

Fig. 2. Influence of notch type on the impact test results of the 9% Ni steel plates.

研究が最近注目されている。筆者らは前報においてすでにアルミキルド、2.5% Ni さらに 3.5% Ni 鋼の低温性質を明らかにし低温用構造材料としての実用性を報告した。しかし 2.5% Ni または 3.5% Ni 鋼は高価であるのみならず、必ずしも入手することが恒常的でない Ni を適量に添加して低温靱性を確保するものであり、したがって Ni を含有せずまたは少量の Ni の添加によつて高い低温靱性の得られる鋼種が要望される。今回はその 1 例として Cr-Cu-Ni-Al 鋼について低温切欠靱性を中心に溶接性、落重試験などの結果を報告する。

II. 供試鋼と実験方法

本実験はこれを 2 群に分けて行なつた。Table 1 に示す供試鋼のうち鋼材④、⑤、⑥は ASTM A410 に相当する鋼種で Al 含有量を変化させたものである。

実験 1 は Table 1 に示す成分のうち ①~⑤ を 3.5 kg 高周波電気炉で溶製し、試験種類に応じて 25 mm φ の丸棒および 13 mm φ 角棒に鍛伸後、焼準または水焼入焼戻しの熱処理を施した。しかるのちに各種の試験に供し成分および熱処理による性質の変化を明らかにした。

実験 2 は実験 1 の結果、適量の Al を含有する Cr-Cu-Ni-Al 鋼が低温靱性のすぐれていることが

素とすることにより、1) 強度的にはなお規格に対し相当余裕がある。2) 伸び曲げ性質が改善される。3) とくに低温切欠靱性が改善されるなどの結論を得た。

文 献

- 1) 鉄と鋼, 46 (1960), 1333~1335.
- 2) 鉄と鋼, 46 (1960), 1328~1333.

確認されたのちに行なわれた。Table 1 に示す成分のうち鋼材⑥をエルー式塩基性電気炉で溶製し 12×3000×3000(mm) に圧延した。さらに熱処理した母材の強度と低温切欠靱性の試験を行ない、これらの試験結果を参考として代表的な熱処理法と考えられる焼準または水焼入焼戻しの場合について、さらに落重試験、溶接キンゼル試験、溶接硬度試験、溶接継手部の引張、曲げ試験、溶接熱影響部の靱性試験などを行なつたものである。

III. 実験結果および考察

1. 実験 1 の場合

Table 1 のうち①~⑤の鋼材について熱処理(焼準または水焼入焼戻し)の差による機械的性質の試験結果の 1 例は Table 2 のごとくである。焼準または水焼入焼戻しの熱処理の場合では化学組成による材力の差はなく、水焼入焼戻しの場合とはとくに降伏強度の上昇が認められる。また鋼材④は適量の Al 添加による効果があらわれもつとも低温靱性がすぐれていると考えられる。

2. 実験 2 の場合

Table 1 鋼材中⑥の圧延板について行なつた各種の試験結果はつぎのごとくである。

(160) Cr-Cu-Ni-Al 鋼の低温性質について

(低温用鋼の研究—II)

日本製鋼所室蘭製作所

宮野樺太男・○進藤 弓弦

On Low-Temperature Properties of Cr-Cu-Ni-Al Steel.

(Studies on the steel for low-temperature service—II)

Katao MIYANO and Yuzuru SHINDO.

I. 緒 言

石油製精、液化ガス工業などに使用される低温用鋼の

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Steel code	Chemical composition (%)										
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	TAI	MAI
①	Ni-Cr	0.08	0.26	0.67	0.022	0.015	0.46	0.52	0.04	0.04	0.003	0.003
②	Ni-Cr-Mo	0.08	0.27	0.65	0.026	0.015	0.58	0.48	0.01	0.26	0.005	0.004
③	Ni-Cr-Cu	0.06	0.26	0.71	0.010	0.014	0.59	0.51	0.50	0.05	0.004	0.003
④	Ni-Cr-Cu-Al	0.08	0.25	0.69	0.010	0.016	0.59	0.51	0.50	0.06	0.094	0.080
⑤	Ni-Cr-Cu-Al	0.08	0.26	0.70	0.010	0.015	0.58	0.51	0.50	0.04	0.282	0.272
⑥	Ni-Cr-Cu-Al	0.09	0.32	0.74	0.009	0.011	0.78	0.69	0.65	0.03	0.153	0.132

Table 2. Results of testing.

Steel No.	Steel code	Heat treatment*	Tensile test				Impact test ** (V-Notch)	
			Y.S. (kg/mm ²)	T.S. (kg/mm ²)	El. (50) (%)	R.A. (%)	-60°C (kg-m)	-100°C (kg-m)
①	Ni-Cr	N	31.2	47.0	41.0	72.1	1.8	0.3
		Q&T	39.7	51.0	34.6	75.0	2.5	1.4
②	Ni-Cr-Mo	N	30.8	50.0	37.0	70.5	3.1	0.9
		Q&T	42.6	53.1	33.0	74.5	3.3	1.2
③	Ni-Cr-Cu	N	30.0	46.0	40.0	72.8	2.0	0.4
		Q&T	38.2	51.2	35.8	75.0	3.5	1.3
④	Ni-Cr-Cu-Al	N	30.9	52.0	37.4	72.1	4.6	2.0
		Q&T	45.3	54.1	30.4	78.5	7.4	4.2
⑤	Ni-Cr-Cu-Al	N	38.3	52.9	39.0	73.6	2.5	0.7
		Q&T	42.9	53.0	37.0	77.5	4.4	2.8

* N.....Normalized. Q & T.....water-quenched and-tempered.

** Average value of three specimens.

a) 機械的試験

熱処理した母材の引張試験結果を Table 3 に示す。

圧延のままの場合に比較して焼準、焼準焼戻しの焼処理の場合ではその降伏強度および引張強度ともほとんど差はない。焼入焼戻しの場合、とくに水焼入焼戻しの熱処理では格段に強度の上昇が認められる。

各種の熱処理を施したものについて 2mm V ノッチおよび 5mm U ノッチのシャルピー衝撃試験を行ない遷移温度を求めた。靱性遷移温度として Tr 15 (15ft-lb) を、また破面遷移温度として TrS (50% 靱性破面) を求めその結果を Fig. 1 に棒グラフで示した。圧延のままの場合に比べて焼準、焼準焼戻し、水焼入焼戻し、油焼入焼戻しの順に低温靱性はすぐれている。しかし炭素含有量の低い本鋼板は焼準熱処理のみで充分 ASTM 規格の低温衝撃試験 (-101°C における 5mm U ノッチシャルピー衝撃値が 15 ft-lb 以上) に合格するものである。

b) NRL 式落重試験における NDT 温度

熱処理による母材の強度、低温靱性さらに実用性を考慮して、代表的な焼準または水焼入焼戻しの熱処理の場合における鋼板の NDT 温度を求め、その結果を Table 4 に示した。

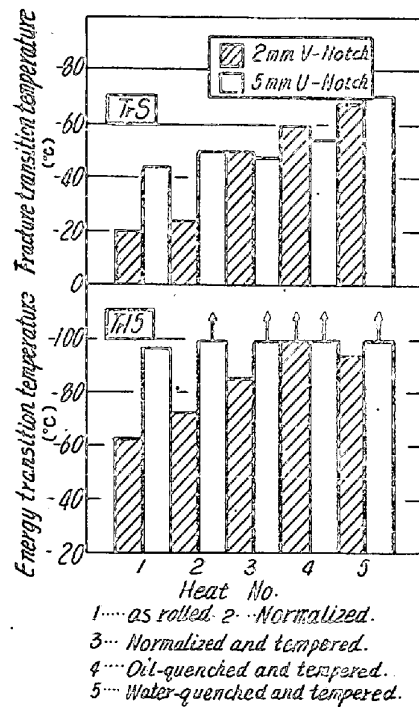


Fig. 1. Summary of energy transition temp. (Tr 15) & fracture transition temp. (TrS) by results of Charpy impact test at various temperatures.

NDT 温度より考えてこれらの材料はその最低使用温度が制限されるものと考えられる。

c) 溶接部の靱性試験

落重試験の場合と同一熱処理後の鋼板について溶接キンザル試験を行なった。横収縮率 1% に相当する Trφ 遷移温度は -96°C (焼準材), -93°C (水焼入焼戻し材) であり母材の熱処理法による遷移温度の差はほとんどない。

Table 3. Tensile and bending properties of the heat-treated Cr-Cu-Ni-Al steel plates.

Specifications of heat treatment	Y. S. (kg/mm ²)	T. S. (kg/mm ²)	E (50) (%)	Bending ratio (D=2t)
As rolled.	38.6	49.9	39.7	Good
900°C×1h A.C.	38.8	51.2	39.1	"
900°C×1h A.C.→670°C×1/2h A.C.	41.8	48.4	41.7	"
900°C×1h O.Q.→670°C×1h O.T.	46.1	54.8	38.1	"
900°C×1h W.Q.→670°C×1h A.C.	50.4	60.3	30.7	"

Table 4. NDT temperature and Charpy V-notch absorbed energy at NDT temperature.

Heat treatment of mother plates	NDT temperature	V-notch Charpy absorbed energy at NDT temperature
900°C×1h A.C.	-74 (°C)	15.3 (ft-lb)
900°C×1h W.Q.→670°C×1h A.C.	-81	32.0

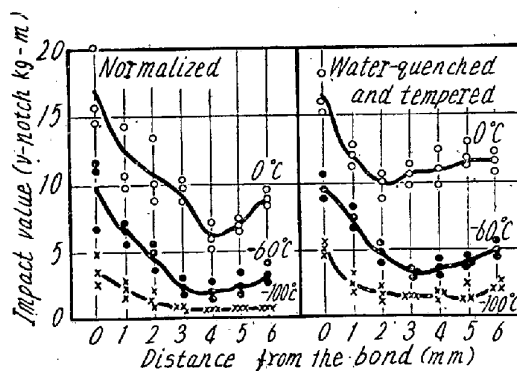


Fig. 2. Results of standard V-Notch Charpy test for various locations of welded joints tested.

の場合では母材の靱性が高くこのため熱影響部の微細化された部分に若干の靱性低下が認められる。

IV. 結 言

ASTM 規格に規定されている Cr-Cu-Ni-Al 鋼について低温靱性を中心に各種の試験を行ない溶接構造用材料としての性質を明らかにし、さらに NDT 温度との関連においてその実用温度範囲を検討した。

文 献

- 1) 宮野, 小山内, 進藤: 鉄と鋼, 46 (1960), 10, 281.

d) 溶接熱影響部最高硬度

JIS Z3101 に準じて単層ビード溶接部の熱影響部最高硬度を測定した。測定結果は VHN 263(焼準材), および 275 (水焼入焼戻し) であり本鋼板は溶接硬化性が少なくすぐれた溶接性を有するものである。

e) 突合せ溶接継手部の引張, 曲げ試験

X型開先形状を使用して多層溶接を行ない, しかる後に溶接継手部の引張および曲げ試験をした。試験結果を Table 5 に示した。引張試験後の破断位置はいずれの場合も母材より切断し材力も母材の強度を示した。また曲げ試験を行なったがなんらの亀裂も発生しなかつた。

f) 溶接熱影響部の低温切欠靱性試験

突合せ溶接継手試験の場合と同一の熱処理後の母材について多層溶接による溶接熱影響部の切欠衝撃試験をした。試験結果の総括を Fig. 2 に図示した。焼準熱処理後の母材の場合は 3~4mm の熱影響部の外側に脆化部が認められるが, 溶接熱影響部は繰返し加熱冷却を受けて組織は微細化し母材よりも靱性が高い。水焼入焼戻し

Table 5. Properties of butt joints.

Heat treatment of mother plates.	Tension test				Bend test (D=2t)			Max. hardness of H. A. Z. (VAH 10kg load)
	Y.S. (kg/mm ²)	T.S. (kg/mm ²)	E (50) (%)	Location of rupture	Face bend	Root bend	Side bend	
900°C×1h A.C.	37.3	49.8	44.5	Mother plate	Good	Good	Good	198
	36.6	50.8	47.8					
900°C×1h W.Q.→670°C×1h A.C.	48.7	59.5	24.2	Mother plate	Good	Good	Good	202
	47.1	62.4	22.9					