

] î0 5r •
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.17 (1985) No.1

, D š } 2 TMCP _ | ~0 4 K S 50 kgf/mm2 (i9x G Š5đ b\$B ›"I ö
Fatigue Properties of 50 kgf/mm2 High Tensile Strength Ship Hull Structural Steel
Manufactured by Thermomechanical Control Process

Ç • 5 Ç (Shigeto Matsumoto) B • ...7 (Asao Narumoto) ĺ2! í (Chiaki
Shiga) V#ã Ÿ U (Syuzo Ueda)

0[" :

, D š } 2 (TMCP) _ | • 50 kgf/mm2 (i9x G Š5đ b\$B ›"I ö †3Ù m S TMPC | c f €
S P K ö \9x L † ö † w M • @>*\$B › I Ø b0{!! ? } È L %o ¥\$B ›"I ö \ ± °!Õ P K!Õ s
8j4Š(HAZ) 3> ì b s8j †1* K S È L %o ¥\$B › I Ø c S

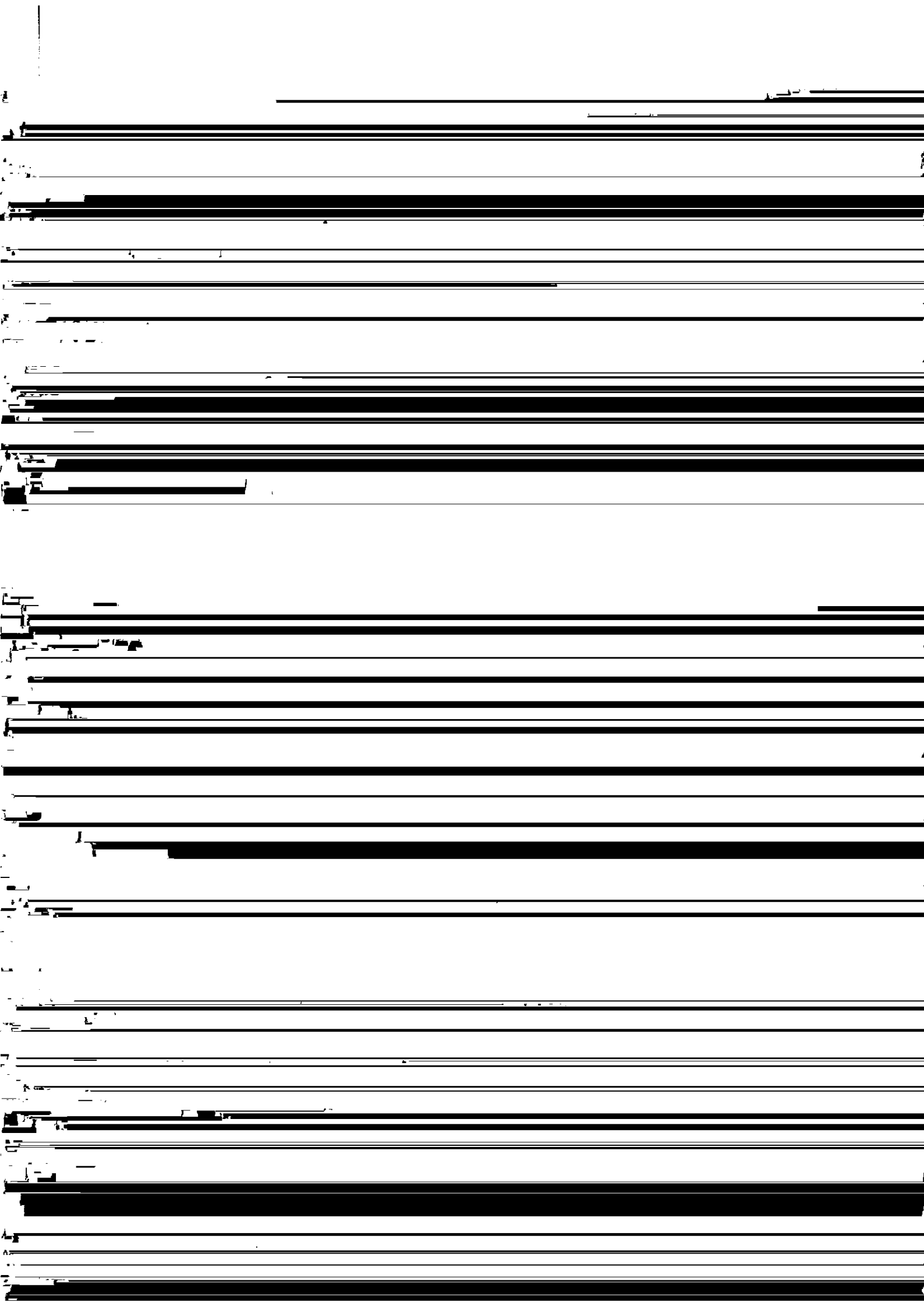


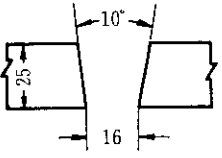

Table 1 Chemical composition of materials

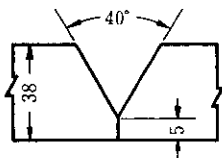
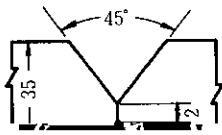
(wt %)

| Process | Steel | Thick- ness (mm) | C | Si | Mn | P | S | Al | Cu | Ni | V | C_{eq} | P_{em} | |
|--------------|-------|------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| MACS- ACC | M1 | AH36 | 25 | 0.17 | 0.21 | 0.69 | 0.012 | 0.002 | 0.029 | — | — | 0.29 | 0.212 | |
| | M2 | | 35 | 0.15 | 0.24 | 1.01 | 0.014 | 0.003 | 0.031 | — | — | 0.32 | 0.209 | |
| | M3 | | 0.14 | 0.25 | 1.04 | 0.013 | 0.003 | 0.034 | — | — | 0.31 | 0.200 | | |
| | M4 | EH36 | 38 | 0.08 | 0.26 | 1.48 | 0.009 | 0.001 | 0.039 | — | — | 0.33 | 0.163 | |
| KTR | K1 | EH36 | 38 | 0.07 | 0.31 | 1.56 | 0.010 | 0.001 | 0.028 | 0.20 | 0.22 | 0.037 | 0.37 | 0.176 |
| | K2 | | 35 | 0.08 | 0.41 | 1.50 | 0.006 | 0.001 | 0.030 | 0.20 | 0.21 | 0.036 | 0.37 | 0.186 |
| | K3 | | 0.09 | 0.42 | 1.50 | 0.014 | 0.003 | 0.032 | 0.15 | 0.14 | 0.042 | 0.37 | 0.193 | |
| Conven. | C1 | SM50 | 35 | 0.18 | 0.37 | 1.36 | 0.017 | 0.003 | 0.033 | 0.008 | 0.016 | 0.003 | *0.42 | 0.261 |
| | C2 | | | 0.16 | 0.35 | 1.40 | 0.017 | 0.008 | 0.031 | 0.009 | 0.013 | 0.003 | *0.41 | 0.243 |

$$C_{eq} = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/15 + (Cr + Mo + V)/5 \quad (\%)$$

Table 3 High heat input welding conditions

| Process | Steel | Welding method | Shape of groove | Welding current (A) | Arc voltage (V) | Travel speed (cm/min) | Heat input (kJ/cm) |
|---------|-------|----------------|---|---------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| MACS | M1 | EG |  | 660 | 30 | 7.2 | 165 |
| | M2 | CES |  | 500 | 40 | 1.9 | 632 |

| | | | | | | | |
|------|----|------------------------|---|-------|----|----|-----|
| MACS | M4 | One side welding (OSW) |  | 1 450 | 33 | 38 | 266 |
| KTR | K1 | | | 1 350 | 42 | | |
| | | | | 1 200 | 53 | | |
| KTR | K3 | ditto |  | 1 350 | 36 | 25 | 229 |

2. 疲労法圧延時試験機は、同一の応力比（最小応力/最大応力） $R=$

Table 4. Tensile properties of high heat input welding joints

0.04 とし、き裂長さの測定はクラックゲージを用いて行った。繰

| | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------------|
| | | | | NKU2A | HAZ tensile |
| | | DL-2 | VL-1 | | |

に示す。一般に小入熱溶接継手の K_t は 3~4 程度の場合が多く、これに比べると大入熱溶接継手の K_t は小さい傾向がみられる。こ

3.4 疲労試験結果

図 3.4 小入熱溶接継手の疲労強度



材 J 方向 Z 方向 および継手疲労試験の S-N 曲線をキョメテ示 (OSW) および M3 鋼 (CES) について HAZ 軟化部の疲労強度を

σ_{wB} は 33~35 kgf/mm², 従来材のそれは 31 kgf/mm² である。Z 方向の MACS, KTR 材の 2×10^6 回疲労強度, σ_{wZ} は 24~25 kgf/mm², 従来材のそれは 18.4~20.4 kgf/mm² である。MACS 材と KTR 材の疲労強度差はほとんどなく, 従来材のそれに比較して 4~5 kgf/mm² 高いが, 短寿命領域 ($N \leq 10^3$) での疲労強度差は比較的小さくなる。また, 従来材の長寿命域での疲労強度は S 量の少な

N 曲線を Fig. 7 に示す。また, M4 鋼母材の平滑ならびに切欠試験片の疲労強度を比較のため Fig. 7 に併記した。母材と HAZ 最軟化部の疲労強度の差は, $K_t=1$ では 3~5 kgf/mm², $K_t=1.9$ では約 4 kgf/mm², $K_t=3$ では 1~2 kgf/mm² であり, HAZ 最軟化部の疲労強度は母材のそれより低下するが, K_t の増加とともにその差は少なくなる。母材の疲労強度に対する HAZ 部の疲労強度の比



3.5 疲労き裂伝播試験

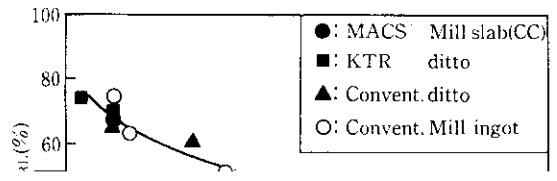
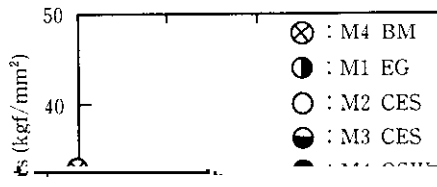
3.5.1 母材のき裂伝播試験

Fig. 8 および Fig. 9 は MACS, KTR ならびに従来材の母材 L 方向および Z 方向の疲労き裂伝播特性を示す。MACS 材 (M4 鋼) 母材 L 方向では CCT 試験片を, それ以外は全て CT 試験片を用

いると言える。S 含有量の多い C2 鋼の疲労き裂伝播速度は他のそれより速く, 高 ΔK 領域においてその傾向は顕著となる。S 量が増加すると m の値が大きくなることが知られており¹⁾, これと同様な傾向を示す。

3.5.2 大入熱溶接継手 HAZ のき裂伝播特性

Fig. 10 に MACS, KTR ならびに従来材の大入熱溶接継手 HAZ



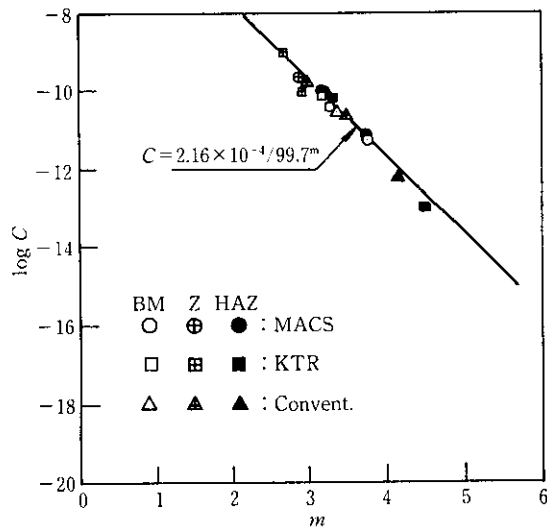
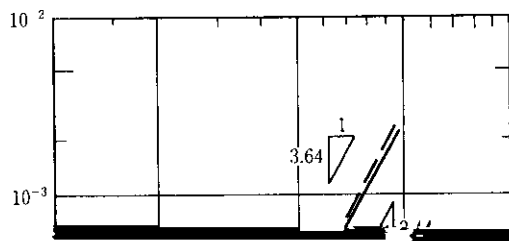
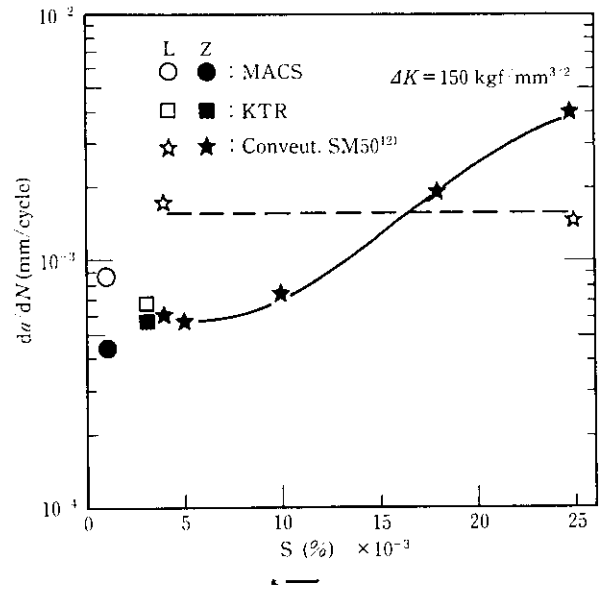


Fig. 15 Correlation between m and $\text{Log } C$ in Paris' formula



propagation rates

式の関係が認められている。

$$m = m_0 - \beta \cdot YP \dots\dots\dots(11)$$

m_0, β については実験者により種々の値が示されているが、多く

- kgf/mm²、従来材のそれは約 15 kgf/mm² で、TMCP 材の疲労強度は従来材のそれに比し同等以上の特性である。
- (3) 溶接余盛止端部での応力集中係数 K_t は 1.39~3.16 であり、 K_t が小さいほど疲労強度が高く、溶接継手の疲労強度の差は K_t の差と考えられる。
- (5) 板厚方向疲労強度は S 量の低下とともに上昇し、この傾向は従来材と同様で、介在物の影響として理解できる。
- (6) TMCP 材の疲労き裂伝播特性は母材、溶接継手とも従来材で得られている $C=2.16 \times 10^{-4}/99.7^m$ の関係式とよい一致を示した。

$K_t=3$ で 1.6 kgf/mm² と推定され、最軟化部に切欠を付した丸棒試験片で得られた結果と一致した。応力集中を有する溶接継

下と推定され、ほぼ無視し得る量である。

(8) TMCP 材の板厚方向き裂伝播速度は S 含有量と相関があり、