

## The distribution of boron in the transient liquid phase bonded joint of carbon steel

by Yasuhiro Shinohara, Yasushi Hasegawa

1. 緒言

液相拡散接合は、被接合材間に挟むインサート金属に含まれるボロンが接合中に被接合材側へ拡散することで接合部が等温凝固する接合であり、近年、鋼材に対する高性能・高効率な接合法として本接合の適用が試みられている。ボロンは微量添加で鋼の焼入性を増大させる元素であることは一般的に知られており、被接合材に拡散したボロンが接合部組織や継手特性などに大きく影響を及ぼす。しかしながら、これまで液相拡散接合部におけるボロンの存在形態について詳細に調査された例はない。そこで、本報では接合中に拡散したボロンの存在形態を明らかにするため、鋼中ボロンの状態分析手法のひとつで中性子線照射による $\alpha$ 線トラックエッチング(A T E)法の適用を試み、鋼の液相拡散接合部におけるボロンの分析を行った結果について報告する。

2. 実験方法

供試材料については、母材は市販されている一般構造用鋼管から $\phi 10 \times 50$ mmに加工した丸棒試験片を用いた。また、インサート金属は市販のNi基アモルファス合金であるMBF-30を用いた。これら化学成分をTable 1に示す。液相拡散接合は、接合温度を1373~1523K、保持時間を0~1800sに変化させて窒素雰囲気中にて接合した。A T E法によるボロンの状態分析は、接合面に垂直な断面組織について行った、A T E法の観察手順は、バフ研磨した観察面にフィルムを貼付した後中性子照射を行う。照射後フィルムを剥離し、化学エッチングした後、光学顕微鏡で観察した。また、接合部に拡散したボロン量の明らかにするため、接合層から任意の位置で接合面に対して平行な100 $\mu$ mの薄片を抽出し化学分析に供した。

Table1 Chemical compositions of materials used (mass%)

	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Ni
Base metal	0.141	0.01	0.67	0.013	0.01	0.037	0.0037	-	-
Insert metal	-	4.5	-	-	-	-	-	3.5	Bal.

3. 実験結果および考察

Fig. 1に接合温度1473Kで保持時間1sおよび600sの接合部のA T E像を示す。ボロンは接合温度に達した接合初期で既に500 $\mu$ m程度拡散し、保持時間600sで約2.0mmまで達することが分かる。保持時間600sのときの拡散したボロン量の分布をFig. 2に示すが、ボロンは接合層近傍で約60ppm、接合層から0.7mm離れた部位で約40ppm、接合層から1.5mm離れた部位で約20ppm存在する。また、粒界にボロンが濃化しその周辺部で欠乏層を生じている。粒界部分を透過型電子顕微鏡で観察すると連鎖上に析出物が存在していることを確認し、多くの析出物は $\text{Fe}_{23}(\text{C}, \text{B})_6$ と同定された。接合後の冷却を急冷にしたときのA T E像では、粒界近傍の欠乏層が認められなかったことから、粒界上のボ

ロンは、接合後の冷却過程で $Fe_{23}(C,B)_6$ として析出したと考えられる。その結果、粒界近傍の焼入性が大きく低下し、接合部組織はFig.3に示すように上部ベイナイト+粒界フェライトを呈する。

また、ボロンの拡散距離を粒界と粒内で比較するとほとんど有意差は認められず、マクロ的に一次元拡散すると見なすことが出来る。Fig.4に、ATE法により求めたボロンの拡散距離と保持時間との関係を示すが、いずれの接合温度においても良好な関係が認められる。これから、ATE法によってボロンが保持時間の増加に伴い母材側に拡散していく様子が正確に観察することができ、本接合におけるボロンの拡散挙動を明らかに出来ると考えられる。

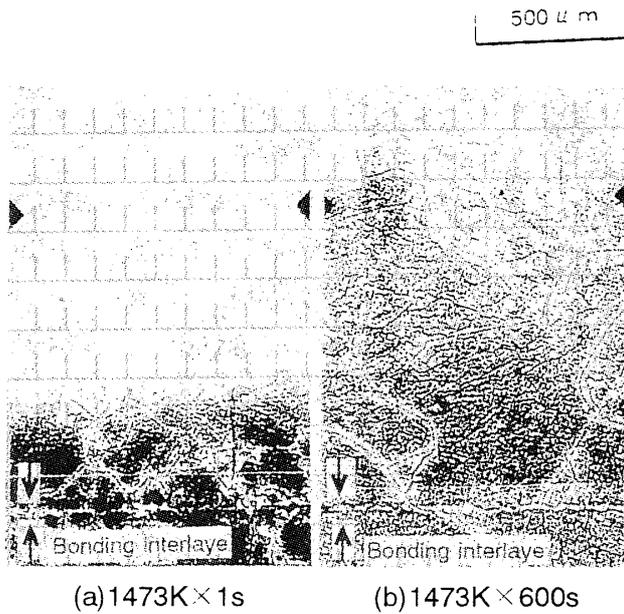


Fig.1 Comparison of  $\alpha$ -autoradiographs of the transient liquid phase bonded joint

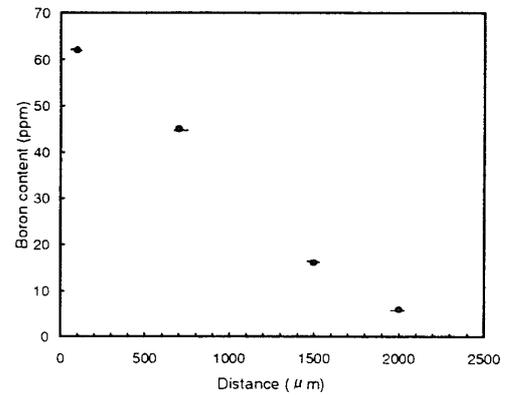


Fig.2 Change of boron content in the bonded joint

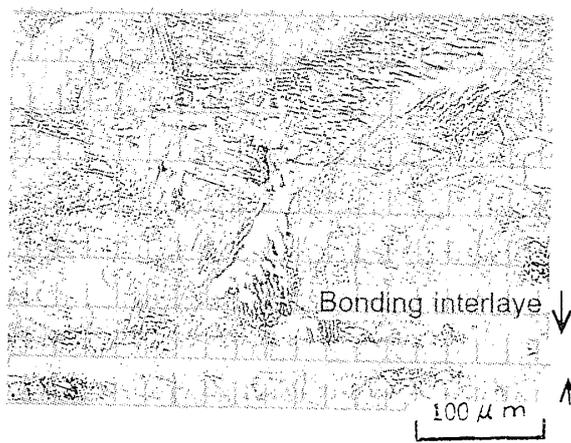


Fig.3 Microstructure of the TLP bonded joint

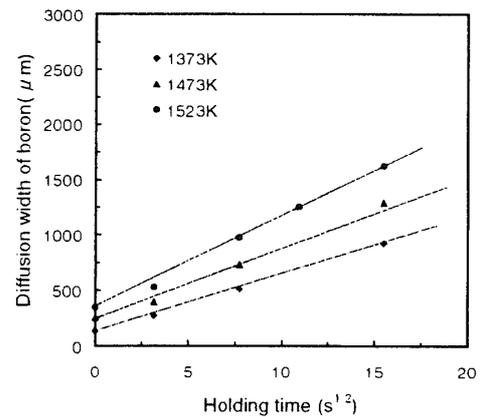


Fig.4 Relation between diffusion width of boron and holding time