

文 献

- 1) P. E. BUFF: Metal Progress, 75 (1959) 3, p. 103
- 2) J. M. THORNTON: Materials in Design Engineering, Aug. (1960), p. 111
- 3) 堀田: 鉄と鋼, 40 (1954), p. 613
- 4) 堀田: 鉄と鋼, 42 (1956), p. 333
- 5) 堀田: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 38
- 6) 堀田: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 449
- 7) 堀田: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 573
- 8) 堀田: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 652
- 9) 堀田: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 1029
- 10) 堀田: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 2062
- 11) 堀田: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 737

(245) 国産 ASTM A-302B 厚鋼板の
潜弧溶接部の機械的性質について

大阪大学, 工学部

工博 美馬源次郎・工博○堀 茂徳
新居浜工業高校 谷村 勉On the Mechanical Properties of ASTM
A-302B Heavy Steel-plates by Submerged Arc
WeldingDr. Genjiro MIMA, Dr. Shigenori HORI
and Tutomu TANIMURA

1. 緒 言

最近の発電用原子炉は非常に大型化する傾向があり、極厚鋼板が必要となつてきた。極厚鋼板の製造においてはとくに溶接に伴う幾多の技術的問題がある。そこで原子炉圧力容器用鋼板としてはそれらの種々の問題を十分知悉してこれを完全に解決しておかねばならない。

すでに学振、鉄鋼協会では原子炉用鋼について系統的に研究しているが、本報はその研究の一環として行なつた厚鋼板の潜弧溶接における溶接部の機械的性質に関する研究に一部熱処理による組織変化を追加研究したものをまとめたものである。すなわち厚さの異なる2種のA-302B* 鋼板の潜弧溶接における溶接部近傍の変形度の分布をねじりおよび引張試験によつて調べた。従来横方向試験片による単純引張りはなされるがねじりおよび引張変形度の分布を求めたものはみ当たらないのでここに報告したい。

2. 使用鋼材

厚さ 250 mm, 巾 140 mm, 長さ 510 mm の N** 鋼材 2 本と厚さ 100 mm, 巾 120 mm, 長さ 510 mm の Y 鋼材*** 2 本を入手して使用した。これらはそれぞれ焼入れ焼もどし処理が行なわれている。これらの鋼材の化学組成は Table 1 のとおりである。

3. 実験方法

N および Y 鋼材の各 2 本を長手方向に組合せて N 材に

* ASTM 規格

** 日本製鋼所製

*** 八幡製鉄所製

については溶接棒 US-56* とフラックス MF-29* を使用し、予熱および層間温度 150~200°C とし 20~40 cm/min にて 100 層で溶接した。また Y 材については Y-204**, フラックス YF-200** を使用して予熱および層間温度を 150~180°C とし速度 30~60 cm/min にて 61 層で潜弧溶接を行なつた。溶接後母材、熱影響部および溶着鋼部の各部につき板厚の上層部、中層部および中央部からそれぞれシャルピ試験片を採取した。熱影響部については各試験片ごとにマクロ腐食し熱影響部をたしかめた上で V ノッチを入れた。ねじりおよび引張試験片は溶着鋼部、熱影響部および母材を含むようにピードに直角方向に試験片を切り出した。ねじり試験片は 5 mm 角棒とし N 材では試験部長さ 60 mm Y 材では 90 mm と一定し、引張試験片は 3×15×250 mm の板とした。また引張試験は常温にて、ねじり試験は常温および液体窒素温度でそれぞれ静的に負荷した。さらに切り出したねじり試験片を 625°C で 1 hr から 10 hr 焼鈍した場合の組織および硬度、ねじり試験をも行なつた。

4. 実験結果

シャルピ試験: N および Y 材の母材、熱影響部および溶着鋼の各部につきそれぞれ上層、中層および中央部試験片について -100°C から 80°C の温度範囲にわたりシャルピ試験を行なつた。N 材では上層、中層および中央部とも母材および熱影響部の衝撃値はほとんど同じ値を示したが、溶着鋼部のそれはかなり低かつた。また Y 材については溶着鋼部が最も高く、母材、熱影響部の順に低くなつた。これは主として溶接材料および溶接条件のちがいによるものと考えられる。50% 脆性破面率についての遷移温度は N 材では上層、中層、中央各部とも熱影響部の遷移温度が最も低温側に現われ溶着鋼部が最も高い。また Y 材については熱影響部、溶着鋼部、母材の順に高い。そして組織の異なる各部とも上層、中層および中央部における遷移温度の差は非常に少ない。Fig. 1 (a) および (b) に N および Y 材の母材、熱影響部および溶着鋼部の吸収エネルギー温度関係を中層部 (1/4 t) について示した。

ねじり試験: Fig. 2 (a) は室温全ねじり角 360° としたものと -196°C で破壊までねじり変形した N 材について変形後軸方向間隔 2 mm 当たりのねじり角を測定した結果である。図から明らかなごとく、母材の変形量はきわめて大きく溶着鋼および熱影響部において少ない。しかし液体窒素温度においては熱影響部および溶着鋼部の変形量も比較的大きい。これは母材の変形応力の温度依存性が熱影響部、溶着鋼部におけるそれに比較して大きいのであらうと考えられる。Y 材の常温ねじりによる変形量は N 材と同様に母材が非常に大きい熱影響部においては変形はほとんど現われなかつた。

つぎに -196°C におけるねじり変形による破断はすべての試験片で母材において起こつた。このことは本ねじり変形による靱性-脆性遷移温度は母材において最も高いことを意味しており、これはシャルピ遷移温度が Y 材では母材が最も高いことと符号としているが N 材では溶着鋼部が高いことと対応しない。なお -196°C での

* 神戸製鋼所製

** 八幡溶接棒製

Table 1. Chemical compositions of test specimens. (%)

	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cu	Ni	Cr	Total Al
N	0.16	0.23	1.32	0.018	0.009	0.54	0.16	0.70	0.15	0.020
Y	0.16	0.24	1.33	0.015	0.003	0.60	0.14	—	—	—

ねじりによる破壊はスパイラル型の典型的な脆性様式²⁾をとつた。室温における破断は剪断様式を示した。Photo. 1 はこれらの試験片のねじり変形の様相の 1 例を示す。

引張試験: N鋼材のビードに垂直に切り出した引張試験片の片面をバフ研磨の後 2 mm 間隔に平行細線をけ書

き引張試験を行ない、表面の肉眼観察および引張破断後における変形度の分布を測定した。引張による表面模様は母材部が最も早く認められた。またこれと対応して荷重-伸び線図には単調な加工硬化域以前にいくつかの肩が現われることがみられた。Fig. 2 (b) に中層部常温破断試験片についての伸び分布の 1 測定例を示す。各部とも変形度の測定値にかなりバラツキが認められるが、一般に母材の変形度が大きく熱影響部に近づくと急激に低下するが、溶着鋼部においてもわずかな変形が現われている。また本引張試験において破断はすべて母材において生じた。

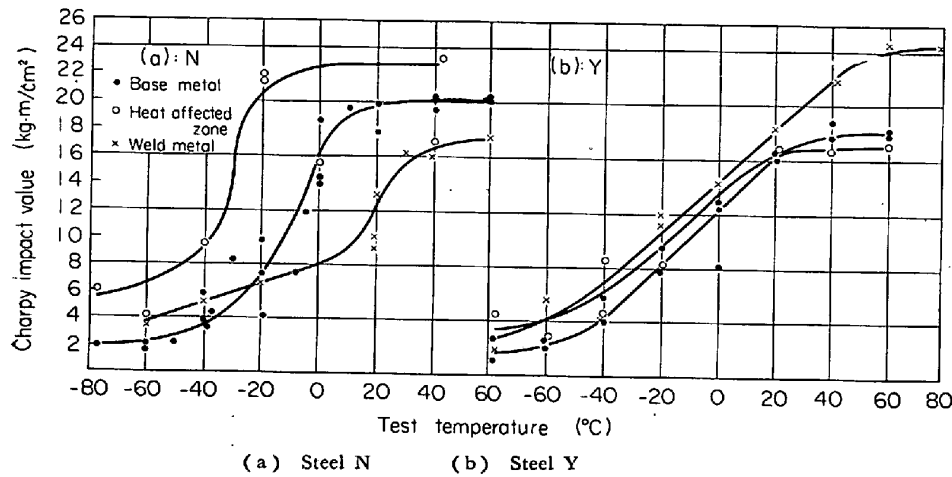


Fig. 1. Relation between Charpy impact value and test temperature.

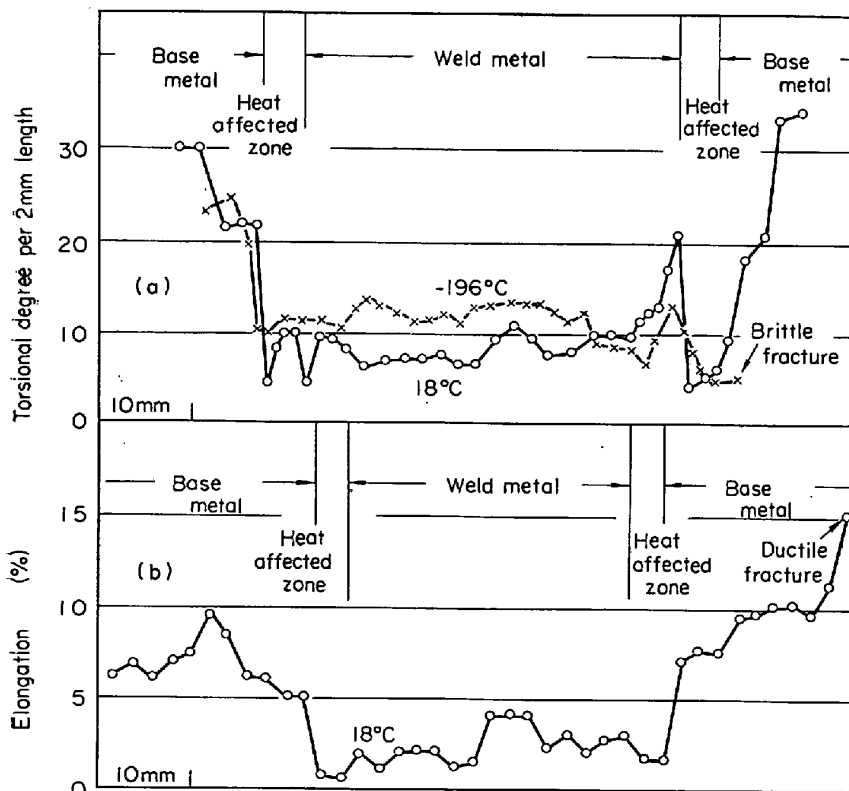


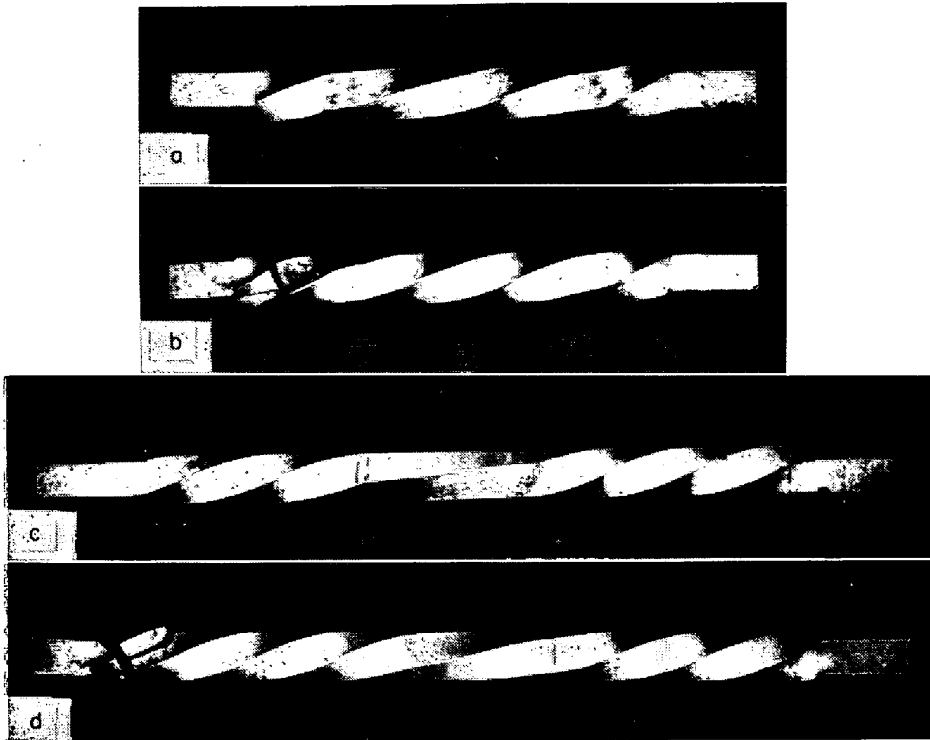
Fig. 2. Distribution of torsional degree and elongation for N-transverse weld specimen.

625°C 加熱材の硬度およびねじり変形度の分布: 溶接部の硬度測定結果はよく知られているような²⁾熱影響部において最大値をとる傾向を示した。これは高温からの急冷による結晶粒の微細化、複雑な熱履歴によると思われる析出物の微細な分布状態に対応している。NおよびY材とも溶着鋼部が母材よりもわずかに硬くなった。ただしY材においては熱影響部近傍の母材の硬度に谷部が現われた。これは加熱による炭化物析出の進展に帰因するものと考えられる。

溶接後 625°C で種々な時間加熱したあとの硬度値は試験片の採取位置によりかなり異なつた。しかし 625°C 10 hr のいわゆる応力除去焼鈍によつても熱影響部の硬度は高く殊に接合部近傍で最大になる傾向は変わらない。10 hr 焼鈍材の -196°C ねじり変形度の分布をみるとN材では Fig. 3 に示したように、全ねじり角が低いときには変形度の分布に大きなちがいはない。しかし全ねじり角が大きくなると溶着鋼部の変形はきわめて大きく、熱影響部の変形が非常に低い。これは母材と溶着鋼とのこの温度における加工硬化係数のちがいによるものと考えられる。本場合においても脆性破壊はすべて母材において発生した。

5. 総 括

NおよびY鋼材につきそれぞれの条件で潜弧溶接を行ない熱影響部、溶着鋼を含むごとき横方向試験片につき引張およびねじり試験を行ない溶接部の機械的性



a : N 18°C Total degree of twist 360° b : N -196°C Total degree of twist 485°
 c : Y 18°C Total degree of twist 540° d : Y -196°C Total degree of twist 750°

Photo. 1. Photographs of transverse weld specimens twisted at 18° and -196°C.

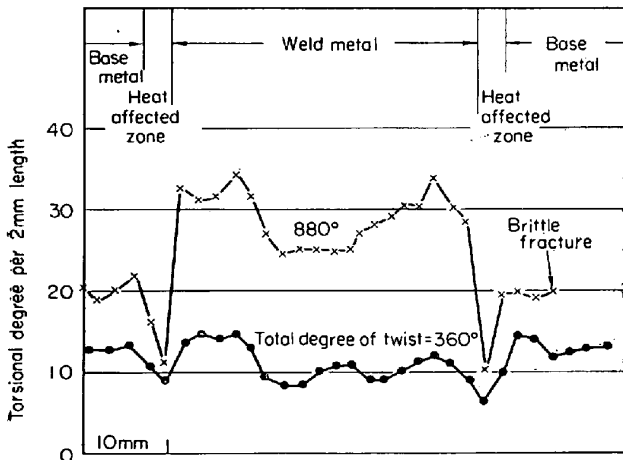


Fig. 3 Distribution of torsional degree for N-transverse weld specimen at -196°C.

質のちがいを調べた。結果はつぎのようである。

1) N鋼材でのシャルピ衝撃値は母材および熱影響部において高く、Y鋼材では溶着鋼部において最も高かった。またN鋼材のシャルピ遷移温度は熱影響部が低く、溶着鋼部が高く現われた。Y鋼材では熱影響部が最も低く母材が高く現われた。

2) 横方向試験片を用いたねじりおよび引張試験を行ない、母材、熱影響部および溶着鋼部における変形量の分布を測定することによつて一定応力下での母材、熱影響部、溶着鋼各部における変形のちがいをきわめて明瞭に知ることができた。すなわち本溶接条件下では一般に熱影響部の変形量は低く母材では大きいこと、および各

部は互にその影響によつて変形の連続性が保たれていることが知られた。

3) 室温における引張破断はすべて母材で発生し、また低温ねじり脆性破壊は両鋼材とも母材において生じた。

4) 625°C 10 hr の応力除去焼鈍処理したものでも横方向試験片によるねじり脆性破壊は母材で生じた。脆性破壊変形時における溶着鋼部の変形量は母材に比較して大きくなった。

本研究は鉄鋼の照射試験研究合同委員会の分担研究に一部追研究したものをまとめたものであることを付記し関係各位に謝意を表わします。

文 献

- 1) R. G. GILLILAND and J. T. VENARD: Welding J., 45 (1966) 3, p.103s-110s
- 2) 美馬, 堀: 鉄と鋼, 51 (1965) 1, p. 59~64
- 3) 例えば R. L. HICKEY and R. W. SCHULTZ: Metal Progress, 90 (1966) 3, p. 65~70

(246) A-302B鋼の強度と靱性におよぼす焼準冷却速度の影響

(ASTM A-302B 厚鋼板の熱処理と機械的性質—I)

日立製作所, 日立研究所

工博 根本 正・佐々木良一
 田野崎和夫・○正岡 功

Effect of Normalizing Cooling Rate on the Strength and Notch Toughness of A-302B Steel

(Heat treatment and mechanical properties of heavy section ASTM A-302B steel—I)

Dr. Tadashi NEMOTO, Ryoichi SASAKI
 Kazuo TANOUZAKI and Isao MASAOKA

1. 緒 言

BWR 型および PWR 型の発電用原子炉圧力容器には板厚 100 mm 以上の ASTM A302B 厚鋼板が広く用いられる。このような厚鋼板では機械的性質が熱間加工後の熱処理に左右され、規格要求値を満足させるためには容器製造上の熱処理条件を十分把握しておくことが重要である。

ASTM A302B 鋼の熱処理と機械的性質に関しては 2~3 の文献¹⁾²⁾ もみられるが、強度と靱性におよぼす焼