

123 2本Cr-1Mo鋼のSR割れに及ぼす母材硬さ及び不純物の影響
—低合金鋼の応力除去焼なまし割れ(第2報)—

日立製作所 日立研究所

○松坂 橋, 吉岡 寿利
桐原 誠信, 正岡 功

1. 緒言

低合金鋼溶接部に生ずる応力除去焼なまし(SR)割れは、材料、溶接及び熱処理の各因子の相互作用によって生ずる複雑な現象であるが、第1報では、これらの因子の内、溶接因子の影響について報告した。本報告では溶接因子とともにSR割れに大きく関与すると考えられる材料因子の影響を、とくに母材硬さと不純物量の観点から、2本Cr-1Mo鋼を用いて検討した結果を報告する。

2. 供試材と実験方法

本実験で使用した2本Cr-1Mo鋼の種類とその化学組成を表1に示す。表中にはその母材硬さと焼戻脆性に及ぼす不純物の影響を示すとして知られている \bar{X} 値を示してある。図1は本実験に適用したH型拘束割れ試験片(拘束度 $K=22.5 \text{ kN/mm}^2$)の形状を示す。溶接は合金被覆アーク溶接棒(4φ)を用いて、レ型開先内に1パスで行った。表2は、その溶接施工条件である。なお、SR割れ感受性は、断面割れ率(4断面の平均値)で評価した。

3. 実験結果と検討

3.1 母材硬さの影響

図2は焼入・焼戻処理により母材硬さをHB=167, 187及び223の3段階に変化させたH材を用いて、予熱温度 P_H と断面割れ率との関係を示したものである。母材硬さが高い程、同一予熱温度では断面割れ率が高く、また、割れ防止のための予熱温度が上昇しており、SR割れ感受性が増加することがわかる。

一般に溶接金属の強度は母材の強度を上廻っていることから、母材硬さが上昇すると、発生する残留応力レベルや応力緩和特性も変化することが推察される。

図3は、溶接のままのH型試験片で測定した拘束応力及び応力緩和試験(初期応力:294 MPa)で得られた50%の応力緩和率

表1 供試材とその化学組成

材料記号	化学組成(%)										\bar{X}	硬さHB
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Sn	Sb	As		
A	0.14	0.25	0.59	0.015	0.007	2.31	0.96	0.002	0.0031	0.005	19.0	167
C	0.12	0.31	0.52	0.010	0.009	2.41	0.97	0.008	0.0056	0.009	16.4	174
D	0.13	0.20	0.54	0.014	0.009	2.18	0.98	0.003	0.0007	0.008	14.5	184
G	0.14	0.39	0.50	0.010	0.013	2.22	0.95	0.002	0.0006	0.001	11.2	172
H	0.06	0.26	0.40	0.015	0.015	2.28	0.94	0.014	0.0023	0.018	26.6	167

$$\bar{X} = (10P + 5Sb + 4Sn + As) \times 10^{-2}$$

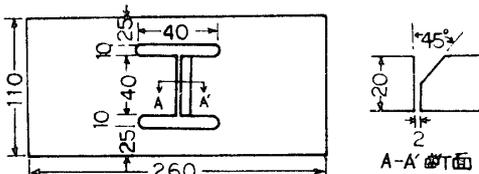


図1 H型割れ試験片形状

表2 溶接施工条件

溶接法	$R_i, P_{SR}(^{\circ}C)$	$Q \text{ (kJ/cm)}$	熱処理
SMAW	150 ~ 400	15	P_H → Q → $700^{\circ}C \times 3h$ ↓ $150^{\circ}C/h$ → P_{SR}

を示す昇温過程の温度と母材硬さとの関係を示したものである。母材硬さの増加とともに拘束応力は増加し、また、応力も高温まで緩和し難くなっている。

母材硬さが増加しても、成分や溶接条件が変わらない場合には、HAZの冶金的性質には変化が無いと考えられるところから、図2に示した母材硬さの増加にともなう割れ感受性の増加は、発生する応力の増加と応力緩和率の低下に依存するものとする。

3.2 不純物の影響

図4は表1に示した各種2本Cr-Mo鋼のSR割れ感受性を予熱温度と断面割れ率との関係を示したものである。主成分に著しい差が無いにもかかわらず、材料によって割れ感受性が著しく異なっている。

一方、図5は焼戻脆性感應性を示すとして知られている $\bar{X} = (10P + 5Sb + 4Sn + As) \times 10^{-2}$ 値とSR割れ防止予熱温度との関係を示したものであるが、 \bar{X} 値の増加とともに割れ防止予熱温度が上昇しており、不純物量の影響が明らかである。最近、SR割れに及ぼす不純物元素の影響が報告されつつあり³⁾、また、SR割れの発生温度域が焼戻脆性を生ずる温度域にほぼ一致しているところから、本実験結果は充分妥当性があると思われる。なお、 \bar{X} 値の大きい領域で曲線が飽和値を示しているが、これは予熱温度の上昇のために、SR開始前の残留応力値が低下し、かつ、HAZ組織がベイナイト組織化したためである。

4. まとめ

SR割れに及ぼす材料因子のうち、主成分の影響については、すでに多くの報告があるが⁴⁾⁵⁾、本実験によって、母材硬さ及び不純物量の影響も明らかとなった。従って、実施工においては主成分とともに、硬さ及び不純物量についても考慮したSR割れ防止対策をとる必要がある。

5. 参考文献

- 1) 松坂他: 本誌 第22巻 P.20 (5) 渡辺他: 本誌 第18巻 P.84 (1976)
- 2) Brascafo: W. J. 49, P.148s~156s (1970)
- 3) 西菊池: 本誌 第22巻, P.18 (1978)
- 4) 岡田伊藤他: 溶接学会誌 41, P.59~64 (1972)

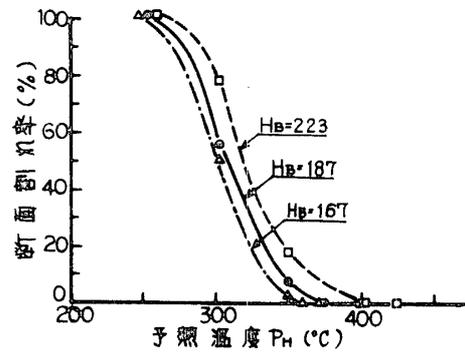


図2 母材硬さ及び予熱温度と断面割れ率との関係

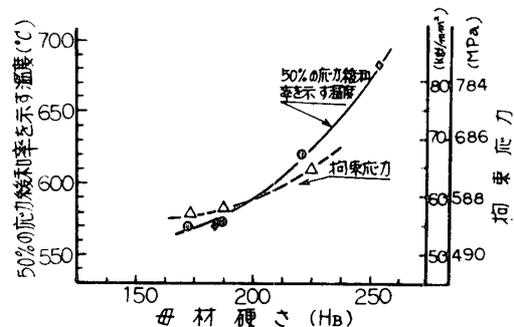


図3 母材硬さと拘束応力及び応力緩和特性との関係

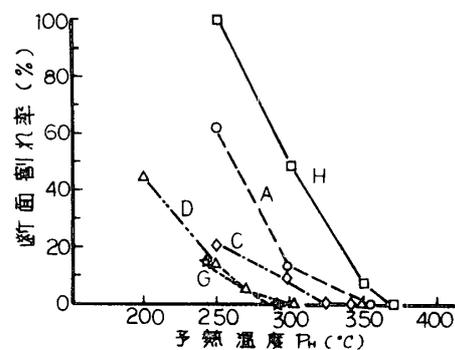


図4 各種2本Cr-Mo鋼のSR割れ感受性

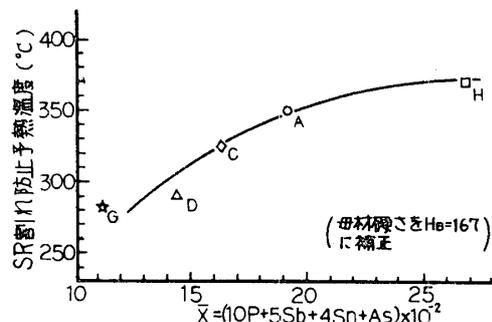


図5 X値とSR割れ防止予熱温度との関係