

×3800 (3/5)

Photo. 1. Microfractograph of 2%Ni steel, fractured by impact at -80°C, showing brittle fracture.

料は Fig. 1 および 2 からわかる如く、シャルピー衝撃値約 3 kg·m/cm<sup>2</sup>, 脆性破面率約 80% 以上を示すもので、観察部においては完全な脆性破壊をしていると考えられる。

(2) 疲労試験

疲労試験機としては、機械自身に機械的振動部分を有しない電磁共振型両振り曲げ試験機を使用して、常温における試験の他に、-50°C の低温室内における試験をも併せ行なった。試験片は 20mm φ に圧延した丸棒から削り出した。17mm φ, 長さ 600mm の棒状のもので、中央部に周囲から深さ 2mm, 底部の曲率半径 1mm の U ノッチを入れたものを使用した。振動数は約 210 cycle/s が共振周波数に相当する。この結果の一例として、Fig. 4 に 0.49% Ni (試料 No. Ni-1) の場合を示す。この Fig. 4 における応力の値は切欠き部の形状係数を 2 とした場合の値をとつてある。-50°C における疲労限界は一般に常温におけるそれよりも高い値を持つているが、Ni を添加したことによる影響は、衝撃値の場合には極めて大きいものに対して、この場合、それ程著しい影響はおよぼさないようである。すなわち純

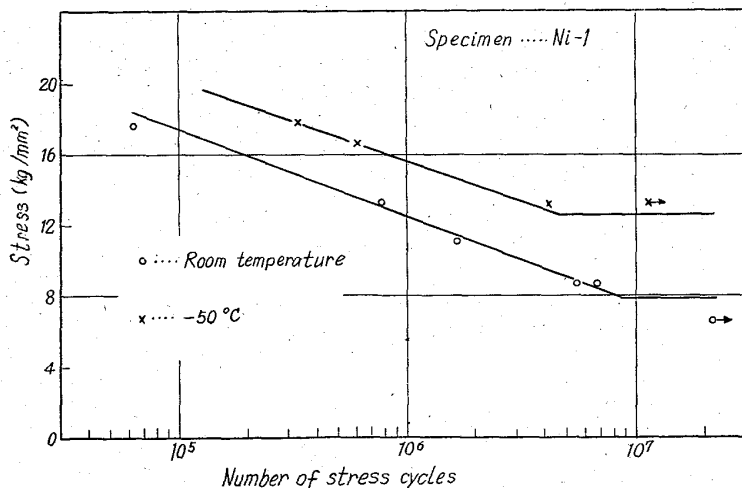


Fig. 4 S-N diagram at room temperature and -50°C.

Table 1. Chemical composition of tested materials.

Mark	Plate thickness (mm)	Chemical composition (%)										Austenite grain size No. (JIS)
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Sol. Al	
A-1	16	0.08	0.18	0.75	0.010	0.011	8.80	0.03	0.20	0.04	0.015	5.5
B-1	12	0.10	1.15	0.51	0.009	0.014	8.52	0.14	0.16	0.07	0.029	7.5
B-2	25										0.027	7.0
C-1	12	0.11	0.28	0.56	0.008	0.011	8.90	0.06	0.16	0.06	0.045	8.5
C-2	25										0.035	8.5

鉄に Ni を添加して行く場合、添加量が約 0.5% から約 2% 程度までの間では、疲労限界におよぼす影響は常温でも -50°C でもほとんど認められない程度に小さく、多少の上昇を示すに過ぎないようであるが、約 2.6% 添加したものでは明らかな上昇が認められる。

IV. 結 言

本研究では以上の外数種の実験を行なったのでその点については講演の際説明する。

669.14.018.41 = 669.15/24-194  
(171) 低炭素 9% Ni 鋼に関する 2, 3 の

実験

63361  
(低温用鋼の研究—Ⅲ)

日本製鋼所室蘭製作所

15-85 ~ 1587  
工博 宮野樺太男・○進藤 弓弦

Some Experiments of Low-Carbon 9%Ni Steel.

(Study on low temperature service steel—Ⅲ)

Dr. Katao MIYANO and Yuzuru SHINDO.

I. 結 言

-196°C 程度の極低温での使用に耐え得るフェライト系鋼材に 9% Ni 鋼があるが、その冶金学的特性例えばオーステナイト化温度や爾後の冷却速度、焼戻熱処理によるマルテンサイト組織中に存在する残留オーステナイト量やその安定化、オーステナイト結晶粒度による低温靱性の挙動があまり明瞭にされていない。また鋼材が冷間加工によつて受ける歪脆化の程度や歪脆化回復のための後熱処理、更に溶接棒の諸性質など種々問題がある。著者などは此等に関して 2, 3 実験を試みたのでその結果を報告する。

II. 実験結果

供試材は 6t 塩基性電気炉で溶製した板厚 12mm, 16mm, 25mm の大型圧延鋼材でその化学組成やオーステナイト粒度番号は Table 1 の如くである。sol Al 含有量を 0.015~0.045% に変化させて A 系は比較的粗粒鋼 B 系と C 系は細粒鋼とした。また板厚効果を検討するために A 系中板厚を変えて切欠靱性を調べた。主なる実験結果は下記の如くである。

(1) オーステナイト化温度と切欠靱性

本鋼種は ASTM 規格により焼準温度、結晶粒

微細化温度をそれぞれ 900°C, 790°C に区けている如くである故鋼材 A-1 を 900°C×1h または 790°C×1h 加熱後空冷し更に 580°C×2h 焼戻して V ノッチ 衝撃試験で鋼材の脆化領域を求めた。ステンレス鋼の如く脆化領域は余り明瞭でないがオーステナイト化温度が低い程衝撃値が低く 790°C 程度の加熱処理では炭化物が完全にオーステナイト中へ固溶できず、残存した炭化物が爾後の冷却中にパーライト変態を容易にすると共に若干のフェライトが析出したことに原因がある。しかし極低温度の 5mm U ノッチ 衝撃値は加熱温度の影響に対し鈍感で 5.9~7.0 kg m を示し大差がない。次に 900°C 単一焼準焼戻し(以下単に NT とす)または 900°C と 790°C の 2 重焼準焼戻し(以下単に NNT とす)による低温靱性を鋼材 A-1 と B-1, B-2 で検討しその結果を Fig. 1 に図示した。一般に V ノッチ 衝撃遷移曲線は NNT または板厚が薄い鋼材程優れているが板厚 25mm の如き厚板での極低温度の衝撃値は熱処理内容の影響が不明瞭でむしろ加熱温度からの冷却速度が重要な如くである。また鋼材 A-1, B-1 の衝撃曲線で明かな如く結晶粒度の影響が小さいが、この点を 5 kg 小型鋼塊で再確認した結果 sol Al 0.020~0.052% の範囲内ではほとんど切欠靱性えの影響が認められなかつた。また 5mm U ノッチ 衝撃特性は NNT または NT の間に差がなく 2 重焼準の効果は考えられない。

(2) 調質熱処理と切欠靱性

Fig. 1 に示した如く低温靱性が板厚効果と冷却速度に強く影響を受けているので鋼材 C-1, C-2 を熱間圧延後空冷することなく 900°C の高温から水焼入れし更に 580°C×2h 焼戻し後 V ノッチ 衝撃試験をした。試験結果から  $vE_{-196}$  が 5.2~5.3 kg m/cm<sup>2</sup> で板厚効果が消失すると共に鋼材 C-2 の  $vT_{rS}$  が -175°C であつた。これは Fig. 1 の鋼材で NT の  $vT_{rS}$  より 25°C 低温度に移行し急冷効果があらわれている。また静的機械強度も板厚効果がほとんどなく Y. P. (0.2% off set) 88 kg/mm<sup>2</sup>, T. S. 91 kg/mm<sup>2</sup> 前後で鋼材 C-2 の Y.

P. が鋼材 B-2 より 22 kg/mm<sup>2</sup> 上昇し高降伏比である。

(3) 冷間加工脆化と応力除去焼鈍, 冷却速度による靱性の回復

ASME 規格は 9% Ni 鋼が冷間塑性歪量 3% 以上の可酷な加工を受ける場合は応力除去焼鈍の必要性を規定している。しかし焼鈍温度と爾後の冷却速度が重要である。すなわちフェライト+炭化物の焼準組織をフェライト+炭化物と炭素濃度が高い残留オーステナイトの 3 相組織にして低温靱性の改善を計ねばならない。焼鈍中の残留オーステナイトの挙動に関しては講演会で発表する予定であるが、NT 処理した鋼材 B-2 を 2~10% 引張歪時効または引張歪時効後 425°C, 570°C×2h の後熱処理した場合の衝撃試験を Fig. 2 に示した。425°C の後熱では靱性の回復が小さい。570°C では加工前の母材の衝撃値よりも高く塑性歪の解放と同時に焼鈍中に若干の残留オーステナイトが増加したためと考えられる。また同一母材を 570°C から水冷, 空冷, 炉冷(冷却速度 150°C/h) の三種類の冷却条件を与えた所極低温度の衝撃値は水冷, 空冷にはほとんど差はないが炉冷では 20~30% 低下する。更に  $vT_{rS}$  は急冷程低温度である。

(4) 数種のオーステナイト系ステンレス溶着金属の特性

インコネルを含む数種のオーステナイト系溶着金属の機械的強度, 低温靱性を検討した結果 18 Cr-8 Ni, 18 Cr-12 Ni-2 Mo, 25 Cr-12 Ni, 25 Cr-20 Ni 溶着金属の順に T. S. が高くなるがその範囲は 56.5~59.7 kg/mm<sup>2</sup> で母材の最低値 63.3 kg/mm<sup>2</sup> (ASTM. A 353 grA) に達しない。また Y. P. (0.2% off set) は 28.8~34.8 kg/mm<sup>2</sup> である。75 Ni-15 Cr-2 Cb のインコネル溶着金属は Y. P. 36.8 kg/mm<sup>2</sup>, T. S. 64.7 kg/mm<sup>2</sup> で試験溶着金属中最も高強度であるが母材の最低 Y. P. 値 44.2 kg/mm<sup>2</sup> を下廻る。此等溶着金属の低温靱性を Fig. 3 に示した。Ni 含有量が多い程衝撃値が高く、イ

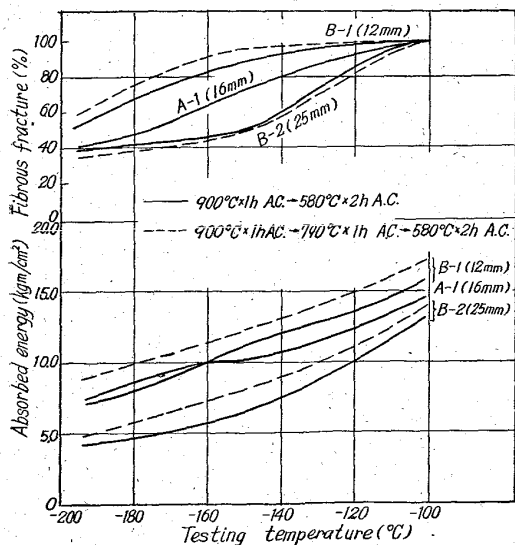


Fig. 1. Effect of heating temperature on V notch impact properties.

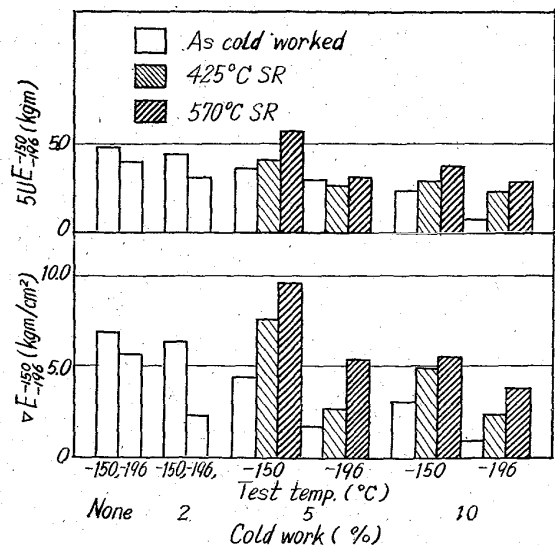


Fig. 2. Effect of cold working and subsequent stress-relief on impact properties of B-2 Material.

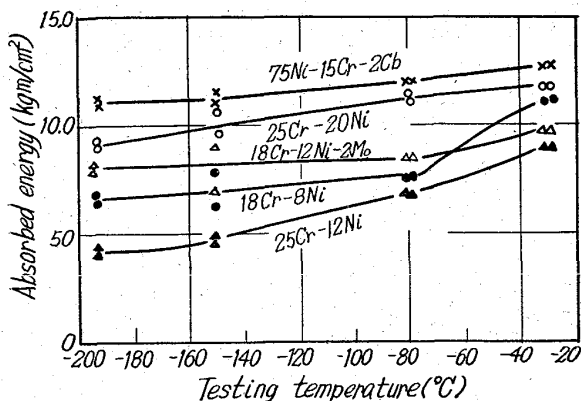


Fig. 3. V notch impact test results of deposited metals.

ンコネルが最も優れている。また溶接継手部の曲げ試験 ( $D=2.5t$ ) ではいづれの溶着金属も曲げ角度  $113\sim 133^\circ\text{C}$  の時亀裂が発生した。

III. 結 言

低温用 9% Ni 鋼の熱処理による機械的特性とくに切欠靱性を主体に検討しそれにより大型圧延鋼材の低温特性の大凡が確認された。また母材の諸性質に匹敵する溶着金属を調査したがインコネル溶着金属が最も良好である。しかし機械的強度は必ずしも満足する値ではない。

536.49, 669.14, 620.186, 82  
= 539.4, 019.1

(172) 鋼の遷移温度におよぼす結晶粒度と変形速度のえいきよう

東京工業大学 63362

工博 作井誠太・工博 中村正久・○大森正信

Effect of Grain Size and Deformation Rate on the Transition Temperature of Steels.

1587~1589  
Dr. Seita SAKUI, Dr. Tadahisa NAKAMURA and Masanobu OHMORI.

I. 結 言

鋼の靱脆遷移温度は、その種類、機械的または熱的処理などの冶金学的な因子により、また鋼に加えられる応力状態や変形速度などの力学的因子によつて異なることはよく知られている。本報告では、結晶粒度の異なつた軟鋼と脆化処理をほどこした Ni-Cr 鋼について、シャルピー衝撃曲げ、静的および衝撃引張の各試験を行ない、それら各試験で得られた遷移温度を比較、検討した。

II. 実 験 方 法

試料は Table 1 に示す化学組成の軟鋼および 2 種類の Ni-Cr 鋼である。軟鋼は焼鈍条件を変えて Table 2 に示す結晶粒度にした。Ni-Cr 鋼 SNC 22, SNC 3 はいずれも  $880^\circ\text{C}$  より油焼入れし、 $650^\circ\text{C}$ , 2h 焼戻後徐冷せる試料と急冷せるものをさらに  $500^\circ\text{C}$ , 100h 再加熱して水冷した試料を用いた。シャルピー試験には V 切欠標準試験片を、静的および衝撃引張試験には直径 10 mm, 標点距離 35mm の試験片をそれぞれ用いた。試

Table 1. Chemical compositions of specimens. (in wt%)

Steel	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
Mild steel	0.15	0.21	0.44	0.013	0.009	—	—
Ni-Cr steel SNC 22	0.15	0.25	0.42	0.010	0.007	3.04	0.81
Ni-Cr steel SNC 3	0.36	0.27	0.56	0.010	0.009	3.15	0.79

Table 2. Average grain diameters of the mild steel.

Specimen	Grain diameter $d$ (mm)	Inverse square root of dia. $d^{-1/2}$ ( $\text{mm}^{-1/2}$ )
N 1	0.0167	7.73
N 2	0.0266	6.13
N 3	0.0410	4.93
N 4	0.0913	3.31

験機は 30 kg-m 標準シャルピー試験機、引張試験には、前報にのべたアムスラー型油圧万能試験機ならびに回転円板型衝撃引張試験機を使用した。

III. 実験結果と考察

Fig. 1 に軟鋼の N1, N3, N4 試料のシャルピー試験で得られた吸収エネルギー対温度曲線を示す。各試料の平均吸収エネルギー遷移温度は、それぞれ  $40^\circ$ ,  $67^\circ$  および  $80^\circ\text{C}$  で結晶粒度が大になるほど遷移温度は高くなる。Fig. 2 は静的および衝撃的に N1, N2, N4 各試料を引張つたときの断面収縮率対温度曲線で、断面収縮率が最大値の 1/2 になる温度を引張試験の遷移温度と定義すると、その遷移温度は Table 3 に示すようになる。引張りの場合も結晶粒度の粗大化とともに遷移温度は高くなる。衝撃速度 5 m/s と 20 m/s の間で遷移温度の差は認められない。

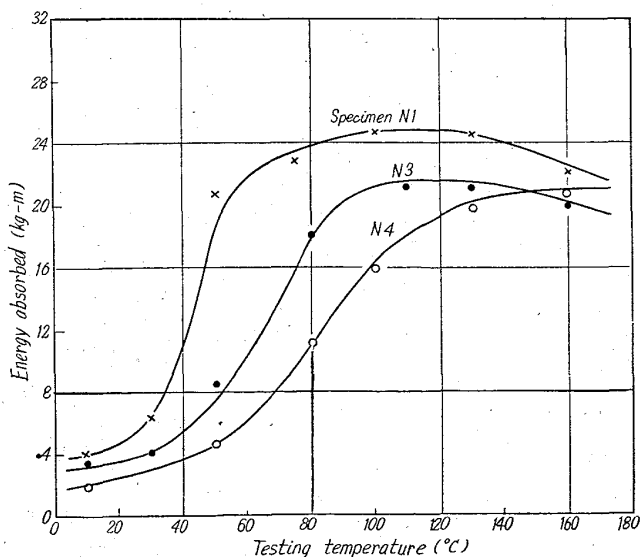


Fig. 1. Charpy impact test result of the mild steel with various grain sizes.