

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。

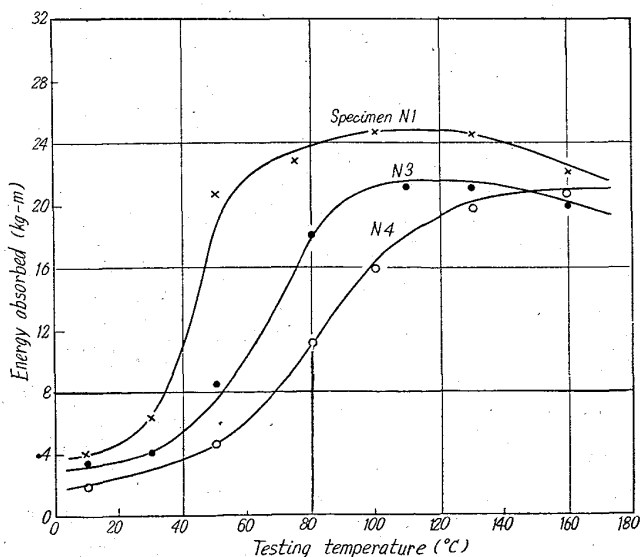


Fig. 1. Charpy impact test result of the mild steel with various grain sizes.

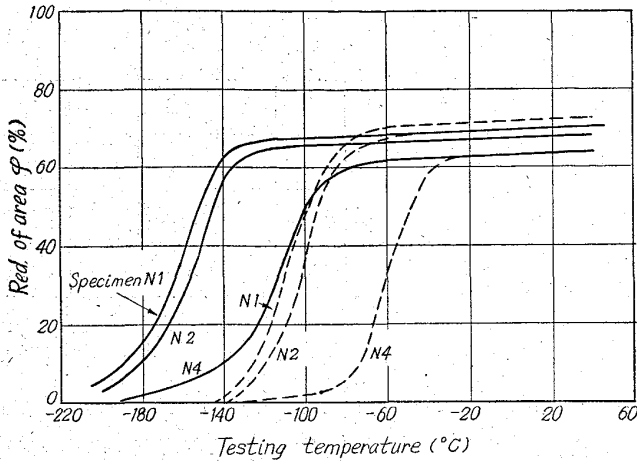


Fig. 2. Reduction of area v. s. temperature curves for the specimens N1, N2 and N4 of the mild steel. Solid lines show static tension and dotted lines impact tension.

Table 3. Transition temperatures of the mild steel observed in the static and impact (5m/s and 20m/s) tensile tests.

Specimen	Transition temperature °C	
	Static	Impact
N 1	-160	-110
N 2	-153	-100
N 4	-115	-60

フェライト鋼について PETCH<sup>2)</sup> は (1): 転位が粒界などの障害物に pile-up してクラックを生成し (2): このクラックが伝播して脆性破壊をおこすというモデルを用いて (1) 式を得ている。

$$\beta T_c = \ln B - \ln \left( \frac{4q\mu\gamma'}{K^*} - K^* \right) - \ln l^{-1/2} \dots (1)$$

ここで,  $\beta$ ,  $B$ ,  $K^*$  はそれぞれ定数,  $\mu$  は剛性率,  $q$  は三軸応力係数,  $l$  は2つのクラックを結ぶすべり面の長さ (結晶粒直径に相当),  $T_c$  は靱脆遷移温度である。

Friction stress  $\sigma_0$  (単結晶の降伏応力) が (2) 式で表わされるような温度  $T$  の函数のとき (1) 式が導かれるが,  $\sigma_0$  が  $T$  に対して直線的に変るとすると, (1) 式は (3) 式で近似される。

$$\sigma_0 = B \exp(-\beta T) \quad (B, \beta: \text{常数}) \dots (2)$$

$$\epsilon T_c = \sigma_0^* + C - \left( \frac{4q\mu\gamma'}{K^*} - K^* \right) l^{-1/2} \dots (3)$$

$\epsilon$ ,  $\sigma_0^*$  および  $C$  は常数. (1), (3) 式は遷移温度  $T_c$  と  $\ln l^{-1/2}$  または  $l^{-1/2}$  が直線関係にあることを示している. Fig. 3 は軟鋼のシャルピー遷移温度, 引張の場合の遷移温度をそれぞれ  $\ln d^{-1/2}$  ( $d$ : 結晶粒平均直径) に対して図示したものでいずれも直線となり定性的に (1) 式をよく満足している.  $d=l$  とおいてこの勾配から常数  $\beta$  を求めると, シャルピー試験では,  $2.2 \times 10^{-2} 1/^\circ K$ , 静的引張試験では,  $1.65 \times 10^{-2} 1/^\circ K$ , 衝撃引張試験では,  $1.85 \times 10^{-2} 1/^\circ K$  となる. 著者らはさきと同じ軟鋼

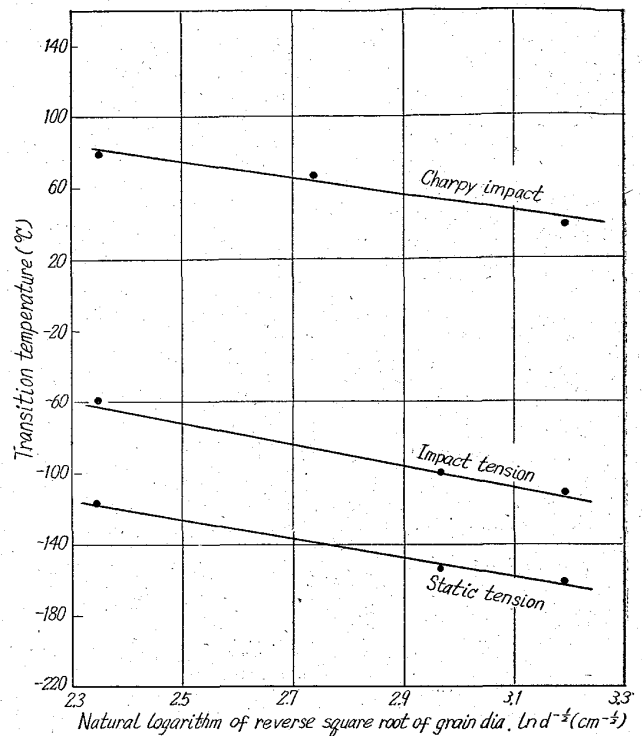


Fig. 3. Effect of grain size on the transition temperatures of the mild steel.

を用いた引張試験で降伏応力を測定することにより (2) 式から常数  $\beta$  を算出し静的引張で  $0.64 \times 10^{-2} 1/^\circ K$ , 衝撃引張 (5 m/s, 20 m/s の衝撃速度) で  $0.45 \times 10^{-2} 1/^\circ K$  となることを報告<sup>3)</sup>したが本報告の遷移温度から求めた値とはかなり相異なる. したがって著者らは, Petch による遷移温度の結晶粒度依存性に関する理論を十分正しいものと考えていない。

Table 4 に Ni-Cr 鋼のシャルピー遷移温度と引張の場合の遷移温度を示す。

軟鋼の遷移温度におよぼす変形速度の影響は顕著で, 各結晶粒度の試験片とも, 衝撃引張では静的引張の場合より  $50^\circ C$  高い遷移温度を示し, シャルピー遷移温度はそれよりさらに  $150^\circ C$  高い. しかし Ni-Cr 鋼の引張における遷移温度は静的と衝撃の場合でほとんど相異なく, 変形速度の影響は認め難い. シャルピー遷移温度は衝撃引張遷移温度より SNC 22 試料で約  $150^\circ C$ , SNC 3 試料で約  $200^\circ C$  高い。

Table 4. Transition temperatures ( $^\circ C$ ) of Ni-Cr steels.

Specimen	Charpy		Static tension		Impact tension	
	S. C.	R. H.	S. C.	R. H.	S. C.	R. H.
SNC 22	-34	-40	< -196	-180	< -196	-170
SNC 3	18	33	< -196	-167	-170	-175

S. C. and R. H. represent the specimen cooled lowly and that reheated at  $500^\circ C$  after tempering respectively.

IV. 結 言

軟鋼と2種類の Ni-Cr 鋼を用い、シャルピー試験、静的引張試験、衝撃引張試験を行なつて遷移温度におよぼす結晶粒度、変形速度の影響を調べた結果次のごとき結果を得た。

(1) いずれの試験においても軟鋼の遷移温度は結晶粒度の粗大化とともに高くなりかつ  $l_n d^{-1/2}$  ( $d$ : 結晶粒直径) に対して直線になる。

(2) 軟鋼の遷移温度は静的引張より衝撃引張で 50°C 高くなりシャルピー試験ではさらにそれより 150°C 高くなるが、Ni-Cr 鋼では静的引張と、衝撃引張で遷移温度に差を示さない。Ni-Cr 鋼は SNC 22 で約 150°C、SNC 3 で約 200°C だけ引張遷移温度より高いシャルピー遷移温度をもつ。

文 献

- 1) 作井, 中村, 大森: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 1462
- 2) B.L.AVERBACH et alii.: Fracture p. 54
- 3) 作井, 中村, 大森: 鉄と鋼, 投稿中

669.146.9-415 = 669.718.66  
620.171.32 = 539.434

(173) アルミナイズド鋼板の熱影響に関する実験結果について

日本鋼管技術部

〇土岐 克之・篠田 作衛・原 富啓

Some Results of the Heating Tests on the Characteristics of Aluminized Steel.

Katsuyuki TOKI, Sakuë SHINODA and Tomihiro HARA.

I. 緒 言 1589~1590

アルミナイズド鋼板の特長の一つは、周知のごとく、高温における耐酸化性にあり、この性質の故にこれまでのステンレス鋼板の使用領域などにも広く適用されることが経験的に確認されてきている。この場合に表面のアルミニウムおよび鉄アルミ合金の物性、例えば熱伝導率、熱反射性、機械的性質などがどのような相乗的作用を示すか、またそれがステンレスなりとの同条件下の使用においてどのように相違する挙動を示すかの研究や報告に接することは少なかった。

筆者らは、神奈川県工業試験所および某温風暖房機メーカーの協力を得て、従来 18 クロムステンレスを使用していたルームヒーターの燃焼室材料として、ステンレスと全く同条件において、アルミナイズド鋼板を同時に使用し、相当期間の実用テストを実施した。すなわち燃焼室の中央部で両者を溶接した上、暖房機を作り、長期間運転しながら温度を記録、使用前後の材料の特性値の測定、肉眼並びに顕微鏡観察による外観と組織の変化などを試験した。この結果、予期以上の興味深い結果が得られたので報告する。

II. 実験方法

(1) 温風暖房機の製作

すでに市販されている型式の温風暖房機の燃焼室にアルミナイズド鋼板および 18 クロムステンレス鋼板を半分ずつ使用、バーナーに対して対称的に配置し、中央部

をステンレス棒により溶接した。かつこの両者の燃焼時における表面温度を測定するために、Photo. 1 に示すように 1, 2, 3, 4 の箇所アルメルクロメルサーモカップルを設置した。

(2) 使用材料

a. アルミナイズド鋼板, タイプ 1 板厚 1.27mm (av 18)

b. 18クロムステンレス鋼板 板厚 1.20mm

(3) 温風暖房機の据付および運転

上記の暖房機を神奈川県工業試験所に設置し、下記のごとき運転ならびに測定を行ないつつ、約 330m<sup>2</sup> の建屋の暖房に使用した。

a. 燃焼状態

ボリュームダンパー、燃焼量などの燃焼条件は一定にし、燃料油は灯油 (JIS 1 号合格品) を使用、燃焼量は 7.5 l/h とした。

b. 温度測定要領

計測時期 1日2回 (着火時より1時間以上連続運転後)

計測場所 写真1に示す 1, 2, 3, 4 の箇所

(4) 使用材料の性状変化測定

試験前後における性状の変化を確認するため、約2カ月間の運転試験の後、暖房機を解体、燃焼部に使用した両材料を切断採取した上で、それぞれ試験片を採り、表面酸化状況、メッキ層および組織の変化状況、機械的性質などを試験した。

III. 測定結果および考察

(1) 表面酸化状況

温度測定結果を Table 1 に示す。約2カ月間の繰返し加熱試験の結果 18 クロムステンレスは淡褐色ないし茶褐色に変色しているのに対しアルミナイズド鋼板はほとんど変化が認められない。アルミナイズド鋼板は 300°C~450°C 程度の温度では、殆んど酸化は進行せず、筆者などが別に発表したデータ<sup>1)</sup> からみても、この程

Table 1. Surface temperature of combustion chamber.

Mesured point	1	2	3	4
Material	Stainless	Stainless	Aluminized	Aluminized
Average temperature (°C)	340	500	305	425

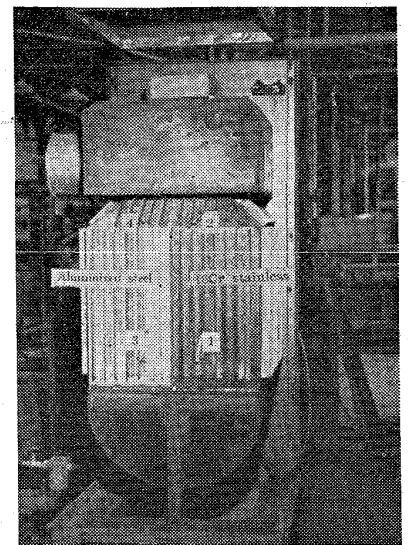


Photo. 1. Combustion chamber (after heating test)