

脆化に対してはフェライトを含むものよりはるかに優れた性質を有することがわかった。

### 文 献

- 1) 塚本, 須永, 永吉, 橋口: 日本金属学会 1958 年 秋期講演会, 第 5 分科会 (9)
- 2) Thomas, R. D.; Metal Progress, 70 (1956), 1, p. 73~76

## (74) オーステナイト・ステンレス鋼 溶接材の低温衝撃値について

日本冶金工業, 川崎製造所

理 川畑 正夫・工 横田 孝三  
エ〇江波戸和男

### Low-Temperature Impact Value of Welded Austenitic Stainless Steels.

Masao Kawahata, Kozō Yokota, Kazuo Ebato.

#### I. 緒 言

オーステナイト・ステンレス鋼圧延材は、焼鈍状態において低温脆性を示さず優れた衝撃値を示すが、特殊な熱処理条件のもとでは、低温で衝撃値を減ずる場合があることをさきに報告した。すなわち苛酷な熱影響を受けた場合にもなお十分な衝撃抵抗を有する鋼種として、安定型鋼および低炭素鋼が適していることを述べた。しかしこの鋼を実際に使用する場合には多くの溶接作業をとまなうが、溶接部は圧延材に比して本質的に衝撃値が低いといわれている。溶着部は組織的に母材部と異なつた性質を有しており、合金元素の影響もまた母材に与えられたものと異なる。この観点から前報りを補足して溶

着部を含めて低温におけるステンレス鋼の適応性を確認するために、今回は実用オーステナイトステンレス鋼溶接部および熱影響部についての低温衝撃試験を行ったので、その結果を報告する。

#### II. 供試材および試験方法

1) 供試材: 供試材として実用オーステナイト・ステンレス鋼 AISI 304, 304L, 316, 316L, 347 および 310 の 6 鋼種と、さらに AISI 310S の C 量を変化させた 6 種合計 12 鋼種を用いた。これら供試材および溶着部の化学組成は Table 1 および Table 3 に示す。

2) 試験方法: まず実用オーステナイト・ステンレス鋼 6 鋼種について低温衝撃試験を行い、定量的な衝撃値を求め、この結果からさらに AISI 310S の C 量を変化させた溶接棒についての試験を行った。衝撃試験方法は先報りに準じたので省略する。試験板は厚さ 14 mm の各種ステンレス鋼板を、それぞれの鋼種に対応する品種の被覆アーク溶接棒で溶接したものをを用いた。試験板より溶着部および熱影響部試験用の試験片を削り出した。試験片は従来のものより小さい 5 mm × 10 mm × 550 mm, 5 mm U ノッチを採用した。熱処理条件は 1) 溶接のまま, 2) 焼鈍 (1100°C × 1 h 水冷) 3) 応力除去焼鈍 (850°C × 2 h 空冷, 750°C × 2 h 空冷または 650°C × 2 h 空冷) の 3 種とした。なお参考のために試験前の試験片について溶着部および熱影響部の硬度分布、顕微鏡組織を調査し、とくに AISI 310S については熱間割れ感受性判定のために型曲げ試験を行った。

#### III. 試験結果および考察

- 1) 実用オーステナイト・ステンレス鋼溶接材の低温衝撃値

Table 1 は母材を拘束せずに溶接された試験板 6 鋼種

Table 1. Chemical composition of various austenitic stainless steels and deposited metals.

AISI type	NAS type		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cd	Ta
304	8S	Base metal	0.07	0.62	1.04	0.022	0.009	8.88	18.55	—	—	—
		Deposited metal	0.07	0.46	2.18	0.025	0.009	10.25	20.48	—	—	—
304L	8L	B. M	0.02	0.77	1.17	0.016	0.011	10.95	19.08	—	—	—
		D. M	0.04	0.45	2.50	0.010	0.025	11.15	20.43	—	—	—
316	84S	B. M	0.08	0.70	2.04	0.022	0.015	12.14	17.66	2.38	—	—
		D. M	0.07	0.59	2.15	0.025	0.009	12.18	19.40	2.20	—	—
316L	84L	B. M	0.03	0.41	1.84	0.022	0.011	14.12	17.80	2.36	—	—
		D. M	0.04	0.49	2.35	0.020	0.029	13.50	19.22	2.13	—	—
347	8X	B. M	0.05	0.76	1.47	0.010	0.009	11.43	18.26	—	0.75	0.07
		D. M	0.07	0.58	2.43	0.020	0.026	9.70	20.95	—	0.50	0.06
310	20	B. M	0.08	0.86	1.12	0.019	0.010	8.48	18.81	—	—	—
		D. M	0.14	0.48	2.48	0.020	0.011	20.05	26.82	—	—	—

Table 2. Charpy impact value of various deposited metals and heat-affected zone at room and subzero temperatures.

AISI type	NAS type	Heat treatment	Deposited metal (ft-lb)			Heat affected zone (ft-lb)		
			20°C	-101°C	-196°C	20°C	-101°C	-196°C
304	8S	As welded	17.0	9.7	5.3	31.0	30.5	27.5
		1100°C × 1 h	17.6	10.7	7.3	36.9	32.7	33.3
		750°C × 2 h	16.2	8.5	4.3	30.0	28.3	22.3
304 L	8L	As welded	19.4	12.7	10.0	35.0	39.7	39.9
		1100°C × 1 h	18.0	12.0	10.0	37.2	39.4	39.9
		750°C × 2 h	17.2	7.8	3.8	30.6	25.3	25.0
316	84S	As welded	19.0	11.8	5.5	31.8	32.3	30.1
		1100°C × 1 h	17.4	14.9	10.0	37.2	32.2	31.9
		750°C × 2 h	10.3	6.1	1.5	24.7	23.5	20.0
316 L	84L	As welded	18.8	12.0	6.3	39.3	36.3	35.2
		1100°C × 1 h	16.8	15.5	11.7	39.0	35.5	35.0
		750°C × 2 h	11.8	4.5	3.0	35.0	33.8	32.2
347	8X	As welded	17.7	10.5	6.3	32.5	33.1	31.5
		1100°C × 1 h	15.7	13.4	8.8	35.2	36.7	37.5
		750°C × 2 h	3.2	2.5	2.2	31.2	22.8	21.9
310	20	As welded	18.1	15.6	12.0	28.3	29.0	30.2
		1100°C × 1 h	17.5	14.5	6.7	—	—	—
		650°C × 2 h	15.9	13.5	9.9	—	—	—

について、母材板および溶着部の組成でいずれも AWS 規格組成に合致するものである。顕微鏡組織は AISI 310 を除いて他の 5 鋼種はいずれも溶接のままで  $\delta$  フェライトが網目状に出ている。焼鈍すると  $\delta$  フェライトは減少する。溶接のままおよび焼鈍後の  $\delta$  フェライト量の多いものから AISI 347, 304L, 304, 316, 316L の順位となる。焼鈍状態ではいずれも再結晶を終わっていない。Table 2 に低温衝撃試験結果を示す。一般に低温における脆化は熱影響部よりも溶着部の方がいちじるしい。溶着部については各鋼種を比較すると、溶接のままおよび応力除去焼鈍条件ではオーステナイトの単相の AISI 310 が優れており、 $\delta$  フェライトを有する場合には Mo, Cb などを含まない低 C 鋼 AISI 304L が比較的優れている。なお熱影響部と母材との衝撃値はほとんど等しい。これらの結果から該鋼種の低温衝撃値は組織的にオーステナイト単相に近ずき、さらに C 量を少なくすることにより改良されると考えられる。

## 2) AISI 310S 溶接材の低温衝撃値

前述したような観点から、オーステナイト単相でありかつ使用範囲の広い AISI 310 について C 量を下げた場合について検討した。ただし C 量を下げるとは溶着部熱間割れ感受性が増すと考えられるので、この点も合わせて試験した。溶接は AISI 304 の母材を定盤に仮止

Table 3. Chemical composition of AISI 310S deposited metals.

Test No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
K-87	0.045	0.51	2.24	0.016	0.009	20.05	26.73
K-86	0.090	0.48	2.20	0.014	0.011	20.05	26.56
K-78	0.078	0.51	2.38	0.018	0.011	20.25	26.14
K-77	0.082	0.58	2.38	0.017	0.011	20.15	26.14
K-49	0.086	0.62	2.18	0.020	0.011	20.02	26.14
K-50	0.054	0.65	2.37	—	—	20.10	26.28

めし、今回は拘束状態で行った。Table 3 に使用した母材および溶着部の組成を示す。まず熱間割れ感受性に対する優劣を判定するために型曲げ試験を行った結果 K-86, 77, 49 が良好であり、K-87, 78, 50 両側面に割れが現われた。この結果からオーステナイト単相の場合熱間割れ発生をさけるためにはある程度まで C 量が高いことが必要であることが解る。溶着部の硬度分布をみると、熱影響部に硬度の高いところがあり拘束状態で溶接した影響が認められた。顕微鏡組織はオーステナイト単相であり樹枝状晶がきれいに発達している。これを焼鈍するといづれも再結晶を終る。Table 4 に低温衝撃試験の結果を示す。溶接のままおよび焼鈍状態では 6 種とも衝撃値の違いは 2~3 ft-lb であり、極低温 (-196°C) においても常温とほとんど同じ衝撃値を示す。これに応

Table 4. Charpy impact value of AISI 310S deposited metals and heat-affected zone at room and subzero temperatures.

Test No.	Heat treatment	Deposited metal (ft-lb)		
		20°C	-101°C	-196°C
K-87	As welded	15.9 (25.8)*	16.9 (25.0)	14.9 (24.6)
	1100°C × 1 h	21.5	20.9	18.8
	650°C × 2 h	19.6	15.3	12.1
	850°C × 2 h	20.5	14.7	10.5
K-86	As welded	14.8 (25.0)	16.1 (25.2)	12.3 (27.9)
	1100°C × 1 h	21.7	21.8	17.8
	650°C × 2 h	16.5	16.7	12.9
	850°C × 2 h	16.7	12.0	9.5
K-78	As welded	14.9 (26.0)	16.3 (29.5)	13.8 (32.6)
	1100°C × 1 h	21.4	20.2	17.7
	650°C × 2 h	15.3	16.9	13.0
	850°C × 2 h	16.3	14.6	8.7
K-77	As welded	14.4 (28.1)	15.3 (25.3)	14.0 (25.5)
	1100°C × 1 h	20.9	19.8	17.5
	650°C × 2 h	16.8	15.2	11.3
	850°C × 2 h	17.1	13.3	9.5
K-49	As welded	16.7 (26.5)	16.9 (29.9)	14.8 (31.4)
	1100°C × 1 h	22.0	19.8	19.5
	650°C × 2 h	19.4	18.9	12.8
	850°C × 2 h	18.9	13.0	9.5
K-50	As welded	14.1 (26.9)	15.9 (27.1)	12.8 (25.0)
	1100°C × 1 h	19.8	21.2	17.4
	650°C × 2 h	15.9	14.5	9.9
	850°C × 2 h	15.5	13.8	9.3

\* ( ): Impact value of heat affected zone.

力除焼鈍を施すと低温で衝撃値を減じ、850°C × 2 h 空冷処理では約 50% 低下する。これらを Table 2 に示した実用オーステナイト・ステンレス鋼の値と比較すると、溶接のまま、焼鈍状態ともに優れている。AISI 310S の場合に溶接のままの常温衝撃値が比較的低く、焼鈍状態ではどの試験温度でも絶対値が高いことは鋼種の相異とみるよりも、むしろ溶接時の残留応力とこれに基因する再結晶組織によるものと考えられる。衝撃値の温度依存性がほとんどなく常温、低温ともに同じ衝撃値を示すことは本鋼種の特長と見做される。またこのことから組織的問題と同時に溶接条件がかなり影響すると考えられる。腐蝕試験の結果はいずれも優れた耐蝕性を示した。以上の結果から AISI 310S の C 量を極度に低下させることは、熱間割れ発生の危険を増大するのみで、耐蝕性あるいは低温衝撃値に対しては余り大きく影響しない。

#### IV. 結 言

オーステナイト・ステンレス鋼溶接材について低温衝撃試験を行った結果、つぎのことが明らかとなった。

- 1) 溶接熱影響の低温衝撃値は母材のそれとほとんど変わらない。
- 2) 溶着部の低温衝撃値を母材に比較して劣る。とくに低温衝撃値は応力除去焼鈍により低下する傾向にある。
- 3) 溶着部の衝撃値は溶接条件にも影響される。
- 4) オーステナイト・ステンレス鋼溶着部の低温衝撃値を向上させるには組織的にオーステナイト単相とし、Mo あるいは Cb のような脆化をとまなうものはさけ、さらに炭化物による害を最少にするため C 量をできるだけ少なくすることが望ましい。
- 5) オーステナイト単相の溶着部に生ずる熱間割れ感受性は C 量に大きく影響される。
- 6) 実用オーステナイト・ステンレス溶接棒 AISI E 310S, E304L は極低温用としても十分使用することができる。

#### 文 献

- 1) 川畑・横田・深瀬: 鉄と鋼, 44 (1958) 3, p. 344

#### (75) 12% Cr 鋼のクリープ破断強さにおよぼす Mo, W, Ti, V, Nb の影響

東京大学, 工学部

工〇藤田 利夫・工 笹倉 利彦  
Effect of Mo, W, Ti, V and Nb on Creep-Rupture Strength of 12 % Chromium Steel.

Toshio Fujita, Toshihiko Sasakura.

#### I. 緒 言

著者らは数年前から 12% Cr 耐熱鋼の研究を行っているが、この耐熱鋼はわずかに 1~1.5% の合金元素 (Mo, W, V, Ti, Nb, B, N など) を添加することにより地鉄中に炭化物、硼化物、窒化物などを微細に析出させて高温強度を高めている。

したがってまず 12% Cr 鋼に Mo, W, V, Ti, Nb などを単独に添加して、これらの合金元素の炭化物が 500~700°C の長時間 (5000~10000 h) 加熱によつてどのように変化するか、またこれらの炭化物がクリープ破断強