

417エキスパートシステムを用いた炭素鋼の液相拡散接合の最適化

—液相拡散接合のエキスパートシステム（第2報）—

大阪大学大学院工学研究科

西本和俊, ○才田一幸

同（現 光洋精工(株)）

妙中 真

Optimization of Transient Liquid Phase Bonding Process of Carbon Steel using Expert System

- Expert System for Transient Liquid Phase Bonding (Report 2) -

by Kazutoshi NISHIMOTO, Kazuyoshi SAIDA and Makoto TAENAKA

1. 緒言

前報では、液相拡散接合プロセスの最適化を目的としたエキスパートシステムを構築した。そこで、本報告では、ケーススタディとして炭素鋼を取り上げ、エキスパートシステムによる液相拡散接合プロセスの最適化を実施した。

2. 供試材料および実験方法

Table 1 Chemical composition of base metal used (mass%)

接合に用いた母材は市販の炭素鋼

S45Cである。その化学組成をTable 1

に示す。液相拡散接合は接合温度

1373 ~ 1473K, 保持時間 600 ~ 7200s の条件にて実施した。接合継手の特性は常温引張試験（引張速度：0.166mm/s）およびシャルピー衝撃試験（試験温度：353K）により評価した。

3. インサート金属候補材, 評価要素および実験条件範囲の選定

実験計画支援システムを用いて、実験計画の策定を行った。インサート金属に具備すべき条件と過去のFe基合金の液相拡散接合データベースをもとに、インサート金属合金系として、Ni-Cr-Si-B合金を選定した。また、各元素の添加量の上限を6mass%とした。インサート金属の接合性能を評価するための評価要素は、インサート金属の融点、接合部の硬さおよび脆性生成相生成能（CIW）の3要素を選定した。さらに、プロセスパラメータの最適化のための接合継手特性の評価要素は、接合強さおよび靱性を選定した。

4. インサート金属組成の最適化

4.1 評価要素の定式化と理想値の探索

インサート金属合金設計支援システムを用いて、インサート金属組成の最適化を実施した。実測値をもとに評価要素の定式化と理想値の探索を行った。Fig.1は定式化モジュールによるCIWの定式化と極値探索モジュールによる理想値を等Cr添加量断面の等特性線図として示したものである。探索領域内のCIWの理想値は、最大値295.5 μ mである。同様に、融点および硬さの理想値は、それぞれ最小値1217KおよびHV208.9と求められた。

4.2 希求水準の設定および最適組成の探索

各評価要素の最適希求水準を融点：1400K, CIW：

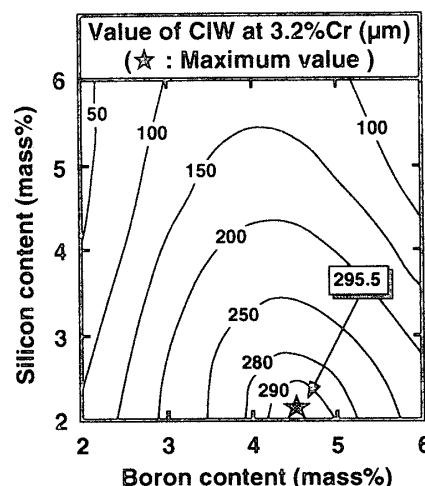
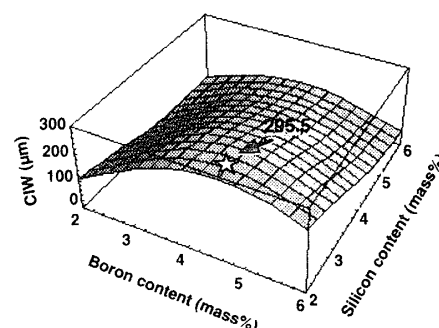
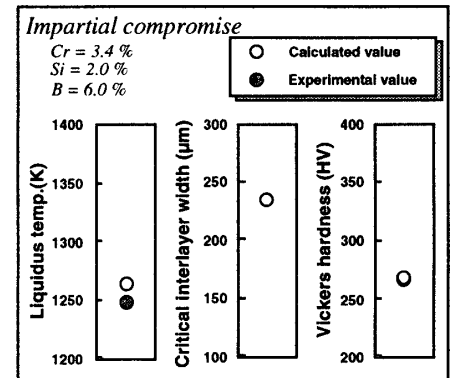


Fig.1 Contour map of CIW cross-sectioned containing the maximum value

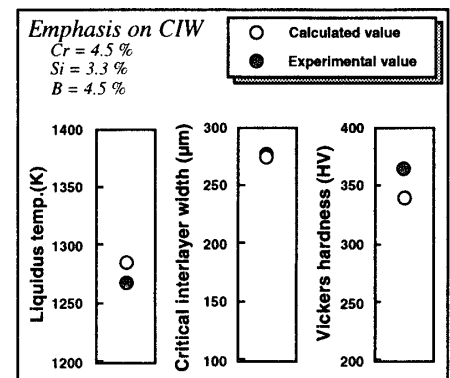
50 μ m, 硬さ:HV500 (平等解) とし, CIW を重視した希求水準も設定した. 最適化モジュールにより探索した最適解を Fig.2 に示す. 平等解は Ni-3.4Cr-2.0Si-6.0B であり, CIW 重視解は Ni-4.5Cr-3.3Si-4.5B である. また, これらのインサート金属を用いたときに予測される接合性能は, いずれも実測値とほぼ一致しており, 本手法の妥当性が検証された.

5. プロセスパラメータの最適化と安全裕度の検討

CIW 重視解を用いた接合継手について, プロセスパラメータ最適化支援システムを用いて接合強さと靱性を合理的に満足する接合条件を選定した. 接合条件を変化させたときの引張強さおよびシャルピー衝撃吸収エネルギーの等特性線図と理想値 (最大値) をそれぞれ Fig.3 および Fig.4 に示す. また, 図中には希求水準を引張強さ: 570MPa, 衝撃吸収エネルギー: 4.5J としたときの最適解 (★印) もあわせて示す. 最適解は 1425K $\times$ 7.2ks であり, 予想される引張強さは 679MPa, 衝撃吸収エネルギーは 4.89J である. 一方, 最適接合条件の安全裕度を調査するため, 各評価要素の希求水準を満足する接合条件範囲を等特性線図上に表示した. Fig.3 および Fig.4 中の影領域で示すように, 希求水準を満たす接合条件範囲は最適接合条件の位置から広範囲にわたることが理解できる.



(a) Impartial compromise



(b) Emphasis on CIW

Fig.2 Optimal solutions and validity of optimization process

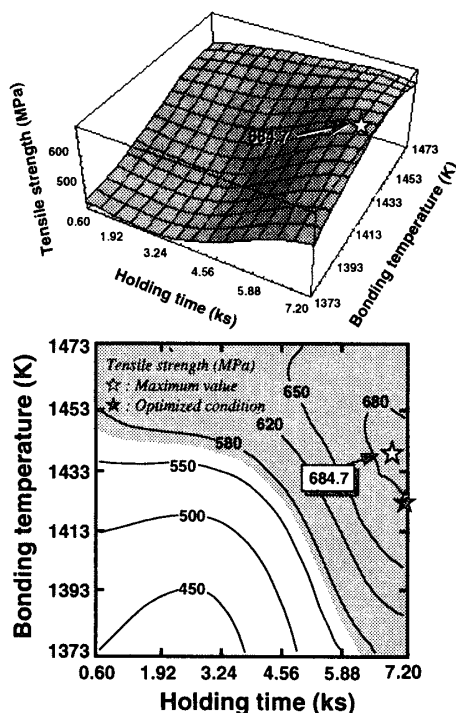


Fig.3 Contour map of tensile strength and optimal solution

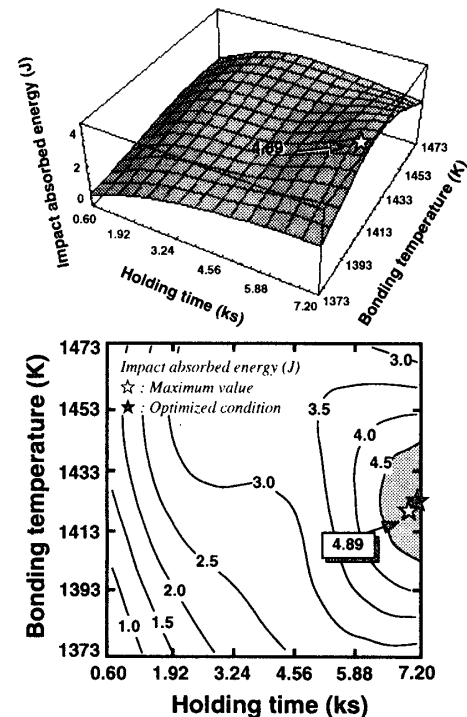


Fig.4 Contour map of absorbed energy and optimal solution