

416 局部低温冷却による溶接継手の残留応力軽減に関する研究

大阪産業大学 工学部
愛媛大学 工学部
" "

渡辺 正紀
村上 善一
○西田 祝

1. 緒言

本研究は、高い引張残留応力を有したオーステナイト系ステンレス鋼溶接継手の溶接部を特殊なノズルを用い局部的に極低温まで、冷却させることによって、溶接部を塑性変形させ残留応力を軽減させる方法を検討した。

2. 実験方法

供試材料は、板厚 10mm のオーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304) である。Table 1 は、供試材料の化学組成と機械的性質を示す。

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of stainless steel

Chemical composition (wt. %)							Mechanical properties			
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Tensile strength (kg/mm ²)	Proof stress (kg/mm ²)	Elongation (%) (G.L., 35mm)	Reduction of area (%)
0.06	0.48	1.49	0.019	0.013	18.43	8.43	67.3	28.5	58.4	52.9

Fig. 1 は、実験装置の概略図を示す。図に示すように走行車に溶接トーチと液体窒素冷却用ノズルを任意間隔に固定することによって、溶接直後および溶接後溶接部の温度が所定温度に低下したとき、溶接部を急激に冷却できるようにした。

液体窒素による冷却は、冷却用ノズル径 2mm、ノズル高さ 10mm および液体窒素噴出圧力 4kg/cm² 一定の条件で行なった。また、冷却用液体窒素による風圧および液体窒素の流入が、溶接に悪影響を及ぼすのを防止するため、溶接トーチと冷却用ノズルの間に防風壁を設けた。

ひずみゲージによる残留応力の測定は、溶接のままの試験片および溶接後、溶接部の温度が 700°C、200°C、室温に降下したとき溶接部と局部冷却を施した試験片について行なった。

3. 実験結果

Fig. 2 は、溶接のままの試験片における溶接線方向の残留応力 (σ_L) と、横方向の残留応力 (σ_T) の分布を示す。

σ_L は、溶着金属部で 8~15kg/mm²、熱影響部で 20~27kg/mm² の引張残留応力と示し、母材部では 6~12kg/mm² の圧縮残留応力と示した。一方、 σ_T は、溶着金属部で圧縮残留応力と示し、熱影響部では 10~17kg/mm² の引張残留応力であった。

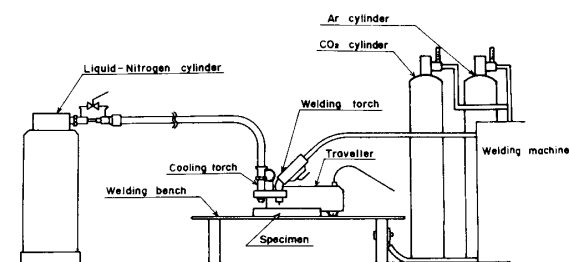


Fig. 1 Schematic view of experimental equipment

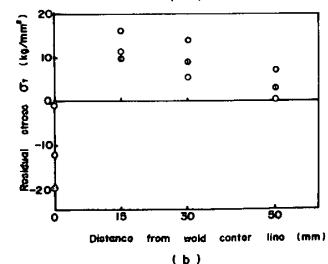
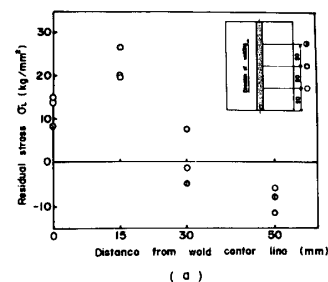


Fig. 2 Residual stress distribution in welded joint (As welded)

Fig. 3は、溶接後、溶接部が 700°C に降下したとき溶接部と局部冷却した場合を示す。

σ_L および σ_T の分布形態およびその値は、溶接のままのものとは、ほとんど変化がみられないが、 σ_L における引張残留応力領域が多少狭くなる傾向がみられた。

Fig. 4は、溶接後、溶接部が 200°C に降下したとき溶接部と局部冷却した場合を示す。

σ_L は、溶着金属部では $8 \sim 9 \text{ kg/mm}^2$ の引張残留応力を示し、溶接のままのものと比較して、 4 kg/mm^2 程度軽減しているようであり、また、熱影響部においても $11 \sim 17 \text{ kg/mm}^2$ を示し、 8 kg/mm^2 程度軽減した。しかし、 σ_T については溶接のままのものとは、ほとんど変化はみられなかった。

Fig. 5は、溶接試験片が室温まで冷却したのち、溶接部と局部冷却した場合を示す。

σ_L は、溶着金属部および熱影響部とも 10 kg/mm^2 以下の引張残留応力を示し、溶接のままのものとは比較して、とくに熱影響部では 15 kg/mm^2 程度軽減し、局部冷却の効果が著しく表われた。Fig. 6は、この条件下での液体窒素による冷却曲線を示す。なお、測定は板厚表面（液体窒素を噴出させた面）より厚板方向に 3 mm 入った位置で行ない、冷却用ノズルの移動速度は、溶接速度と同一の 8.7 cm/min とした。

溶着金属部は、ノズル通過後、約 45 秒で最低到達温度 -146°C となり、母材との温度差は約 110°C であった。また、その時点での熱影響部の温度は約 -100°C であり、母材との温度差は約 70°C であった。したがって、高い引張残留応力を有する溶着金属部や熱影響部は、このような温度差による引張応力が重畳され、冷却中に塑性変形すると思われる。そして、その後、室温に戻ると塑性変形したひずみ量に相当した応力が軽減されたことになるものと考えられる。

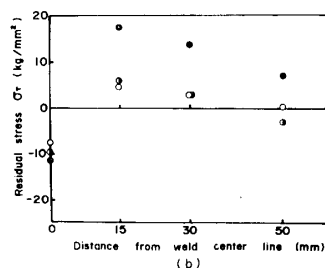
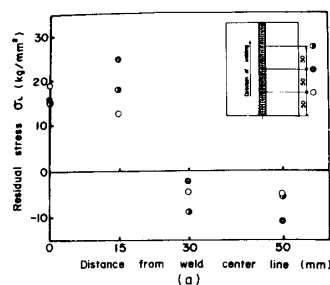


Fig. 3 Residual stress distribution in welded joint (Weld metal cooled with liquid-nitrogen after welding)

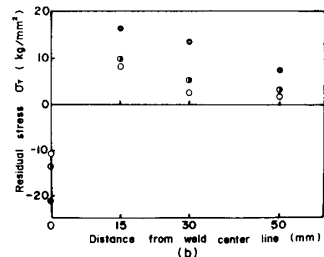
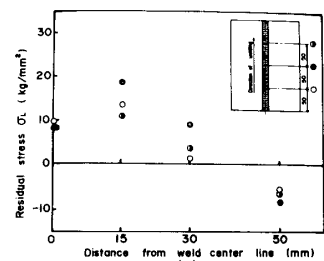


Fig. 4 Residual stress distribution in welded joint (Weld metal cooled with liquid-nitrogen after specimen was cooled to 200°C)

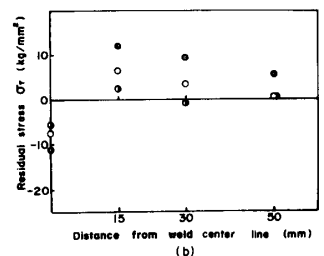
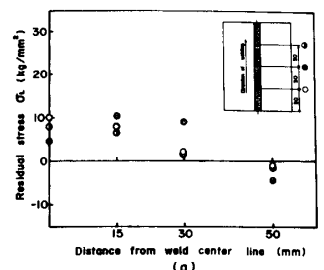


Fig. 5 Residual stress distribution in welded joint (Weld metal cooled with liquid-nitrogen after specimen was cooled to room temperature)

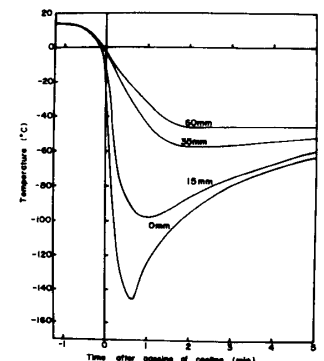


Fig. 6 Cooling curves at different distances from weld center line