

Fig. 1. Effect of heat treatment on the low-temperature impact values of materials tested (2mm V notch).

各供試材について歪時効による影響を検討するため、すべて900°C/1h ACの熱処理を行ない表面仕上げ後10%の冷間引抜加工を行ない、その後230°C/30mnの完全時効処理を行ない、

Vノッチ衝撃試片に加工して低温衝撃値の変化を測定した。Fig. 2に測定結果を示す。各供試材のC%, Al%, P%によりそれぞれ異なつた衝撃遷移曲線を示し、歪時効による感受性の相違を示すが各供試材とも-50°Cでは完全に脆化し、歪時効により低温特性はいちじるしく低下することが認められた。

しかしながら600°Cの歪取焼ナマシを行なうことによりAlキルド鋼の低温衝撃性は充分回復することが確認された。

5. 低温衝撃性におよぼす方向性の影響

各供試材の110×16×Lの板材について900°C/1h AC処理を行ない、圧延ならびに直角方向より衝撃試片を採取し、方向性による低温衝撃値の変化を検討した。各供試材とも、試料採取方向により顕著な差が認められたが、低C-Alキルド鋼の供試材aは、直角方向でもきわめて高い低温衝撃性を有することが認められた。

IV. 結 言

-50°Cで使用されるAlキルド鋼の低温特性につい

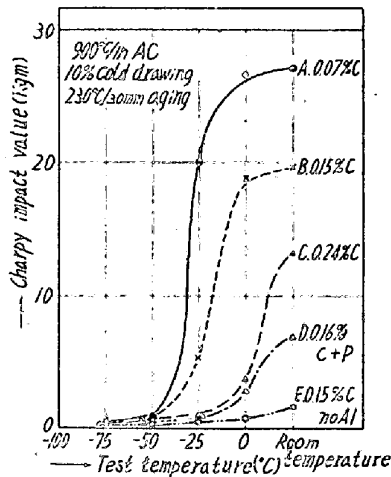


Fig. 2. Effect of chemical composition on the low-temperature impact values of materials tested after stress-aging.

て若干の実験を行なつたが、本鋼種の低温衝撃性は、C%, 熱処理方法、結晶粒度の相違によりいちじるしく影響され、規格範囲内でもP%の高いものは低温衝撃値をかなり低下させることが認められた。また歪時効により低温衝撃性はいちじるしく低下するが、適切なる歪取焼ナマシ処理を行なうことにより充分回復することが認められた。

(159) 9% Ni 鋼板の試作研究

(低温用鋼としての9% Ni 鋼の研究—IV)

三菱製鋼長崎製鋼所

○木月清彦・小早川八郎・白石卓雄

Study on Trial Manufacture and Properties of 9% Ni Steel Plates.

(Study on 9% Ni steel for low-temperature service—IV)

Kiyohiko KIZUKI, Hachirō Kobayakawa and Takuo SHIRAIISHI.

I. 結 言

前報¹⁾において、C・11% C, Al添加の9% Ni 鋼板(Ch. No. M-12)を試作し、とくに熱処理と低温切欠靱性に重点をおいて各種の確性試験を行ない、本鋼材自体についてほぼ満足すべき結果と今後参考となる資料を得た。これに基づいて、今回はさらに低炭素、Al添加の9% Ni 鋼板(Ch. No. M-14)を試作し、各種の確性試験と、併せて前チャージ(M-12)との比較検討を行なつた。

II. 溶 製

M-12 同様に酸性高周波炉により500kg 菊型鋼塊(本体重量374kg)を溶製し、air-hammerにより120×400×1000mmの鍛造billetとしたのち、下記条件により圧延し12×100×3100mmの板とした。

圧延開始温度: 1120°C 圧延終了温度: 800°C

本チャージM-14の化学成分をM-12および規格値とともにTable 1に示す。

III. 実 験

1. 変態点

佐藤式熱膨張試験機を用い変態点を測定した結果をM-12および試験条件とともにTable 2に示す。

Ac変態点, Ar変態点ともに基礎実験²⁾で得られた範囲に収まっているが、M-12との比較においては当然

いずれの変態点も上昇し硬度は低下している。Ac₁点の上昇は焼戻温度を高くとれる意味で好ましい。Ar 変態に関して 790°C と 900°C のオーステナイト化温度の差異による影響は前回同様この試験条件下では認められない。

2. オーステナイト結晶粒度

925°C におけるオーステナイト粒度を滲炭法により測

定した結果は全視野とも粒度番号 No.8 の細粒を示し、M-12 との間に差異は認められない。

3. 熱処理—硬度，組織

圧延のまま，二重焼準，単一焼準並びに焼入れのおのについて焼戻硬度を求めた結果を M-12 とともに Table 3 に示す。

焼戻前の硬度は M-12 に比較して当然 M-14 は低いが

Table 1. Specification and analysis of 9% Ni steel plates.

Specification or charge No.	Thickness of plates	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ni %	Al %	Cu %
MALTI-4	≤25mm	<0.13	0.15~0.30	<0.80	<0.020	<0.020	8.50~9.50	>0.015	—
ASTM-A353	≤ 2mm	<0.13	0.15~0.30	<0.80	<0.035	<0.040	8.50~9.50	—	—
M-12	12mm	0.11	0.22	0.58	0.013	0.016	9.36	0.038	0.12
M-14	12mm	0.07	0.25	0.56	0.009	0.012	9.02	0.026	0.11

Table 2. Transformation temperature of 9% Ni steel plates.

Heating rates	Austenitizing treatment	Cooling rates (Half temp. time)	Ac ₁ °C		Ac ₃ °C		Ar ₃ °C		Ar ₁ °C		Hv	
			M-12	M-14	M-12	M-14	M-12	M-14	M-12	M-14	M-12	M-14
2.5°C /mn	790°C × 10mn	1'55"	628	639	700	723	288	325	130	205	404	364
2.5°C /mn	900°C × 10mn	2'00"	628	640	700	724	288	320	152	200	397	366

Table 3. Brinell hardness of tempered 9% Ni steel plates.

Preheat-treatment Ch.No.	As rolled		900°C × 1 h A.C. 790°C × 1 h A.C.		900°C × 1 h A.C.		900°C × 1 h W.C.	
	M-12	M-14	M-12	M-14	M-12	M-14	M-12	M-14
As preheat-treated	382	331	358	285	358	277	395	285
550°C × 2 h A.C.	257	269	255	241	262	241	241	245
575°C × 2 h A.C.	248	255	248	237	248	232	241	241
600°C × 2 h A.C.	248	241	248	232	248	225	238	229

Table 4. Tensile and bending properties of heat treated 9% Ni steel plates.

Specification or heat treatment	T.S. kg/mm ²		Y.P. kg/mm ²		E in 2in. %		Bend test			
	M-12	M-14	M-12	M-14	M-12	M-14	D = 2t		D = t	
							M-12	M-14	M-12	M-14
MALTI & ASTM	>63		>42		>22		Good		—	
As rolled	—	111.5 113.0	—	106.0 103.8	—	19.0 19.0	—	Good	—	80° crack
900°C × 1 h A.C.	128.5 127.0	88.0 89.7	118.5 —	81.7 83.6	17.0 15.0	22.5 22.0	Good	Good	70° crack	130° crack
600°C A.C.	96.5 92.9	82.7 82.0	84.3 83.4	60.3 59.7	23.5 23.0	27.0 27.5	Good	Good	Good	Good
900°C × 1 h A.C. →600°C A.C.	81.2 81.2	74.8 73.5	69.1 70.8	58.1 58.9	28.0 28.0	32.0 29.5	Good	Good	Good	Good
900°C × 1 h W.C. →600°C A.C.	84.7 82.9	75.6 75.8	66.4 67.2	63.8 65.7	29.5 29.0	28.0 27.0	Good	Good	Good	Good

M-12 の各熱処理に応じた硬度差はさほど大でなく、M-14においては却つて as rolled がもつとも高く焼入と焼準との間にはほとんど差異が見られない。これは低炭素 9% Ni 鋼の特異な焼入性として基礎実験⁶⁾においても認められた所で、爾後の熱間加工あるいは熱処理を要求されるような場合に利点として挙げられるであろう。焼戻後の硬度は M-14 が多少低硬度であるが、いずれも焼戻前の熱処理の如何を問わずこの焼戻温度の範囲でほぼ同程度の安定した軟化を示している。Photo. 1 に示す M-14 の焼戻前後の顕微鏡組織に見られるマルテンサイ

トないしベイナイト組織とこれらの焼戻組織よりも上述の熱処理—硬度の関係が窺われる。

4. 引張, 曲げ性質

各種熱処理ごとに、試験片を全て圧延方向に直角の方向より採取し、引張並びに曲げ試験を行なつた結果を Table 4 に示す。なお 600°C 焼戻のさいの加熱時間は M-12; 4h, M-14; 2h である。強度に関してはいずれも問題なく、M-14 においても規格に対して相当の余裕を残しており、伸び曲げ性質に関して M-12 においても 600°C A.C. により規格に合格し、焼入あるいは焼準後焼戻することによりさらに改善されるが、焼準と比較して焼入の効果は全体的に明瞭でない。

5. 低温切欠靱性

チャージ別、熱処理別に 2mm V 切欠衝撃試験片を圧延方向に直角な方向より採取し、低温衝撃試験を行なつた結果を、吸収エネルギー、切欠底部横収縮率並びに切欠底対辺の横膨張率を以つて Fig. 1 に示す。

また 900°C 焼準後焼戻した両チャージについて圧延方向より 2mm U, 5mm U および 2mm V の切欠を有する衝撃試験片を作製し試験した結果を Fig. 2 に示す。

両図より、C%の影響、熱処理の効果が明瞭で、低炭素、急冷および焼戻しが低温切欠靱性に好結果を与える。なお二重焼準の効果は M-14 についても認められなかつたので図示を省略した。切欠形状の影響は、切欠の深さよりも切欠の鋭さが大で、2mm V 切欠

が最低の吸収エネルギーを示すが亀裂発生に対して相対的に敏感な V 切欠を以つてしてもその切欠底横収縮率は低温においても相当高く、亀裂発生に対する本鋼種の靱性の大を示している。

IV. 結 言

前回の 0.11%C, Al 添加のチャージに引続き、今回は 0.07% C, Al 添加のチャージを溶製圧延し確性試験を行なつた結果、変態点、オーステナイト粒度、焼入性、焼戻硬度の傾向、熱処理の効果について基礎実験および前回試作の結果を再確認し、さらに低炭

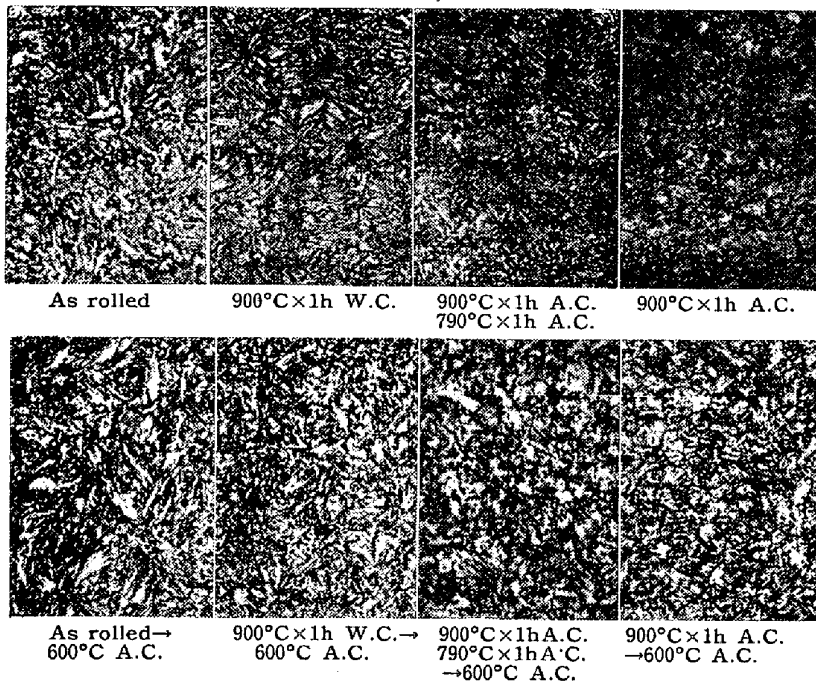


Photo. 1. Microstructure of 9% Ni steel plate. (ch. No. M-14) ×400 (2/3)

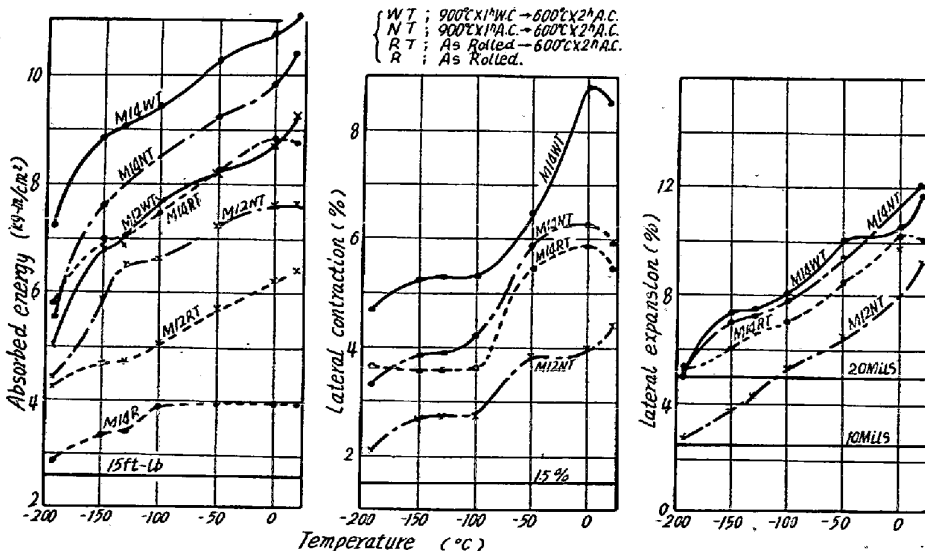


Fig. 1. Influence of carbon content and heat treatment on the results of V-notch Charpy impact test 9% Ni steel plates.

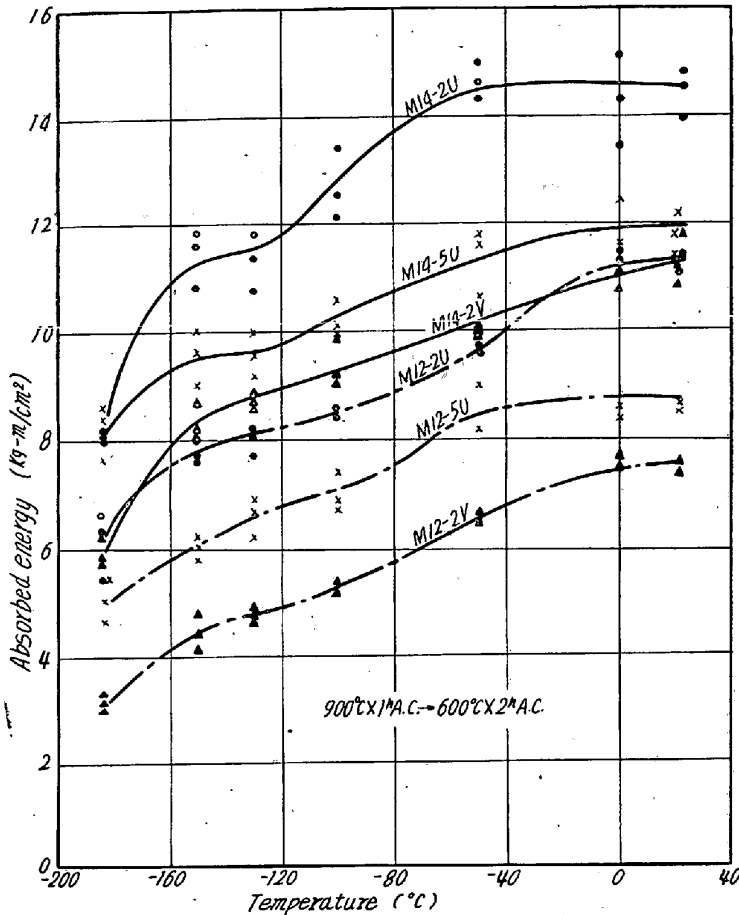


Fig. 2. Influence of notch type on the impact test results of the 9% Ni steel plates.

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

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。

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.

(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