

# Ni と炭素鋼のクラッド層界面での硬化層の生成挙動 — 固相接合界面構造とその制御法に関する研究 (第2報) —

住友金属工業株式会社 鉄鋼技術研究所 小 溝 裕 一  
○小 川 和 博

## Hard Layer Formation at Bonding Interface of Steel/Nickel in Clad Steel — Study on structure at solid state bonding interface and its controlling (2) —

Y. Komizo and K. Ogawa

### I 緒 言

熱間圧延による固相接合を用いて製造されるクラッド鋼では、炭素鋼と合せ材の間にNiをインサートすることが、広く行なわれている。Niインサートの利点は、多く指摘<sup>1)</sup>されているが、Niインサートにともなう炭素鋼との相互拡散が、界面組織性質に及ぼす影響については不明な点が多いため検討を行なった。

### II 実験方法

Table 1 に示す化学組成の炭素鋼を溶製し鍛造圧延により厚さ20mmとし、  
1023K×3.6ksWQ+837K×1.8ksAC

Table 1. Chemical compositions of steel tested (wt.%)

| C     | Si   | Mn   | P     | S     | Ni   | Cr   | Mo   | Nb    | Ti   | Al   |
|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|
| 0.086 | 0.47 | 1.48 | 0.014 | 0.002 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.001 | 0.07 | 0.24 |

なる熱処理を加え、11×11×50(mm)に機械加工した。厚さ2mmの純Ni板を介して試験片を突合せAr雰囲気中で加圧力3MPaで拡散接合し、界面組織、元素分布、硬さ分布を調査した。加熱条件は、1523Kに10ks保持後約40K/sで873～1073Kに冷却し、1ks保持後約40K/sで室温まで冷却とした。この加熱条件は、クラッド鋼用組立スラブの加熱及び、焼もどし、SR処理等を想定して定めた。

### III 実験結果ならびに考察

#### 1. 接合界面層の組織

接合界面層近傍の組織をFig.1に示す1523Kに加熱後923Kに保持すると組織は、炭素鋼側がフェライトパーライト、Ni側がオーステナイトとなっていた。これに対し接合界面には5%硝酸を含むエタノール溶液で黒くエッチされるラス状の組織が認められた。この組織は透過電顕にて観察した結果、転位密度が極めて高く、 $\alpha$ -Feとほとんど同じ格子定数となっていた。(Fig.2) 一方、二段目の加熱温度を1073Kとすると炭素鋼側がベイナイト、Ni側がオーステナイトとなっており、前述のラス状の界面層は認められなかった。EPMAによる線分析結果では、二段目の加熱が、923Kでは、ラス状の界面層部にCの濃化が認められたが、1073Kでは、Cの濃化は認められなかった。

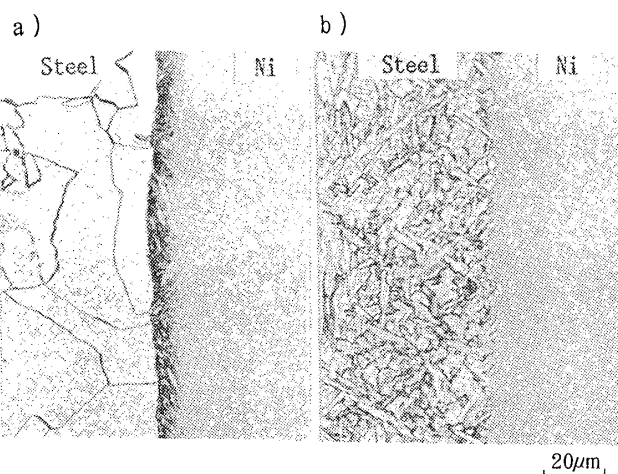


Fig. 1 Microstructure of bonding interface

a) 1523KX10ks+923K+1ks b) 1523KX10ks+1073KX1ks

## 2. 接合界面の硬さ

硬さ分布の一例として、二段目の加熱温度を1073Kとしたときの結果をFig.3に示す。黒くエッチされたラス状の界面層で、著しい硬化が認められた。電顕観察、EPMAによるC分析の結果とあわせ

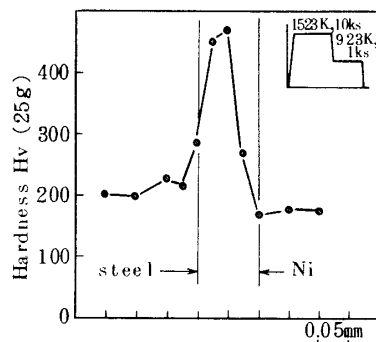


Fig. 3 Hardness distribution of diffusion bonded specimen (1523KX10ks+923KX1ks)

て考えると硬化はマルテンサイト相の生成によるものと考えられる。界面層の最高硬さと二段目の加熱温度との関係をFig.4に示す。界面層の著しい硬化は、二段目の加熱温度が約920~1050Kで生じていた。

## 3. 硬化層の生成機構

供試鋼とNiを電子ビーム溶接により熔融混合させた材料を用い、フォーモスタ試験機にて、1523Kから0.2K/sなる条件で徐冷して $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態温度を求めた。結果をFig.5に示す。供試鋼の変態温度は、Ni量の増加にともない低下する傾向を示した。一方、EPMAにより測定した炭素鋼と界面層のNi量と二段目の加熱温度の関係は、Fig.5で得られたNi量と $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態温度との関係と定量的にほぼ対応した。以上より、高Cマルテンサイト相の界面での生成機構及び加熱温度依存性は次のように考えられる。一段目の加熱終了時には、炭素鋼側にNiの拡散生じており、二段目の加熱温度が母材の $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態温度（この場合約1050K）以下になっても、あるNi量以上の界面層領域は、 $\gamma$ のままとなる。母材では $\alpha$ 変態が進行するが、その際 $\alpha$ に比べC活量の大きい $\gamma$ 側へCが拡散移行し、界面層に高Cの $\gamma$ が生じる。この高Cの $\gamma$ が冷却されてマルテンサイト化し硬化層となるものと推定される。二段目の加熱温度が高い場合には、母材、Ni拡散層とも $\gamma$ のまま安定であるため、また加熱温度が十分低い場合には、炭素鋼の過冷度が大きく $\alpha$ 変態のサイトが多くなるとともに、C拡散が遅くなるため高C層が生じにくいものと推察される。

(参考文献) 1) 吉沢征四郎：本誌，58(1989)，P.189.

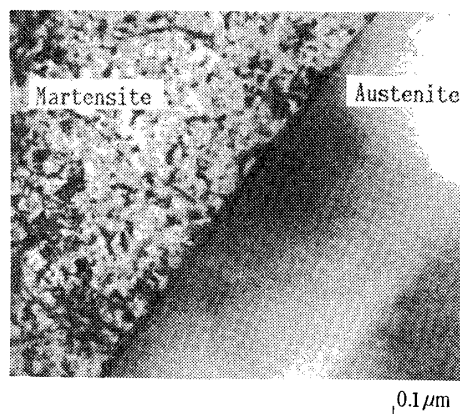


Fig. 2 Electron micrograph in vicinity of bonding interface (1523KX10ks+923KX1ks)

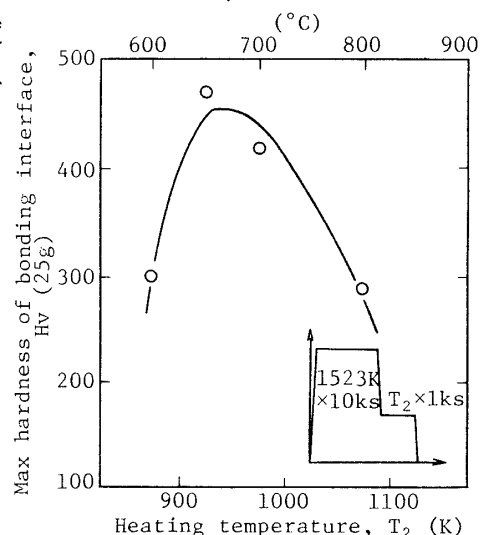


Fig. 4 Effect of heating temperature on max hardness of bonding interface

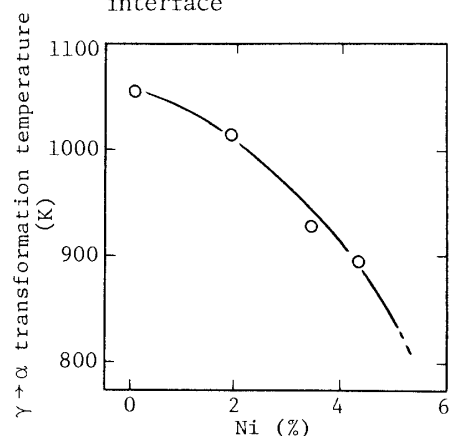


Fig. 5 Effect of Ni content on  $\gamma \rightarrow \alpha$  transformation temperature on steel