

は比較的小で焼戻脆性の傾向は僅少と判断される。

4. Al の影響

ASTM においては別に Al 添加についてはなんら触れておらず、粒度調整のために二重焼準を推奨しているだけであるが、Al 添加の影響について実験検討した結果は、

1) Al 添加によりオーステナイト結晶粒の微細化が顕著であり、低温切欠靱性が Al なしの場合に比べて優れていることと符合している。

なお参考として、粒度に影響を有するといわれる AlN と熱処理との関係を Table 2 に示す。

Table 2. AlN content of 9% Ni steels heated for 1 hour at different temperatures.

Heat treatment	ch. No.	AlN %		
		H-704	H-706	H-707
As forged		0.0012	0.0009	0.0020
790°C × 1 h A.C.		0.0067	0.0032	0.0038
900°C × 1 h A.C.		0.0079	0.0108	0.0079
900°C × 1 h A.C.		0.0091	0.0097	—
790°C × 1 h A.C.		—	—	tr.
1000°C × 1 h A.C.		—	—	—

As forged での AlN は僅少で、これは圧延のままの場合にも当てはまるものと考えられる。AlN 析出のためには 790°C では不十分で 900°C でほぼ十分である。

5. C% の影響

1) C% が高いほど焼入性および強度は大で、伸び絞りに関してはこれと反対であるが、焼戻後の引強性質は今回実験の 0.06~0.12% C で規格に対し相当安全性がある。

2) 低温切欠靱性に関しては本質的に低炭素が良好と見られる。

III. 結 言

C% が 0.06~0.12 の 9%Ni 鋼について各種の基礎実験および検討を行なった結果

1) 低温切欠靱性に関して、低炭素、Al 添加、急冷および焼戻温度の上限採用が望ましい。

2) 引強性質に関しては、規格に対し相当安全性がある。

3) 二重焼準の意義は認められず、Al 添加の場合 900°C 単一焼準でよいと考えられる。

4) 焼戻脆性の傾向は小である。

などの結論を得た。

(131) 9%Ni 鋼板の試作研究—その 1

(低温用鋼としての 9%Ni 鋼の研究—Ⅲ)

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. Part I.

(Study on 9% nickel steel for low-temperature service—III)

Kiyohiko Kizuki, Hachirō Kobayakawa
and Takuo Shiraishi

I. 緒 言

前二報において報告した 7kg 鋼塊鍛伸材 についての基礎実験に引続き、今回はまず C% 上限、Al 入りの 500kg 鋼塊を熔解し、これの圧延板について確性試験を行なった結果を報告する。

II. 熔 製

酸性高周波炉により熔製した 500kg 菊型鋼塊 (本体重量 374kg) を 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 12×1000×3100mm の板とした。

圧延開始温度: 1120°C, 圧延終了温度: 870°C

本チャージの化学成分を規格値とともに Table 1 に示す。

III. 実 験

1. 変態点

佐藤式熱膨脹試験機を用い変態点を測定した結果を試験条件とともに Table 2 に示す。

Ac 変態に関しては、基礎実験と大差なく、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、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

滲炭法により 925°C におけるオーステナイト粒度を測定した結果を Table 3 に示す。

基礎実験において Al による細粒化が顕著に認められたが、今回もそれと同程度の細粒を示している。

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 Table 4 に示す。

焼戻前の組織はマルテンサイトがおもであるが、焼準材は多少のベイナイトを含み、硬度も圧延のまま、焼入材に比べて低い。しかしいづれも焼戻により大体同一程度の硬度に軟化している。なお基礎実験材と同一焼戻温度での硬度を比較した場合、今回圧延材の方が高く、強

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

Specification or ch. No.	Thickness of plate	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—A 353	≤ 2 "	<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

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

Heating rate	Austenitizing treatment	Cooling rate (Half temp. time)	Ac ₁ °C	Ac ₃ °C	Ar ₃ °C	Ar ₁ °C	Hv
2.5°C/mn	790°C × 10mn	1'55"	628	700	288	130	404
2.5°C/mn	900°C × 10mn	2'00"	628	700	288	152	397

Table 3. Austenite grain size of the 9% Ni steel plate.

Grain size number (a)	Numbers of measuring (b)	a × b	Mean grain size number
8	10	80	80/10=8.0
Total	10	80	

度の過大が予想されたので、以下の機械的試験の供試材は全て 600°C × 4 h の焼戻を行なった。

4. 熱処理——引張、曲げ性質

焼戻前の処理別にまた、板方向別に引張並びに曲げ試験を行なった結果を Table 5 に示す。

方向性が比較的小でいづれも規格を満足しているが、相対的に圧延のままの焼戻材は強度過大で、伸びが小である。単一焼準と比較した二重焼準、焼入れの効果は明瞭でない。

5. 熱処理——低温切欠靱性

焼戻前の処理別にまた、板方向に 2mm V ノッチシャルピー試験片（ノッチは全て板面に直角）により低温衝撃試験を行なった結果を Fig. 1 に示す：

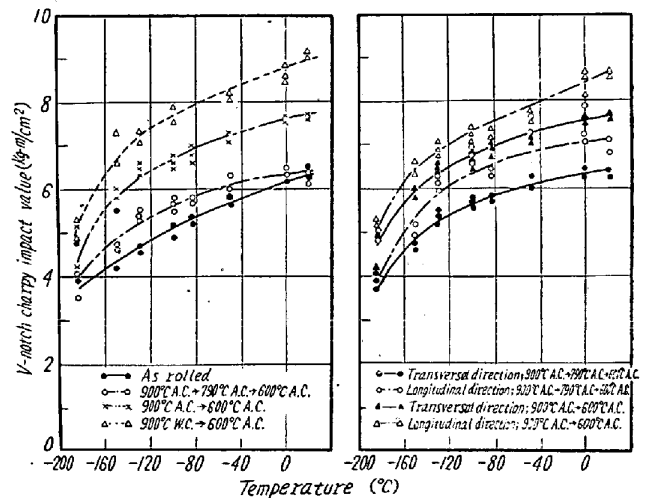


Fig. 1. Influence of heat treatment and direction of specimens on the notch impact value of 9% Ni steel plates.

最高吸収エネルギーは低い、低温における低下の傾向ははなはだ小で、再現性のよいことと方向性の小なることとともに注目される。相対的に圧延のままの焼戻材が多少劣り、一方単一焼準に比較して二重焼準の効果は認められず、焼入れによる改善が認められる。

Table 4. Brinell hardness of the tempered 9% Ni steel plates

As rolled or quenching	Tempering	Hb	Normalizing	Tempering	Hb
As rolled	550°C × 2h A. C.	388~375	900°C × 1h A. C. 790°C × 1h A. C.	550°C × 2h A. C.	363~352
	565°C × 2h A. C.	257		575°C × 2h A. C.	255
	575°C × 2h A. C.	255~248		600°C × 2h A. C.	248
	585°C × 2h A. C.	248		600°C × 4h A. C.	248
	600°C × 4h A. C.	248			241
900°C × 1h W. C.	550°C × 2h A. C.	241~235	900°C × 1h A. C.	550°C × 2h A. C.	262
	575°C × 2h A. C.	241		575°C × 2h A. C.	248
	600°C × 2h A. C.	238		600°C × 2h A. C.	248
	600°C × 4h A. C.	235		600°C × 4h A. C.	241

Table 5. Tensile and bend properties of the heat treated 9% Ni steel plates

Specification or Heat treatment	Direction of specimens	T. S. kg/mm ²	Y. P. kg/mm ²	E in 2in. %	Bending ratio D=2t	Bending ratio D=t
MALTI-4 and ASTM-A353	—	>63	>42	>22	D=2t	—
As rolled→600°C×4h A. C.	Transverse direction	96.5 92.9	84.3 83.4	23.5 23.0	good	good
900°C×1h A. C.→790°C×1h A. C. →600°C×4h A. C.	Longitudinal direction	80.2 79.6	74.0 72.3	26.5 27.5	good	good
	Transverse direction	78.4 78.2	67.9 67.9	29.0 27.5		
900°C×1h A. C.→600°C×4h A. C.	Longitudinal direction	77.6 77.6	67.1 66.7	29.5 28.0	good	good
	Transverse direction	81.2 81.2	69.1 70.8	28.0 28.0		
900°C×1h W. C.→600°C×4h A. C.	Transverse direction	84.7 82.9	66.4 67.2	29.5 29.0	good	good

6. 焼戻脆性

焼戻あるいは応力除去焼鈍の際の冷却速度が低温切欠靱性におよぼす影響を見るために、900°C×1h W. C. した材料を 550°C および 600°C に 2h 加熱し、その後の冷却をそれぞれ空冷および炉冷の二種類とした。試験片は全て長さ方向を圧延方向と直角に、ノッチを板面に垂直にとり、2mm V ノッチシャルピー衝撃試験片に仕上げた。これらの低温衝撃試験の結果を Fig. 2 に示す。

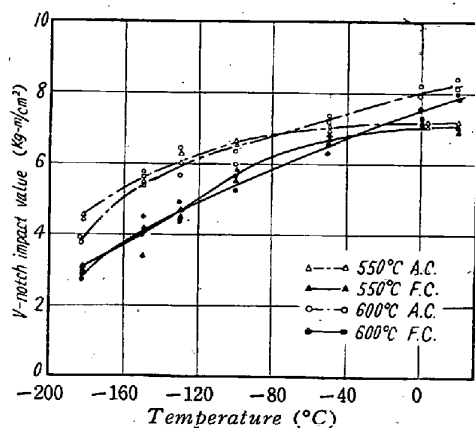


Fig. 2. Influence of cooling rate in tempering on the notch impact value of a 9%Ni steel plate.

空冷した試験片に比較して、炉冷した試験片の衝撃値は劣るが、その差は僅少で、-183°C でなお 15 ft-lb を確保していることより、焼戻脆化について重大な懸念は要しないものと判断される。

IV. 結 言

試作圧延板としてまづ 0.11%C, Al 添加した 12mm 厚板を製造し、確性試験並びに検討を行なった結果、変態点、オーステナイト粒度、オーステナイト温度よりの冷却速度の影響、焼準方法の影響、焼戻脆性の有無、規格に対する安全性などに関する基礎実験結果を再確認し、かつ基礎実験と比較しあるいはそれ以外に、

- 1) 圧延のままでも焼戻により規格をほぼ満足する性質が得られるが、単一焼準で伸び切欠靱性が向上し、焼入により切欠靱性はさらに改善される。
- 2) 引張切欠靱性ともに方向性小である。
- 3) 衝撃試験における最高吸収エネルギーが低いが、再現性の良好なること、低温における低下の傾向の小なることが注目される。
- 4) 圧延板の場合、同一焼戻温度での硬度したがって強度が相対的に大であるので、さらに C% を下げてよく、これによりとくに低温切欠靱性の向上が期待される、などの結論を得た。