

108 鋼溶接部の応力除去焼なまし割れに関する基礎的研究(第7報) - 割れ感受性の冶金学的改善方策 -

鉄鋼短期大学 大西 巖
○菊地 俊郎

1 緒言

第6報¹⁾で明らかにしたように、再熱割れの主な原因は不純物元素の粒界偏析にもほう粒界の固着力の低下であると考えられる。したがって、鋼中の不純物元素含有量の低減をはかることが、再熱割れを防止する冶金学的な方策の中でもっとも基本的なものと考えられる。そこで、本報告では粒界に偏析し、再熱割れ感受性を高める不純物元素のうち代表的な元素としてPを選定し、鋼中のPの低減化による再熱割れ防止策について検討した。

2 供試材料ならびに実験方法

Table 1 に供試材料の化学組成を示す。供試材料としては市販のHT80鋼〔HT80(A)〕、1%Cr-0.5%Mo鋼〔A387-12(A)〕ならびにA533B鋼〔A533B(A)〕の3種類と、これらの鋼材と化学組成はほぼ同一で、低燐化をはかった3種類の試作鋼〔HT80(D)、A387-12(D)、A533B(D)〕を用いた。

Table 1 Chemical compositions of steels used (%)

Material	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	As	Sn	Sb	Ti	Nb	B	Al
HT80(A)	0.10	0.32	0.86	0.019	0.006	0.23	0.89	0.43	0.50	0.03	Tr.	Tr.	Tr.	-	-	-	-
HT80(D)	0.08	0.33	0.84	0.003	0.005	0.25	0.93	0.42	0.48	0.035	Tr.	Tr.	Tr.	-	-	-	0.041
A387-12(A)	0.16	0.25	0.61	0.010	0.007	0.14	1.15	1.03	0.51	0.003	0.004	0.004	Tr.	0.004	0.004	0.0007	0.004
A387-12(D)	0.165	0.24	0.63	0.003	0.006	0.10	1.16	0.99	0.50	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0.003
A533B(A)	0.19	0.22	1.45	0.007	0.005	0.01	0.64	0.195	0.547	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	-	-	-	0.026
A533B(D)	0.183	0.19	1.40	0.003	0.006	Tr.	0.63	0.194	0.557	Tr.	Tr.	0.002	Tr.	-	-	-	0.028

再熱割れ試験はFig. 1に示す形状の試験片を用い、第6報¹⁾で用いた方法と同様な再現応力緩和試験で行なった。

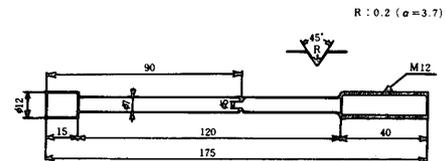


Fig. 1 Dimension of reheat cracking test specimen applied with synthetic weld thermal cycle

再熱割れ感受性は次式から計算される割れ発生時の塑性変形量、 $\Delta l p'$ で評価した。

$$\Delta l p' = l (1 + \alpha t) \left\{ \frac{\sigma_f}{E} - \frac{\sigma_{tf}}{E_{tf}} \right\}$$

ここで、 l : 試験片の拘束距離 α : 線膨脹係数
 t : 割れ発生温度 σ_f : 初期応力 σ_{tf} : 割れ発生時の応力
 E : 常温でのヤング率 E_{tf} : 割れ発生温度でのヤング率

なお、Fig. 2に示す斜めY形溶接割れ試験片を用いて、実際の溶接継手による再熱割れ試験を行なった。溶接はTable 2に示す条件で行なった。再熱割れ試験は応力緩和試験と同様に

Material	Welding rod used	Drying temperature of welding rod (°C)	Preheating temperature (°C)	Welding position	Welding current (A)	Arc voltage (V)	Welding speed (mm/min)	Post heating temperature (°C)
HT80(A)	E11016G-4*	350	150	Flat	170	25	150	200
HT80(D)	-	-	-	-	-	-	-	-
A387-12(A)	E8016B-4*	340	200	-	-	-	-	250
A387-12(D)	-	-	-	-	-	-	-	-
A533B(A)	E9016G-4*	350	-	-	-	-	-	-
A533B(D)	-	-	-	-	-	-	-	-

600°Cまで3hrで加熱し、600°Cで2hr保持する方法である。

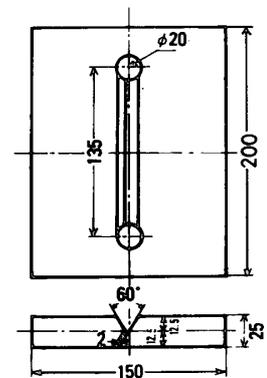


Fig. 2 Dimension of reheat cracking test specimen

3 再熱割れ試験結果

(1) Fig. 3 は現用の HT80 鋼 (HT80(A)) とこれより P 含有量を少なくした HT80(D) 鋼の再熱割れ試験結果である。現用の HT80(A) 鋼は低い初期応力でも割れを発生するが、低 P 鋼である HT80(D) 鋼は降伏点付近の高い初期応力でなければ割れを発生しない。しかも HT80(D) 鋼の割れ破面は再熱割れの特徴である粒界破面がきわめて少ない。なお、A387-12 鋼や A533B 鋼においても低 P 鋼は割れ発生の初期応力値がそれぞれの市販鋼より高く現われた。

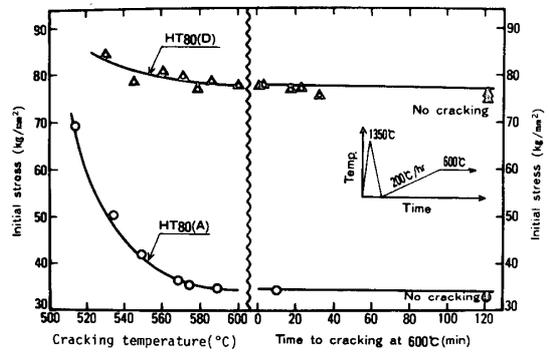


Fig. 3 Results of reheat cracking tests on HT80(A) and HT80(D) (Synthetic HAZ)

(2) 再熱割れ試験結果より算出した $\Delta l_p'$ の一例を Fig. 4 に示す。これは HT80 鋼の場合であるが、低 P 鋼は市販鋼に比較して $\Delta l_p'$ が極端に大きくなっており、再熱割れ感受性が非常に小さい。他の A387-12 鋼と A533B 鋼は低 P 化の効果は HT80 鋼ほど顕著に現われなかったが、低 P 鋼の $\Delta l_p'$ が市販鋼のそれより大きくなったことが明らかになった。

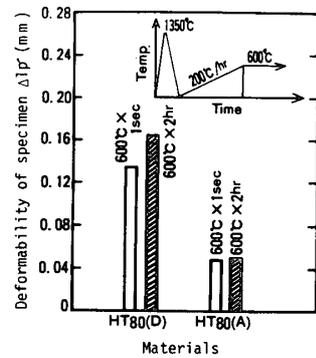


Fig. 4 Deformabilities of HT80(A) and HT80(D) obtained by reheat cracking test (Synthetic HAZ)

(3) Table 3 は斜め Y 形溶接割れ試験片を用いた再熱割れ試験結果を示す。HT80 鋼がもっとも低 P 化の効果は現われており、市販鋼が 100% の割れ率を示しているのに対して、低 P 鋼はまったく割れが観察されなかった。なお、A533B(A) 鋼が割れなかったのは市販鋼とほぼ同程度の P の含有量が比較的少なかったためと考えられる。

Table 3 Results of reheat cracking test

Material	Reheating condition	Percentage of crack at cross section(%)	Percentage of surface crack(%)
HT80(A)	600°Cx1sec	100	100
	600°Cx2hr	100	100
HT80(D)	600°Cx1sec	0	0
	600°Cx2hr	0	0
A387-12(A)	600°Cx1sec	60	0
	600°Cx2hr	100	100
A387-12(D)	600°Cx1sec	0	0
	600°Cx2hr	10	0
A533B(A)	600°Cx1sec	0	0
	600°Cx2hr	0	0
A533B(D)	600°Cx1sec	0	0
	600°Cx2hr	0	0

4 まとめ

低 P 鋼は市販鋼に比較して非常に低い再熱割れ感受性を有しており、鋼中の不純物元素である P の含有量を低減させることにより、再熱割れを防止しうることが証明された。

参考文献 1) 大西, 菊地: 鋼溶接部の応力除去焼付し割れに関する基礎的研究(第6報), 本誌, 第20集(1977), 50-51