

222

充填材を用いた鋼の高周波液相拡散接合継手の強度・破壊特性

大阪大学大学院 ○山根久嗣 大畑 充 豊田政男
 新日本製鐵(株) 篠原康浩 長谷川泰士
 ジェミックス(株) 平松卓也

Strength and Fracture Properties of Transient Liquid Phase Bonded Joint with Spacer for Steel

by Hisashi Yamane, Yasuhiro Shinohara, Yasushi Hasegawa, Takuya Hiramatsu,
 Mitsuru Ohata and Masao Toyoda

1. 緒言

インサート金属としてアモルファス金属箔を用いた高周波液相拡散接合では、被接合材の突合せ精度や表面粗さに高い加工精度が要求される。本研究では、この接合法を鋼構造部材の接合に適用拡大するために、被接合材の加工精度緩和に重点をおきインサート金属間に充填材を挿入する手法を提案し、継手の引張強度特性およびその界面特性に及ぼす充填材厚さ、母材の表面粗さおよび充填材材質の影響に注目した基礎的実験を行った。

2. 供試材および接合方法

本研究では、母材にSTK400を用いてFig. 1に示すような充填材を挿入した突合せ接合継手を作製した。充填材には継手性能に及ぼす材質の影響を検討するために母材と同じSTK400および低降伏点鋼(LYP)を用いた。Table 1は本実験で対象とする接合条件を示したものであり、母材の表面粗さおよび充填材厚さを変化させた。なお比較のため充填材を用いない継手も作製した。本接合では、大気中での高周波誘導加熱により20°C/secで1200°Cまで昇温し、接合圧力10MPaで10分間保持した後、放冷して完了した。母材、充填材およびインサート金属の基本的特性をTable 2, Table 3およびTable 4に示す。

3. 実験・観察の結果および考察

3.1 充填材を用いた接合継手の健全性および引張強度特性

充填材を用いた接合継手は、母材の表面粗さや充填材厚さによらずいずれも接合不良による欠陥や酸化層は認められず、接合継手の健全性は確保されていた。また充填材中央を試験片の中央として採取した丸棒試験片を用いて室温で静的引張試験を行った結果、いずれも接合部から離れた母材部で破断しており、Fig. 2に示すように充填材厚さや母材の表面粗さによらず母材とほぼ同程度の引張強度および伸び特性が確保されていた。

3.2 充填材を用いた接合継手の界面引張強度特性

接合界面に切欠きを設けたFig. 3に示す円周切欠き付丸棒試験片を用いて界面強度特性評価試験を行った。その結果、Fig. 4に示すように、充填材に母材と同質材を用いた継手では充填材なしの継手に比べ、特に充填材厚さが小さい場合に著しい伸びの低下を示した。これらはいずれも充填材内で破断しておりほぼ全面にわたりへき開破面を呈していたのに対し、充填材なしの継手は切欠き底から発生した延性き裂が進展し最終的にへき開破面を呈していた。インサート金属からのボロンの拡散状況の測定および計算から、本接合熱処理条件下での拡散ボロンは、特に充填材厚さが小さい場合に充填材内で濃化する可能性が示唆された。これらのことから充填材に母材と同質材を用いた継手は拡散ボロンにより充填材の靱性が劣化し伸びの低下をもたらしたものと考えられる。一方、充填材に低降伏点鋼を用いた場合には、Fig. 4に示すように充填材なしの継手とほぼ同程度の伸びが確保されていた。これらの破断も全てFig. 5(a)に示すように充填材内で生じており、充填材なしの継手と同様、Fig. 5(b)に示すように破面の周囲に延性破面がみられ中央部はへき開破面を呈していた。接合後の低降伏点鋼は母材熱影響部程度に硬化しており、このことから伸び特性が向上したのは、接合後の充填材としての低降伏点鋼は同じ熱処理条件で充填材にSTK400を用いた場合に比べて靱性の低下が小さかったためであることが示唆された。以上のことから充填材を用いた本接合では充填材材質およびその厚さの適切な選択により界面引張特性を確保できることがわかった。

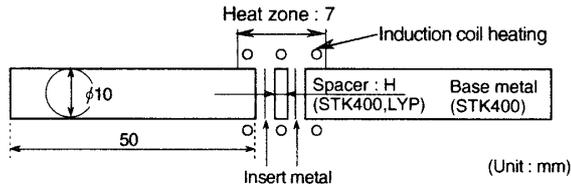


Fig. 1 Method for transient liquid phase bonding with spacer.

Table 1 Conditions of base metal and spacer.

Base metal		Spacer		
Steel	Surface roughness (R_{max} : μm)	Steel	Thickness, H (mm)	Surface roughness (R_{max} : μm)
STK400	6.3	STK400	0.35	6.3
	100			
	6.3		1.15	
	100			
	100	LYP	0.50	
	100	Without		

Table 2 Chemical composition of STK400 and LYP steel used.

Steel	Chemical composition (mass%)					
	C	Mn	Si	P	S	N
STK400	0.141	0.67	0.01	0.013	0.01	0.004
LYP	0.001	0.08	0.009	0.008	0.005	0.002

Table 3 Mechanical properties of STK400 and LYP steel used.

Steel	Mechanical properties					
	σ_y (MPa)	σ_T (MPa)	YR (%)	ϵ_T (%)	El. (%)	R.A. (%)
STK400	374	458	83.5	11.4	25.3	73.8
LYP	101	250	40.3	28.9	51.3	96.5

σ_y : Lower yield stress, σ_T : Tensile strength,

YR : Yield to tensile ratio (σ_y / σ_T)

ϵ_T : Uniform elongation (G.L.=38mm, Dia.=6mm),

El. : Elongation (G.L.=38mm, Dia.=6mm), R.A. : Reduction of area

Table 4 Chemical composition and melting point of insert metal.

Chemical composition (mass%)				Melting point ($^{\circ}\text{C}$)	Thickness (μm)
Ni	Si	B	V		
Bal.	4.5	3.5	2.5	1160	25

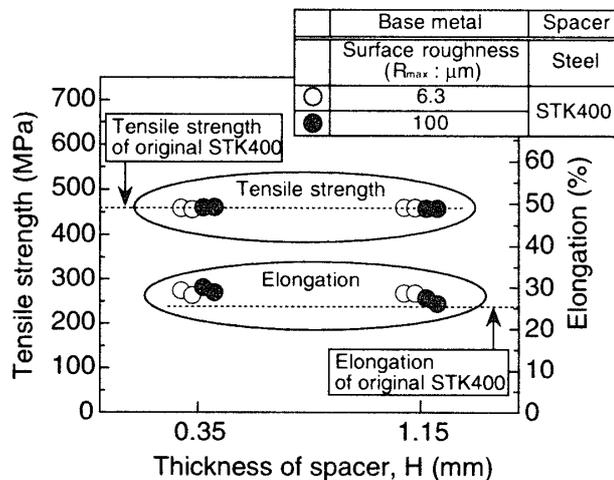


Fig. 2 Effect of thickness of spacer on tensile properties of bonded joints with spacer of STK400.

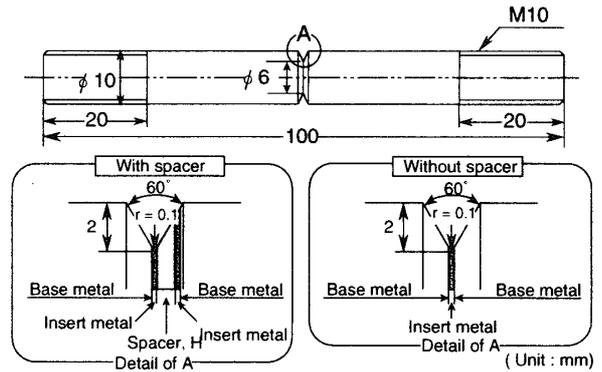


Fig. 3 Configuration of specimen with circumferential notch at bonded interface.

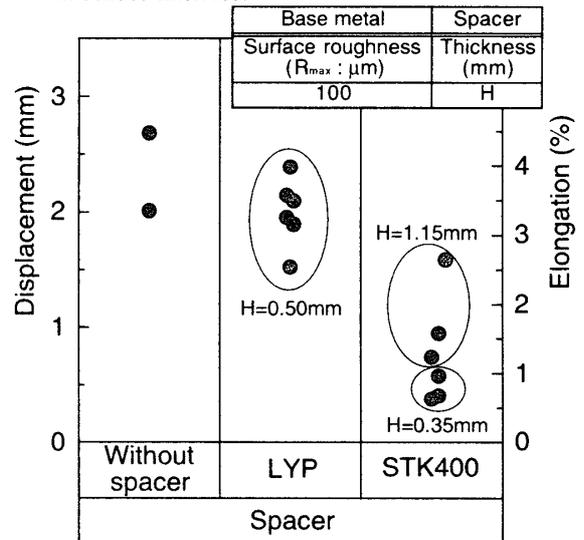


Fig. 4 Effect of spacer on displacement at bonded interface.

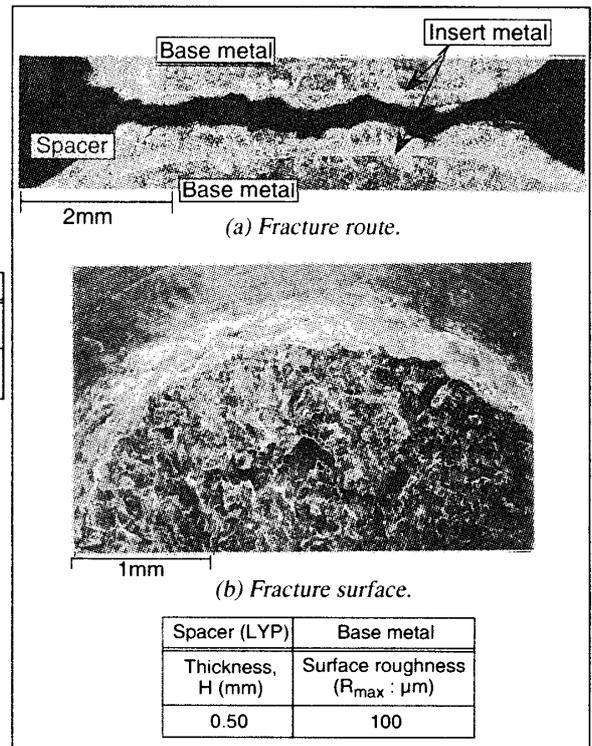


Fig. 5 Fracture route and fracture surface at bonded interface of bonded joint with spacer of LYP.