

Fig. 5. Tensile properties of notched test pieces as functions of radii of curvature at the root at the notch.

Table 1. Ductile-brittle transition temperature and brittle fracture strength at various test conditions.

Test piece	Static test		Impact test(5m/sec)	
	Transition temp. (°C)	Brittle fracture strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Transition temp. (°C)	Brittle fracture strength (kg/mm <sup>2</sup> )
A	< -196	—	< -196	> 105
D	-165	118	- 78	115
E	-135	119	- 45	126
F	-140	110	- 50	130
G	-150	108	-130	112
H	-150	100	- 78	120
I	-135	104	-100	121
J	-130	104	- 80	140
L	—	—	- 40	136

いたい同じであり  $\rho^{-1/2}$  の値が小さい所では敏感に影響するが、 $\rho^{-1/2}=2$  以上では、ほとんど切欠き鋭さには無関係に一定となる。

4. 結 言

軟鋼の切欠き試験片および平滑試験片の低温における衝撃引張試験（静的より 80 m/s の変形速度）を行ない、脆性破壊強度に関する検討を行なった。

平滑試験片に比較して切欠き試験片では、衝撃速度による破壊強度の変化が一般に敏感で、衝撃速度の増加にともない脆性破壊を容易にする。切欠き試験片の靱性、脆性遷移温度は切欠き底曲率半径  $\rho$  に特に依存し、5 m/s の衝撃試験の場合、約  $-40^{\circ}\text{C}$  から  $-150^{\circ}\text{C}$  まで変化し、切欠き底曲率半径  $\rho$  が鋭くなるほど、遷移温度は高温側でおこる。そしてその時の脆性破壊強度は約  $122\sim 140\text{ kg/mm}^2$  である。Table 1 にのおおのの実験から求めた脆性破壊遷移温度および脆性破壊強度を示した。こ

の脆性破壊強度は前報で求めた  $102\sim 115\text{ kg/mm}^2$  よりも高い。この差は結晶粒度によるものと思われる。

文 献

- 1) 作井, 中村, 大森, 布村: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 55

(275) 厚鋼板の落重試験における2, 3の考察

富士電機, 中央研究所

間庭秀世・三好 滋・○小林俊郎

Some Studies on the Drop Weight Test of Thick Steel Plate.

Hideyo MANIWA, Shigeru MIYOSHI  
Toshiro KOBAYASHI.

1. 緒 言

NRL 式落重試験法は、鋼材の脆性破壊発生特性を判定する場合に、簡便な方法として用いられている。しかし、厚鋼板の場合、その試験片採取方法が NDT 温度にどのように影響してくるか確認しておくことが必要であると考える。また、NDT におよぼす熱履歴の影響、クラック・スターターとしてのビードを設置するさいに生ずる溶接の影響などについても確認しておくことが重要と思われるので、本報告ではこれらについての実験結果をシャルピー試験などの結果と関連させながら述べることにする。

2. 試 験 片

供試鋼板としては、原子炉圧力容器用低炭素アルミ・キルド細粒鋼板（商品名コルタフ 28 相当材、板厚 94 mm）を使用した。本実験では、供試鋼板のうち、焼準後同温度条件下でホット・プレスをされたもの(H)と、その後現地溶接後、さらに残留応力除去焼鈍 ( $540\sim 575^{\circ}\text{C}\times 15\text{ hr}$  保持後  $2\sim 3^{\circ}\text{C/hr}$  冷却) を施されたものの母材部端材(S)の熱履歴が異なる 2 種類を使用した。NRL 式落重試験片としては、ASTM 規格に準拠し P-1 種を採用したが、その寸法を Fig. 1(a) に示す。ただし板材の関係で熱履歴 S のものについては Fig. 1(b) に示すごとく、左右を溶接継手により継ぎたして所定寸法としたものを使用し<sup>2)</sup>、またクラック・スターター・ビードとしては Murex Hardex 25 を用いた。また、Fig. 1(c) に落重試験片および標準シャルピー V ノッチ試験片の採取方法を示す。このうち熱履歴 S で方向が T のものについては、板材の関係から試験片中 89 mm をこれよりややせまい 80 mm とした。さらに、クラック・スターター・ビードを設置するさいに生ずる溶接の影響を調べるために、試験片にビード設置後電気炉中で  $600^{\circ}\text{C}\times 1\text{ hr}$  加熱保持後空冷し(S)、このような熱処理をほどこさぬものと比較した。

3. 実験結果および考察

前述のごとく採取した試験片に対する落重試験の結果を Fig. 2 にまとめて示す。Fig. 2(a), (b) は熱履歴の異なる H および S 材に対する試験片採取方法の影響、また(c), (d) は H および S 材より採取した試験片にビ

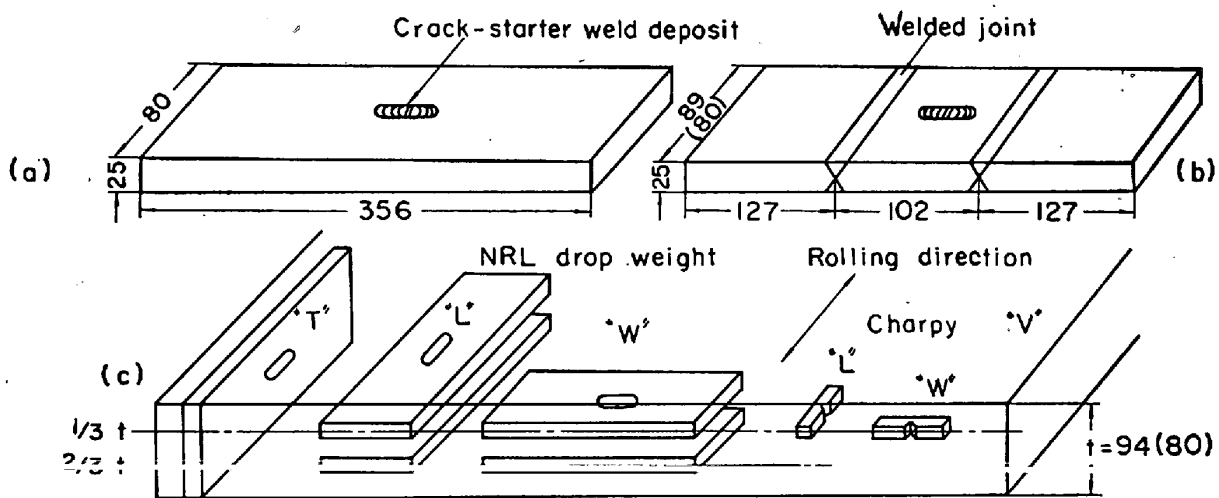
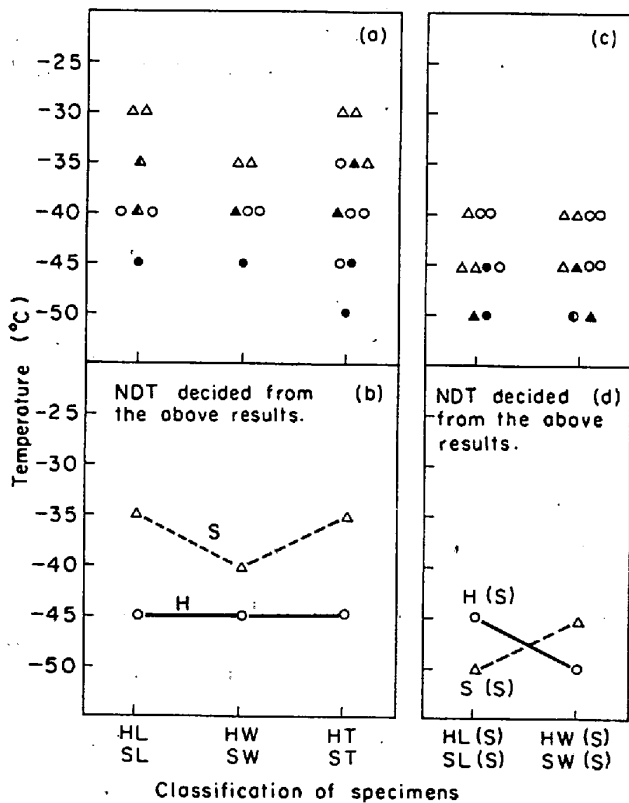


Fig. 1. Dimensions and sectioning method of specimens tested.

- : Hot pressed... H
- △ : Hot pressed + Stress-relieved... S
- ▲ : Break ○▲ : Half break ○△ : No break
- : Hot pressed + 600°C-1hr SR... H (S)
- △ : Hot pressed + Stress-relieved + 600°C-1hr SR... S (S)



L, W, T: Orientation of specimens shown in Fig. 1.  
 Fig. 2. Results of drop weight test.  
 Load: 100 lb (45 kg)  
 Height: 8 ft (2.4m)

ード設置後 600°C×1 hr 熱処理した試験片についての結果をそれぞれ示す。

いま Fig. 2 の結果から考えると素材の圧延方向に対

する荷重試験片の採取方向の影響は、ほとんど NDT に関係しないことがわかる。これは Fig. 2 に示すシャルピー試験結果における L, W 方向の差が顕著なのに比較すると、異なる点であるが、シャルピー試験においても低温になるほど両者の方向性による差がなくなる傾向があり、遷移曲線の低温側、とくにシャルピー試験における無延性遷移温度付近では、異方性の影響はほとんどなくなると一般に考えられる。しかるに落重試験における NDT は、シャルピー試験における遷移曲線のかなり低温側に対応するものであると一般に考えられることと落重試験における NDT は、シャルピー試験における遷移温度よりも種々の因子に対し鈍感であること<sup>3)</sup>などのためにこのような結果がえられたものと考えられる。

また、クラック・スターター・ビード設置後熱処理を施した試験片では、NDT が下降する傾向が認められたが、とくに焼鈍の熱履歴をうけた S 材にこの熱処理を施した場合に顕著であった。これは、現地焼鈍時の冷却速度がかなりおそい (2~3°C/hr) ために、H 材に比し S 材が脆化して<sup>4)</sup>、5~10°C 位 NDT が高くなつていたのが、このような処理によつて母材部の延性も回復したためではないかと考える。

シャルピー試験と落重試験との相関性については、ELEISCHMANN<sup>5)</sup> がすでに NDT に相当するシャルピー値を鋼材の降伏強さレベルにより分類しているが、それによると本供試鋼材の場合 30 ft-lb が NDT におけるシャルピー値であることになる。しかし、Fig. 3 のシャルピー試験結果をみると、これより高い値が NDT に対応しているようであり、また L 方向と W 方向とでその値が予想以上に異なつているため、このような対応を考える場合には、シャルピー試験片の採取方向を規定して考えるほうが、より妥当な結果を与えるであろうと思われる。なお、別に同種鋼板から W 方向に採取した V シャルピー試験片につき、荷重/時間曲線を記録して実験した場合には、35 ft-lb で 25% 延性破面率となる温度が、ほぼ NDT に対応した<sup>6)</sup>。これはシャルピー試験における延性亀裂発生遷移温度であり、降伏点破壊する無延性遷移温度よりも高温側に位置する<sup>6)</sup>。それゆえ、シャル

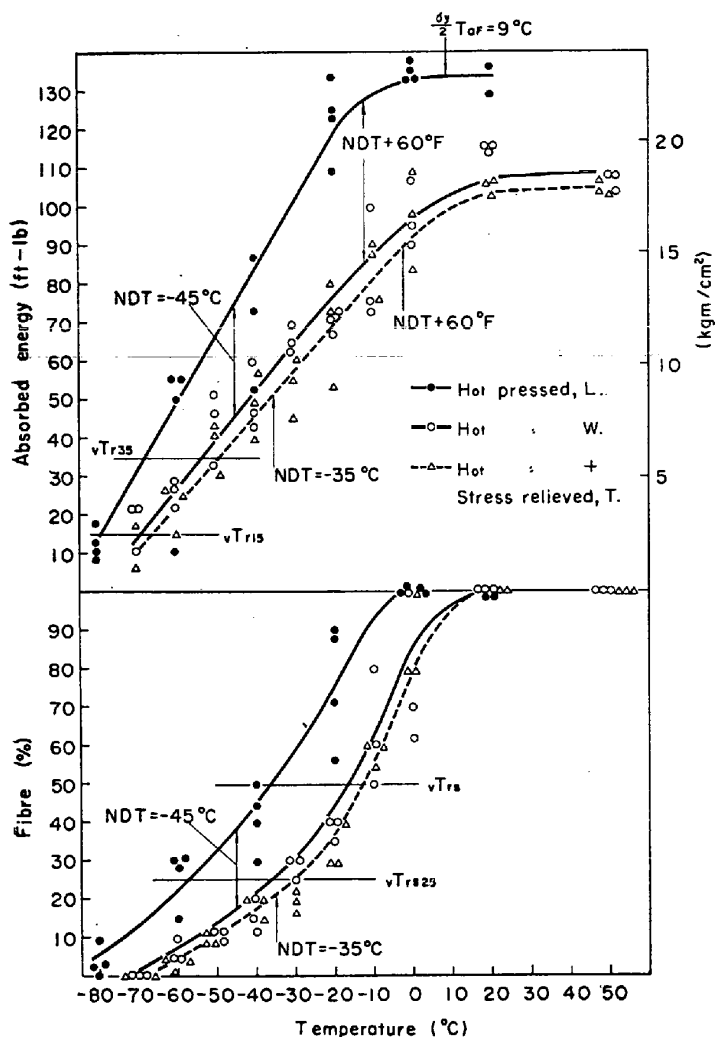


Fig. 3. Test result of Charpy V notch impact test and its relation with NDT temperature.

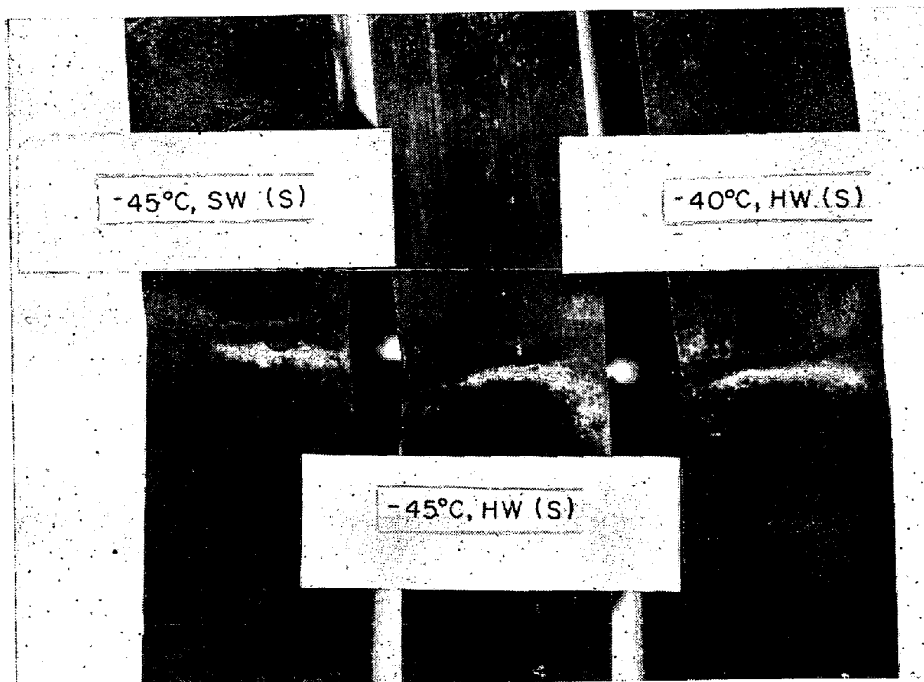


Photo. 1. Side appearance of drop weight specimens tested near the NDT temperature.

ピー試験における無延性遷移温度 (これはたとえば  $vT_{R15}$  または  $vT_{R15m11}$  に相当する)<sup>6)</sup>が落重試験における NDT と直接結びつきがあると思われず (シャルピー試験における  $vT_{R15m11}$  が NDT と対応するという報告もある)<sup>7)</sup>, 本実験の場合にも, 前述の延性亀裂発生遷移温度との対応 (これよりもなお高温側に NDT が対応しているようではあるが) を考えるほうが, 相関性がありそうに思える.

いま, 落重試験片における破面をよく観察してみると, まず脆性亀裂は試験片内部へ伝播してゆき, その後表面部を貫通するようである. しかるに落重試験における NDT の定義は, 試験片表面にのみ限定されているから, 表面層での go or no go は結局鋼材の無延性遷移に関するものであると考えるべきであろう. これは試験片の側面に亀裂が一部貫通しているが, 表層部では貫通していないという観察 (Photo. 1 参照) から説明される. しかるに NDT がシャルピー試験における無延性遷移温度と直接対応しないのは, 落重試験片のサイズがシャルピーのそれよりも大きいこと, またシャルピーでは延性亀裂→脆性亀裂という破壊形式であるのに, 落重試験では最初から強制的に脆性亀裂をスタートさせるので, シャルピーにおける無延性遷移温度よりも, 落重試験における NDT の方が高く現われるのではないかと思われる.

つぎに, 脆性破壊の伝播特性を NRL 式落重試験から推定する場合, PELLINI<sup>8)</sup>によると  $NDT+30^{\circ}F$  がロバートソン試験などの脆性亀裂伝播停止温度と相関があると考えられるが, 本供試材 (S 材) につき別に板厚を機械切削により 80 mm に減厚して, 亀裂伝播方向が圧延方向に直交するように採取したロバートソン試験の脆性亀裂伝播停止温度 ( $CAT = \sigma_y/2 \cdot TaF = 9^{\circ}C$ ) は<sup>9)</sup>, これよりずっと高く, FEARNEHOUGH<sup>10)</sup>の述べる  $NDT+60^{\circ}F = FTE$  のほうが脆性亀裂伝播停止温度に近い値を示すものと思われる (Fig. 3 参照). しかもこの温度は, FEARNEHOUGH らの結果と同様に CAT よりも低温側に位置するようである.

#### 4. 結 言

(1) 厚鋼板より, その圧延方向に対し種々の方向に採取した落重試験片についての実験結果によると, その採取方向はほとんど NDT に影響しない.

(2) 落重試験片にビード設置後, その溶接時の影響を除くため後熱処理を施すと NDT は低下する傾向を示した.

(3) NDT とシャルピー試験における無延性遷移温度とは直接対応せず, むしろ延性遷移が起りはじめる延性 (発生) 遷移温度

との対応を考えるほうが妥当と思われ、この場合にはシャルピ1試験片の採取方向を規定して考えたほうがよいと思われる。

(4) NDT+60°F が、大型試験からえられる脆性亀裂伝播停止温度と相関があるように思われるが、この温度よりもやや低温側に位置するようである。

### 文 献

- 1) A.S.T.M: A.S.T.M. Designation E 208-63 T, (1963)
- 2) P. P. PUZAK, M. E. SCHUSTER and W. S. PELLINI: Welding J., 33 (1954) 10, p. 481
- 3) F. W. BOULGER and W. R. HANSEN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 227 (1963) 10, p. 1212
- 4) 三好: 富士時報, 37 (1963) 3, p. 250
- 5) W. L. FLEISCHMANN: A. S. T. M. STP, No. 220 (1957)
- 6) 小林, 高井, 間庭: 金属学会誌 (投稿中)
- 7) J. H. GROSS: Welding J., 39 (1960) 2, p. 59
- 8) P. P. PUZAK and W. S. PELLINI: NRL Report, 5831 (1962)
- 9) 野村, 小野: 火力発電, 15 (1964) 4, p. 297
- 10) G. D. FEARNEHOUGH and H. G. VAUGHAN: Welding J., 42 (1963) 5, p. 202

## (278) 13%Crステンレス・カミソリ鋼の熱処理特性について

特殊製鋼

工博 日下邦男・堀越弘彦・山崎光雄

On the Heat-treatments of the 13% Cr Stainless Steel for Blades.

Dr. Kunio KUSAKA, Hirohiko HORIKOSHI and Mitsuo YAMAZAKI.

### 1. 緒 言

安全カミソリの替刃としては、切れ味、そり味がよく、また寿命が長いことが要求される。炭素鋼替刃用としては C 1.2, Cr 0.4% 鋼が用いられており、これは硬度が高いため切れ味はよいが、刃先がさびやすいため、すぐに使用できなくなる欠点がある。これにたいしステンレス・カミソリ替刃はさびにくいいため、使用後水ですすぐだけでよく、取扱が簡便であり、耐摩耗性も大きく、1枚の刃で十数回の使用が可能であるといわれている<sup>1)2)</sup>。とくに数年前から、ステンレス鋼の焼戻軟化抵抗の大きいことを利用して、特殊樹脂加工が刃先にほどこされるようになってから、ひげそり時の摩擦係数が減少し、そり味が向上した結果わが国においても急速に普及しつつある。ステンレス・カミソリ替刃用鋼としては従来 1% C, 0.3% Si, 0.8% Mn, 13 Cr 鋼が用いられているが、最近になって低炭素の C 0.6% のものが採用されるようになった。これらステンレス・カミソリの性能は、熱処理によつて、いちじるしく影響されることが認められたので、以下熱処理特性について調査した結果を報告す

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No.	Chemical composition (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
A	0.95	0.24	1.03	0.021	0.024	13.39
B	0.95	1.45	0.94	0.016	0.021	13.63
C	0.63	0.26	0.64	0.019	0.017	12.43
D	0.73	1.25	0.19	0.021	0.020	13.63
E	0.56	0.35	0.34	0.016	0.015	14.05

る。

### 2. 供試材および実験方法

Table 1 は供試材化学成分を示したもので、2 t 高周波誘導炉により溶製した 100 kg または 300 kg 鋼塊を中延鍛造後 2.3 mm 圧延鋼帯および 20 mm  $\phi$  に圧延して供試材とした。

また 2.3 mm 帯鋼を冷間圧延と中間焼ナマシのくりかえしによつて薄く加工した 0.1 mm ミガキコイルも使用した。

残留オーステナイトの測定は 10  $\phi$   $\times$  50 試片を用い磁気法<sup>3)</sup>により行なつた。すなわち焼鈍状態および焼入状態の磁気飽和値をそれぞれ  $4\pi I_{\infty}$ ,  $4\pi I'_{\infty}$  とすれば  $4\pi I_{\infty} - 4\pi I'_{\infty} / 4\pi I_{\infty} \times 100\%$  が残留オーステナイト量になる。磁場の強さを 2000 エルステッドにすると磁氣的にほとんど飽和するので、この強さをを用いて近似的にオーステナイト算出した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 焼入硬度

Fig. 1 はステンレス・カミソリ鋼の焼入硬度曲線を示したもので 1% C の場合は 1050°C, 0.6% C の場合には 1050~1100°C 焼入で最高硬度が得られる。本鋼種の場合は焼入硬度は保持時間によつて変化するが、これは炭化物の固溶の程度が変化するためである。焼入温度が高くなると硬度が低下するのは残留オーステナイト量が急激に増加するためである。残留オーステナイトを分解させるために、サブゼロ処理を行なえば、硬度を上昇させることができる。たとえば、C 0.56, Si 0.35, Mn 0.34, Cr 14.05 の 10  $\phi$   $\times$  50 試片を 1050°C  $\times$  30 min 油冷では HRC 60, 残留オーステナイト 22% であるが、

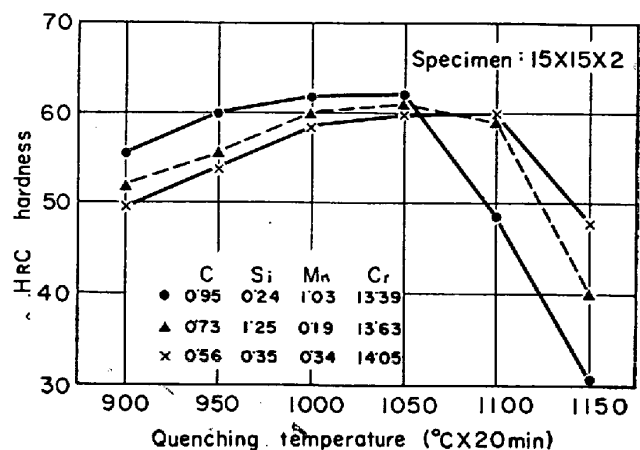


Fig. 1. Oil-quenched hardness.