

669.14.018.29 : 539.4 : 621.785.72
 : 621.772.4 : 621.039.53

(125) 厚手鋼板の機械的性質について

(原子炉用 ASTM A-302 B 鋼の研究—II)

八幡製鉄所, 技術研究所

工博 榎藤 永・佐藤 誠・○榎原瑞夫

On the Mechanical Properties of Heavy Plate.

(Studies on a reactor vessel steel, A-302 B—II)

Dr. Hisashi GONDŌ, Makoto SATŌ
 and Mizuo SAKAKIHARA.

1. 緒 言

本報告では, ASTM A-302B 鋼およびその Ni 添加改良型の厚手鋼材の性質について研究検討を行なったので, その結果を報告する。

2. 試料および実験方法

実験に用いた鋼材はすべてエルー式塩基性 30 t 電気炉で出鋼し, 厚板工場において 100mm および 155mm の鋼板に圧延後, 焼準・焼戻しまたは焼入れ, 焼戻しを

行なった。なお焼準および焼入れ温度は 900~950°C とし, 焼戻しおよび応力除去焼鈍は 1inch 当たり 1hr の保定を行なった。

実験は厚鋼板の機械的性質に主に影響すると考えられる焼準焼戻条件の影響, 熱間強度, 応力除去焼鈍の影響について考察し, 溶接性についても検討した。実験室での応力除去焼鈍においては加熱速度を 100°C/hr 以下とし, 冷却速度は 50°C/hr 以下で炉冷を行ない, 圧力容器の応力除去焼鈍条件にあわせた。

引張り, 2mm V ノッチシャルピー衝撃試験片はすべて圧延方向に平行に板厚の 1/4 のところから採取した。

3. 実験結果

実験に用いた鋼材の化学成分を ASTM 規格とともに Table 1 に示した。試験鋼材 AQ, BN, BQ は ASTM 規格材であり, NCQ, NDQ, NEN はその Ni 添加型である。

機械的性質におよぼす焼準後の焼戻条件の影響, 応力除去焼戻後の機械的性質および焼準加熱後加圧焼入装置

Table 1. Chemical composition of tested steels. (Ladle analysis%)

Code	Thickness (mm)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	sol. Al
ASTM 302 B	—	<0.25	0.13/0.32	1.10/1.55	<0.035	<0.040	—	0.41/0.64	—
A, Q	100	0.19	0.21	1.29	0.009	0.008	0.03	0.55	0.024
BN, BQ	〃	0.18	0.24	1.27	0.015	0.009	0.03	0.49	0.03
NCQ	〃	0.14	0.22	1.40	0.011	0.010	0.76	0.55	0.014
NDQ	〃	0.15	0.22	1.37	0.011	0.014	0.76	0.52	0.014
NEN	155	0.19	0.28	1.30	0.017	0.010	0.68	0.51	0.024

Table 2. Mechanical properties of the steels tested.

Code	Heat treatment	Y. P. (kg/mm ²)	T. S. (kg/mm ²)	E. L. GL:50mm (%)	R. A. (%)	VE-20 (kg m/cm ²)
ASTM A-302 B	—	>35.2	56.2/70.3	≥20* ≥19	—	—
AQ (Q & T)	600°C Temper	55.8	68.8	26.0	72.0	>20
	625 〃	53.0	65.5	27.2	74.0	〃
	650 〃	48.3	61.8	29.2	75.0	〃
	675 〃	46.1	59.3	31.0	76.0	〃
BN (Normalized)	625 〃	49.1	61.7	30.3	67.3	10.0
	625°C SR(Once)	46.1	59.8	31.1	66.6	7.9
	625°C SR(Thrice)	45.3	59.0	32.9	67.9	6.5
BQ (Q & T)	625°C CT.	48.7	62.7	35.9	72.4	12.5
NCQ (Q & T)	625 〃	60.7	72.7	22.0	69.8	13.6
	650 〃	53.1	67.3	26.7	72.1	>20
	675 〃	51.7	64.5	28.5	72.5	〃
	625°C SR(Once)	53.7	63.6	30.0	73.3	19.0
NDQ (Q & T)	625°C CT.	53.1	66.9	26.0	71.9	>20
	650 〃	53.0	65.5	28.5	72.3	〃
	675 〃	50.7	64.4	29.0	74.5	〃
NEN (Normalized)	625 〃	45.6	61.0	28.7	67.2	10.0
	650 〃	43.4	58.8	31.9	68.8	8.0
	675 〃	42.3	76.8	21.0	39.9	1.0
	625°C SR(Once)	43.4	62.1	28.2	62.9	7.0
	625°C SR(Thrice)	41.9	61.2	29.2	66.8	5.4

* Fire box quality.

により焼入後焼戻を行なった場合の機械的性質を Table 2 に示した。これら試作鋼は ASTM 規格に要求する機械的性質はほぼ満足されるが、焼戻条件応力除去焼鈍により、若干挙動が異なる。これら試験鋼材についての実験結果の概要を要約すれば次のようになる。

1. Table 2 の BQ, BN 材の結果より、焼入焼戻後の性質は焼準焼戻材よりも強度高く、切欠靱性もすぐれる。

2. Table 2 の BN, NEN 材を比較すると Ni を 0.7% 添加した 155mm 鋼板は Ni を添加しない 100mm 鋼板と同等の機械的性質を示し、Ni が厚鋼板の強度靱性の改善に有効なことがわかった。同様に BQ, NCQ 材に見られるように、同板厚の場合には Ni 0.7% 添加は 8 kg/mm^2 程度の強度の増加となり、切欠靱性も改善される。しかし BN, BQ の結果からわかるように Ni を添加しないものは焼入焼戻、焼準焼戻材ともほぼ同等の性質であった。

3. AQ, NCQ, NDQ, NEN 鋼材の焼戻試験結果によると、焼戻抵抗は Ni 添加材および A-302B 鋼とも同程度である。NEN 鋼の 675°C 焼戻の場合の強度の増加は NEN 鋼が比較的高炭素であるため、加熱時 α , γ_2 相共存域に入り、冷却時局部的マルテンサイトを生成したためと考えられる。

4. また BN, NCQ 材における焼入焼戻後の応力除去焼鈍試験結果では調質処理をした NCQ 材の強度低下が大きい。しかし応力除去焼鈍後の強度は Ni が含まれてはいるが焼入焼戻材の方が大きい。

5. BN, NCQ, NEN 材の結果からわかるように、応力除去焼鈍による衝撃値の低下は板厚の増加とともに増大する。これは焼鈍後の冷却速度によるものと思われる。

6. NCQ, NEN 鋼の結果では応力除去焼鈍後板厚

Table 3. Mechanical properties in high temperatures.

Code	Tested temperatures (°C)	Y. P. (kg/mm ²)	T. S. (kg/mm ²)	EL GL: 50mm (%)	R. A. (%)
NCQ	R. T.*	—	72.5	23.0	70.0
	200	—	68.9	25.0	65.0
	300	—	68.0	22.0	62.0
	400	—	68.5	23.0	61.0
	500	—	52.0	20.0	68.9
BN	R. T.	43.5	60.1	29.6	68.0
	200	40.1	56.4	26.2	67.8
	300	36.2	58.0	26.2	61.6
	400	35.3	55.8	31.7	66.1
	500	32.6	47.9	35.5	77.2
BQ	R. T.	43.4	62.0	33.7	73.8
	200	44.5	58.9	26.3	73.9
	300	42.3	60.9	25.6	64.7
	400	40.6	58.3	32.6	67.6
	500	37.3	48.5	30.3	81.5
600	32.2	33.2	35.0	87.0	

* Room temperature.

100mm, 155mm 材とも同程度の強度を示し、この程度に板厚が大きくなった場合には、応力除去焼鈍後の強度低下は板厚増加によりあまり変わらないことがわかった。

7. Table 3 の BQ, BN, NCQ 材の熱間引張試験結果からわかるように、Ni 添加鋼および A-302B 鋼とも 200°C 程度に加熱されると高温強度はかなり低下するが、 $200\sim 400^\circ\text{C}$ 間ではほとんど低下しない。またこの傾向は調質材の方が小さい。また 300°C 近辺で主に断面収縮率にあらわれる若干の靱性脆性の傾向を示すが、 400°C 以上では延性は良好である。

4. 結 言

ASTM, A-302B 鋼の熱処理条件、応力除去焼鈍の影響などについて研究を行ない次のような結論を得た。

1. 母材の熱処理条件としては焼入焼戻材の方が焼準焼戻材よりも良好である。しかし応力除去焼鈍で焼入の効果がほとんどなくなるから焼準焼戻で良い性質を得ることが望ましい。

2. 焼戻温度としては厚手鋼板の場合 625°C がもつとも適当のようである。

3. 応力除去焼鈍後の性質は応力除去焼鈍 1 回では、Ni 添加型が良好である。しかし多数回応力除去焼鈍を行なった場合にはさらに検討の必要がある。

4. 400°C までの高温強度は焼入焼戻材の方が焼準焼戻材よりも高いが、応力除去焼鈍後はほとんど差がないから、応力除去焼鈍して使用するような場合には焼入処理の利点が失われる可能性が大きい。

(126) サブマージーク溶接材料について

(原子炉用 ASTM A-302B 鋼に関する研究—III)

八幡製鉄所, 技術研究所

伊藤悌二・熊谷守浩・森山康・西田時男
A Study on the Wires and Fluxes for Submerged Arc Welding.

(Studies on a reactor vessel steel, ASTM A-302B—II)

Teiji Itō, Morihiro Kumagai
Kō Moriyama and Tokio Nishida.

1. 緒 言

ASTM-A-302B 鋼の母材規格として要求される機械的性質を十分満足するサブマージーク溶着金属を得るため、筆者らはこれに適する溶接材料について若干の検討を行なった。

既存の心線およびフラックスの中から適当なものを選び予備試験を行ない、この結果に基づいて心線の試作試験を行なった。この結果、5 回以上もの多数回 S. R. (応力除去焼きなまし) 後にも十分な強度と切欠靱性を有する溶着金属の得られるサブマージーク溶接材料を確立することができた。

2. 供 試 材

供試鋼板および供試心線の化学成分を Table 1 に示す。