

(86) 強靱鋼厚板の溶接割れ感受性試験法の研究 (III)

(拘束スリット型試験法の適用範囲および考察)  
Studies on Test of Sensitivity to Welding Cracks with Heavy High-Strength Steel Plates (III)

(Consideration on application of slit-welding-crack-sensitivity test)

防衛庁技術研究所

齋藤利生・工 伊藤慶典

三菱日本重工, 東京自動車製作所

○荒城義郎・理 宮長文吾・工 仁熊賢次

I. 緒言

第 1 報においては厚板スリット型拘束試験が強靱鋼厚板溶接割れ感受性試験用として他の試験方法に優ること, 第 2 報において縦 400, 巾 250mm などの寸法を有する試験片が 16~50mm 板厚を有する強靱鋼試験の基準となることを述べた. 第 3 報においてはこの試験方法を実地に適用した場合, 如何なる結果を生じたこの結果を如何に判定すべきであるかについて考察を加えた.

II. 実験材料および実験方法

1. 供試材料: Table 1 は供試強靱鋼および溶接棒の化学成分ならびに機械的性質を示す. 強靱鋼は 850°C 油焼入後 540°C で焼戻し H.B. 328~331 の硬度を有する焼入効果の高いもので, 溶接棒はいずれもオーステナイト系とし, Ni-Cr-Mn 系, Mn-Cr 系は特殊心線を使用した強靱鋼専用のもの, D316-A, B は国産, D310 は外国のそれぞれ一流メーカー製品, D308 は国産二流品と見られるものでそれ等の化学成分および機械的性質は JIS Z 3221 および G 3524 による溶着鋼の試験結果である.

2. 試験片形状と施行条件: 試験片の形状寸法は Fig. 1 に示した. ビードに直角方向の拘束力を発生する基準

となる寸法 e はそれぞれ 30, 50, 60, 75 mm に変化し, 板厚は 16, 25, 37, 45 mm を使用した. 直流逆極性常温溶接を採用し溶接棒径は 5, 6 mm でそれぞれの試験片に適する銅裏当金を使用した.

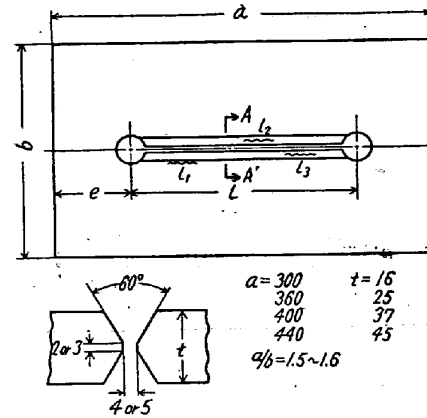


Fig. 1. Dimension of the slit test specimen.

III. 実験結果と考察

1. 寸法 e と割れ発生状況: 溶接ビードと母材に発生した一切の割れを表裏両面からダイテックにより検出し, 次の算式によつて見掛割れ率をもとめた. 見掛け割れ率と寸法 e の関係を Fig. 2 に示す. この算式は強靱鋼母材の割れ感受性を示すものではなく, 見掛割れ率は拘束応力の大小を示す参考値である.

$$\text{見掛割れ率} = \Sigma l / 2L \times 100 (\%)$$

ただし l: 発生した割れ長さ, L: ビード長

Fig. 2 によれば寸法 e が 50mm までは強靱鋼専用溶接棒と D316 系では割れ発生はほとんどなく 60mm を超えると最も割れ発生が少ない一種を除き割れ発生傾向は高くなり 75mm になると D316 系ではいちじるしくなる. 供試 D308 系はいちじるしい割れ発生を示し強靱鋼溶接に対しては全く適性のないことを示している.

この結果によれば a x b が 400 x 250 mm の標準寸法であればスリット長 L が 250 mm の場合強靱鋼厚板の

Table 1. Chemical composition & Mechanical properties of steel plates & electrodes utilized for slit test.

	Chemical composition									Mechanical property		
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Elongation %	Impact value kg-m/cm <sup>2</sup>	
Plate	0.30	0.26	0.61	0.005	0.006	3.06	1.53	0.39	116	16	—	
Electrodes	Ni-Cr-Mn	0.09	0.51	15.6	0.022	0.003	12.1	17.8	—	55.2	46.6	16.2
	Mn-Cr	0.22	0.40	5.7	0.022	0.004	4.2	16.1	—	71.2	42.8	15.6
	D316-A	0.06	0.56	1.83	0.023	0.007	13.04	18.71	0.27	56.9	45.2	15.6
	D316-B	0.09	0.62	1.45	0.028	0.008	13.32	19.27	1.93	56.9	39.3	—
	D308	0.08	0.65	1.20	0.034	0.012	8.91	18.61	—	57.3	34.8	—
	D310	0.09	0.66	1.06	0.029	0.012	20.85	22.10	—	55.5	34.5	13.3

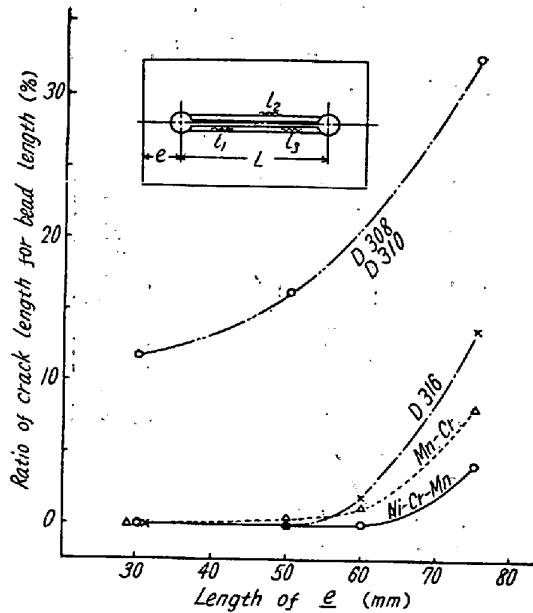


Fig. 2. Effect of dimension  $e$  for slit-crack-sensitivity test.

割れ判定用としてこの試験片を有効に適用し得ることが解る。第2報に述べたように板厚および  $a$ ,  $b$ ,  $L$  など個々の寸法, 溶接棒径などの条件に比して, 溶接棒の種類および  $a/b$ ,  $a/L$  などの寸法比率が割れ感受性を知る上に重要な要素であることも Fig. 2 に現れた結果より立証される。

2. ビード割れと母材割れの考察: この試験においてビード割れは溶接直後に発生しその後はほとんど生長しない高温割れであるが, ビード剝離および母材割れは多く溶接後時間を経て冷却した後に発生し両者は性質の異なるものである。ビード高温割れは Photo. 1 ではオーステナイト粒界に生じており, Photo. 2 では結晶内におよんでいる。これは溶接棒が不適當で高温においてビード強度が拘束応力に耐え得なかつたことを物語っている。

母材割れの例として比較的多く見られるものは Photo 3 のように焼戻されたマルテンサイト組織が残存するオーステナイト粒界に沿って割れる。いわゆる水素割れである。この場合は溶接部は拘束応力に耐え母材がこれに耐え得ない条件を与えられたものである。この試験における拘束応力は Fig. 1 A-A' 附近において最大となるが割れはビード両端部特に溶接開始部の溶込不良部二番および最終端のクレータ部ビード割れから中央に掛けて生長し全般におよぶものと見られる。

3. 割れ発生と溶接棒および溶着鋼成分の関係: Fig. 2 は厚板スリット型試験においては溶接棒の種類により割れの発生状況がいちじるしく異なることを示したが, こ

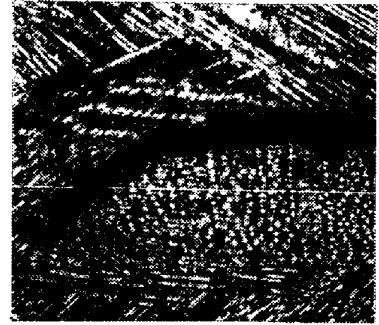


Photo. 1. Crack in austenite grain boundary at deposit metal  $\times 50$  (2/3)



Photo. 2. Crack in austenite grain at deposit metal  $\times 300$  (2/3)



Photo. 3. Crack in high strength base steel at slit-welding test  $\times 400$  (2/3)

の試験における一層溶着鋼の成分は JIS Z 3221 ステンレス溶接棒試験方法による溶着鋼成分とはいちじるしく異なるものである。母材から 2mm 以上離れた棒径 5mm の溶接棒による溶着鋼では, C はいちじるしく増加するが, Cr は 40~70% も稀釈または散逸し, Mn の散逸もこれに次いで大で特に酸性被覆を使用したものはいちじるしい。Mn 量の減少は Si, S などの悪影響を強め Ni 量の減少はいちじるしくはないが靱性や耐熱性を減じオーステナイトを不安定にするので強靱鋼溶接においてはこの点特に注意を要する。

Table 2 に示す一層溶着鋼の分析値は Table 1 に示す溶着鋼と同種のもので, その成分差のいちじるしいことは強靱鋼の一層溶着が全く特殊なものであつて溶接棒

Table 2. Chemical composition of one pass deposit metal at slit testing.

Kind of electrodes	Chemical composition								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	[Mo]	Cu
Ni-Cr-Mn	0.18	0.44	1.54	0.028	0.014	9.81	11.81	0.19	0.14
D-310-A	0.14	0.37	1.07	0.020	0.009	10.23	11.57	0.11	0.21
D-310-B	0.15	0.36	0.28	0.017	0.010	9.34	13.26	0.54	0.11
D-308	0.16	0.58	0.35	0.014	0.009	7.46	11.68	0.12	0.20
D-310	0.19	0.53	1.98	0.027	0.008	15.24	14.96	0.06	0.15

や施行法に格別の配慮を要し、試験においても強靱鋼の溶接割れ感受性を知るためにはビード高温割れを生ずることの少ないもの、すなわち一般には H<sub>2</sub>, P, S などの少く Ni, Cr, Mn など含有量の相当多い溶接棒の採用と然るべき施行が必要であることを示している。

#### IV. 概 括

上記実験を要約すれば次の結論を得る。

(1) 厚板スリット型拘束試験は板厚 16~50mm の強靱鋼の割れ感受性判定用として実際の作業に合致した適切な判定方法であり、試験に当つてはビード高温割れを生じ難くしかも母材割れ発生程度の過大でない溶接棒により実施されるべきである。

(2) 本試験方法は一般に知られる割れ感受性試験よりも概して苛酷な傾向を持つが強靱鋼の使用目的や一層溶接における特異性を考え縦 400mm, 巾 250mm, スリット長 250mm 程度を標準とすべきであるが使用目的に応じ縦, 横スリット長の比率を一定にして多少小型のものを使用することができる。また縦とスリット長の比を変化することにより拘束力を適宜に調節し得る利点がある。

(3) 上記の試験方法等により性質を確認した強靱鋼厚板を使用して、溶接棒および溶接施行方法が母材に適切であるか否かを判定することができる。この場合結果を判定するには発生した割れの長さを以て優劣を決定すべきではなく、割れ発生件数と割れの数が重視される。

### (87) リムド鋼管材材質と鋼管の内面疵との関係 (II)

(内面疵と砂疵および S 偏析との関係)

Relation between Quality of Tube Rounds Made from Rimmed Steel Ingot and Inner Surface Defects of Seamless Steel Tube (II)

(Effects of sand marks and sulphur segregation on inner surface defects)

N. Eguchi, et alii.

八幡製鉄所技術研究所

工 大竹 正・工 村山周治・○江口 直記

#### I. 緒 言

さきにリムド管材材質の評価法を種々実験し鋼管の内面疵と管材の 1 種砂疵 (Silicate 介在物に起因する) が強い関係があることを示し、また鋼塊内位置により鋼管の内面疵の発生傾向が異なることを明らかにした。しかし鋼塊頭部附近の鋼管の内面疵発生傾向は他の部位にくらべやゝ変動が大でこれは 1 種砂疵ばかりでなく S 偏析に基づく black spot の影響がこの部位で強くあらわれたのではないかと考えられた。そこでこの点を明らかにするため特に鋼塊頭部相当管材について実験を行い、なおあわせて砂疵あるいは S 偏析に関係すると思われる C 量の影響を調査した。

#### II. 実 験 試 料

試験鋼の製鋼分析値を Table 1 に示す。鋼はいずれも塩基性 60t 平炉で熔解し、鋼塊は単重約 3.8t の下注ぎで、各 charge とも 2~4 本の鋼塊を選び、85mm φ 管材に圧延後鋼塊頭部に相当する部分から適当な長さの試料を採取した。

Table 1. Chemical analysis of samples (%)

Sample	C	Si	Mn	P	S	Mn/S
A	0.09	0.01	0.36	0.011	0.021	17.1
B	0.09	0.01	0.45	0.011	0.017	26.7
C	0.09	0.01	0.40	0.015	0.019	21.1
D	0.10	0.01	0.44	0.011	0.018	24.4
E	0.11	0.01	0.39	0.011	0.017	22.9
F	0.13	0.01	0.44	0.011	0.018	24.4
G	0.15	0.01	0.50	0.011	0.015	33.3

#### III. 実 験 結 果

##### 1. 実験方法

製管試料は 1m に切断し、Stiefel-Mannesmann 法により製管、圧延後絞り圧延により 60.5φ×3.15t×8200/mm<sup>3</sup> 寸法の鋼管にした。内面疵は鋼管を縦方向に切開いて調査し、疵のひどさによる等級 (疵の深さと等