

金属材料技術研究所 ○ 前田 芳夫 鈴木 直之
太田 昭彦

Variation of Fatigue Strength of Butt Welded Joints by Post Weld Heat Treatment
— Opposite Effect on Fatigue Strength of Post Weld Heat Treatment for Joints
Containing Tensile or Compressive Residual Stress —

by Yoshio Maeda, Naoyuki Suzuki and Akihiko Ohta

1. 緒言 溶接継手の疲労強度を改善する方法の一つに溶接後熱処理がある。溶接残留応力の除去を目的とするこの方法は、疲労き裂が発生する応力集中部である余盛止端部の近傍に引張の残留応力が存在する場合に有効である。しかし、実構造物には種々の溶接継手が採用されている。継手によっては圧縮残留応力が誘起されている場合もある。従って、圧縮残留応力が存在する溶接継手に溶接後熱処理を実施すると疲労強度が劣化する可能性がある。本報では、溶接止端部近傍の溶接残留応力が引張となる板厚40mmと圧縮となる板厚9mmの横突合せ溶接継手に溶接後熱処理を施し、疲労寿命特性がどのように変化するかを明瞭にしたものである。

2. 実験方法 供試材は同一インゴットから製作した板厚9mmと40mmの溶接構造用圧延鋼SM490Bの板材である。この材料の化学成分をTable 1に、機械的性質をTable 2に示す。溶接は供試材の圧延方向に対して溶接線が直交する横突合せ被覆アーク溶接を施した。余盛の積層数はFig. 1に示すように板厚が9mmの場合は表裏共に2パス、40mmの場合は表29パス、裏16パスとした。溶接入熱量は全積層でほぼ同一(1.5~1.6MJ/m)にした。試験片は溶接残留応力除去を目的とした溶接後熱処理済み試験片と溶接のまま試験片の2種類を用いた。試験片寸法をFig. 2に示す。溶接後熱処理は630℃1時間保持後炉冷の条件で行った。試験片の板厚方向の残留応力測定は余盛を削除した余盛止端部に直交する2軸のひずみゲージを貼付した試験片の裏側を層状に切削し、ひずみの変化量を測定する方法で実施した。疲労試験は油圧サーボ式疲労試験機を用いて、軸荷重制御による応力比 $R=0$ の二段多重応力試験を室温大気中で実施した。試験速度は10Hzとし、荷重波形は正弦波を用いた。

3. 結果及び考察 応力軸方向の残留応力が板厚方向の位置でどのように変化しているかをFig. 4に示す。板厚9mmの継手の場合は試験片表面で圧縮であり、板厚40mmの継手の場合は試験片表面で引張となる残留応力分布を示している。残留応力は平均応力と同じ作用をするので、溶接後熱処理を施していない試験片を用いて応力比 $R=0$ の荷重波形を用いた疲労試験を行うと、板厚9mm試験片

では実際の作用応力比は $R=0$ より小さくなり、疲労強度は強くなる。逆に、板厚40mm試験片

Table 1. Chemical Composition

Plate thickness (mm)	Element (Wt%)										
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	O	N
9	0.167	0.33	1.47	0.022	0.011	0.01	0.01	0.01	0.027	0.0034	0.0046
40	0.179	0.33	1.48	0.022	0.012	0.01	0.01	0.01	0.027	0.0035	0.0048

溶接学会全国大会講演概要 第58集('96-4)

では作用応力比は $R=0$ より大きくなり、疲労強度は弱くなることが推測できる。次に、疲労試験で得られた結果を破断繰返し数と応力範囲の関係で示したのがFig. 5である。図中の○印は板厚9mmの溶接後熱処理を施していない結果で、△印は板厚40mmの溶接後熱処理を施していない結果である。疲労強度は明

らかに異なっている。そこで、残留応力の影響を明らかにする目的で実施した溶接後熱処理済み試験片の結果と比較してみる。●印で示した板厚9mmの熱処理済み試験片の結果は○印の下側となり、圧縮残留応力の減少に伴い疲労強度が低下している。一方、▲印で示した引張残留応力が減少した板厚40mmの熱処理済み試験片の結果は△印より上側となり、特に長寿命域では疲労強度の大幅な改善がみられる。

得られた結果は残留応力分布から推測される通りの疲労強度を示したことになる。以上の実験結果から、疲労強度に対する溶接後熱処理効果は継手に存在する残留応力が引張か圧縮かによって改善された疲労寿命特性を示すことも、劣化した疲労寿命を示すこともあることを示した。なお、疲労強度が改善できるとしても実験室に於て溶接後熱処理を施した溶接継手試験片を用いて得られた疲労寿命特性を単純に設計段階で用いることは、実構造物の作成現場に於ける残留応力除去の確実性が高いことが必要条件となる。

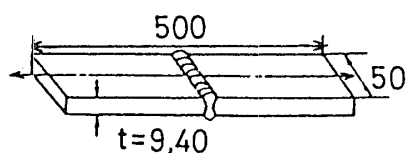


Fig. 2 Details of specimen (dimensions in mm)

Table 2. Mechanical properties

Plate thickness (mm)	Upper yield stress (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
9	413	541	25
40	364	526	35

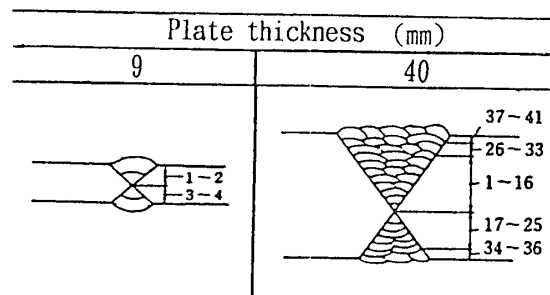


Fig. 1 Pass sequence

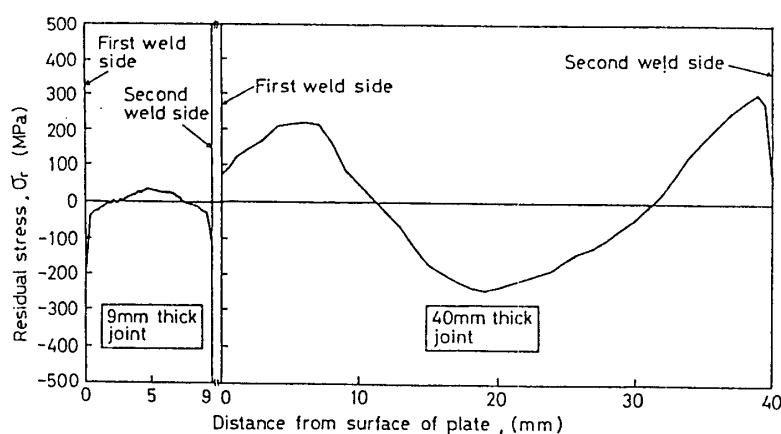


Fig. 3 Residual stress distributions

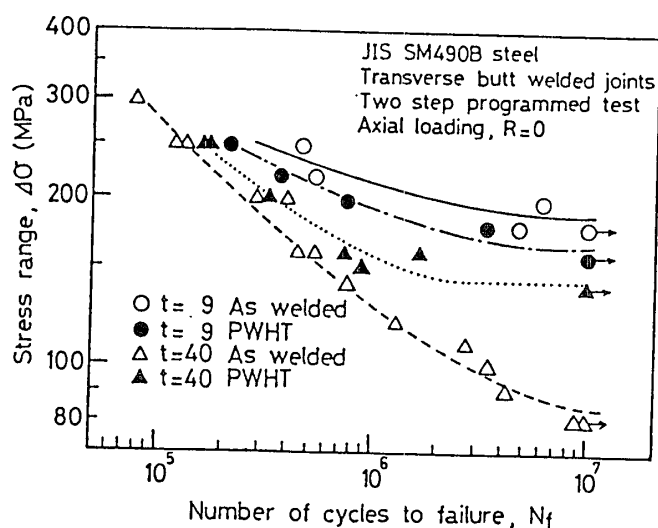


Fig. 4 Fatigue test results for as-welded and stress relieved butt welded joints