測し、熱履歴推定式をもとに計算した換算入熱量 $Q_{eq}(\Delta t_{8/5})$ 、 $Q_{eq}(I_{KS})$ との相関より、旧 γ 粒径の換算入熱量による評価可能性について調査した。まず、パス間温度を一定に管理した溶接条件での熱伝導推定結果から2種類の換算入熱量の計算を行う。次に、計算と同じ条件で実際に継手を作製し、最終パスのBond線近傍のHAZ部旧 γ 粒径をマイクロ組織観察により決定し、平均粒径を求めた。測定した旧 γ 粒径と、換算入熱量 $Q_{eq}(\Delta t_{8/5})$ 、 $Q_{eq}(I_{KS})$ の対応関係をそれぞれ Fig.3, Fig.4 に示す。

5. 考察およびまとめ

実験結果(Fig.3, Fig.4)より、HAZ部旧 γ 粒径 d_γ は、換算入熱量 $Q_{eq}(I_{KS})$ と良い相関を示し、単調増加関数により表現可能である。一方、換算入熱量 $Q_{eq}(\Delta t_{8/5})$ とは必ずしも単調な相関を持たないことが示される。従って、換算入熱量 $Q_{eq}(I_{KS})$ は $Q_{eq}(\Delta t_{8/5})$ よりも溶接熱履歴と旧 γ 粒径を関連付ける有効なパラメータとして利用可能と考えられる。

また、換算入熱量により、パス間温度の溶接部熱履歴に与える影響を入熱量を基準として取扱うことが可能であることが示された。

参考文献

- 1) 田中 正三：溶接学会誌, 9 (1943), p13.
- 2) T. Kasuya and N. Yurioka: Welding J., 72 (1993), p107s.
- 3) M. Ashby and K. Easterling: Acta metall., 30 (1982), p1969.

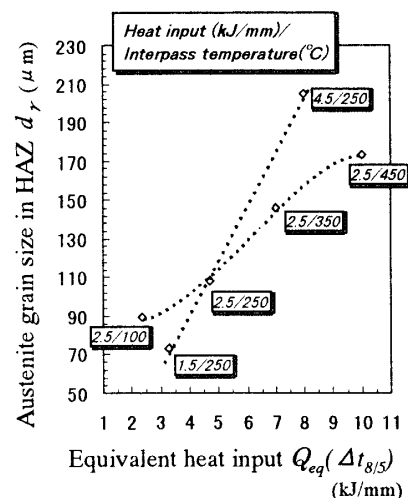


Fig.3 Austenite grain size in HAZ as a function of equivalent heat input $Q_{eq}(\Delta t_{8/5})$

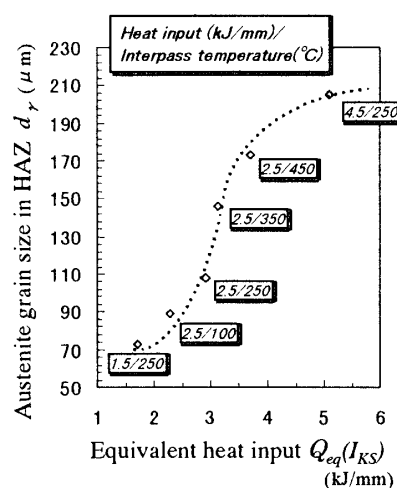


Fig.4 Austenite grain size in HAZ as a function of equivalent heat input $Q_{eq}(I_{KS})$