

でに沢村, 盛および津田⁸⁾が理論的に, 沢村および津田⁹⁾が実験的にそれぞれ 1450°C 以下の鑄鉄浴中では固相として析出していることを確認している。

5. 総括

含チタン鑄鉄中に生成するチタン硫化物に関する実験において次の事実が認められた。

1. C: 約 3%, Si: 約 3%, Mn: <0.08%, S: 0.15~0.34% および Ti 0.23~0.72% の鑄鉄中に生成するチタン硫化物は Ti₂S なる組成をもつ六方晶系に属し $a=3.21\text{Å}$, $c=11.21\text{Å}$ の格子定数の結晶である。

2. Ti₂S は 1400°C 以下の温度では鑄鉄浴中に固相として存在する。

3. Ti₂S が存在すると黒鉛組織は片状であるが, マンガンは Ti₂S を除去して, 黒鉛組織を共晶状に変化させる作用をもつ。

文 献

- 1) E. PIWOWARSKY: Hochwertiges Gusseisen, (1961) p. 329; Springer, Berlin.
- 2) 日本学術振興会製鋼第19委員会編: 鋼中の非金属介在物写真集, (1964) p. 121, 日刊工業新聞社
- 3) C. FRICK & H. ROHDE: Arch. Eisenhüttenw., 31 (1960), p. 419
- 4) 森永, 恵藤: 日本金属学会誌, 26 (1962), p. 302
- 5) 森田, 山崎: 日本鑄物協会鑄鉄部会チタン鑄鉄分科会資料, No. 88
- 6) W. KOCH & E. ARTNER: Arch. Eisenhüttenw., 29 (1958), p. 737
- 7) A.S.T.M.: X-ray powder data file, 11-664
- 8) 沢村, 盛, 津田: 鉄と鋼, 43 (1957), p. 560
- 9) 沢村, 津田: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 358

(176) 鑄鋼の曲げ疲れ強さとそのピッチングリミットの推定

日本製鋼所, 室蘭製作所研究所

工博 渡辺十郎・工博 荒木田豊・○工藤浩一
設計部 齋藤拓史

Bending Fatigue Strength of Cast Steel and Rough Estimation of its Pitting Limit.

Dr. Juro WATANABE, Dr. Yutaka ARAKIDA, Koichi KUDO and Takushi SAITO.

1. 緒言

NIEMANN¹⁾は歯車材のピッチング限界値と曲げ疲れ強さを求め表示しているが, これらの数値の間にはある硬度範囲ではほぼ直線的関係があるように考えられる。そこで3種の Cr-Mo 鑄鋼の硬さレベル3ないし4種類計10種のものについて回転曲げ疲れ強さを求め, 鑄鋼の内部欠陥の大きさと疲れ強さの関係を求めるとともに, これらの鑄鋼のピッチング限界値を推定してみた。

2. 供試材および試験片

2.1 供試材の化学組成と採取位置

Table 1. Chemical composition of materials.

Material (cast steel)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
A	0.37	0.36	1.31	0.018	0.011	0.07	0.50	0.24
B	0.57	0.33	1.01	0.030	0.025	0.57	0.92	0.40
C	0.40	0.33	0.80	0.023	0.022	0.15	2.86	0.52

Table 2. Heat treatment and hardness of specimens.

Material (cast steel)	Specimen group	Heat treatment		Hardness (HB)	
		Quenching	Tempering	Mean	Range
A	a	870°C × 1hr → O.Q	200°C × 1hr → A.C	460	447~473
	b		430°C × 1hr → A.C	348	338~360
	c		600°C × 2hr → A.C	268	263~276
	d		650°C × 2hr → A.C	240	233~247
B	e	850°C × 2hr → A.C	470°C × 4hr → A.C	335	316~350
	f		600°C × 4hr → A.C	275	268~282
	g		690°C × 4hr → A.C	218	213~226
C	h	870°C × 1hr → O.Q	315°C × 2hr → A.C	473	458~480
	i		510°C × 2hr → A.C	415	408~425
	j		650°C × 2hr → A.C	268	261~274

供試材は 0.4C-0.5Cr-0.25Mo 鋼(試験材A), 0.6C-1Cr-0.4Mo 鋼(試験材B) および 0.4C-3Cr-0.5Mo 鋼(試験材C)の3種類で, それぞれの化学組成を Table 1 に示す。

試験材Aは本体寸法 230mm × 220mm × 75mm の角型ブロックに鑄込みB端より高さ 180mm までの位置から試験片を採取した。試験材Bは分塊ロール(1000mm φ)の胴部中央より厚さ 210mm の円盤を切断しロール表面から 60mm ないし 360mm の部分から試験片を採取した。試験材Cでは本体寸法 80mm φ × 500mm 長さの丸棒形状に破型鑄込みしT端に近い部分から 80mm 長さの試験片を採取した。

2.2 試験片の熱処理

硬さと回転曲げ疲れ強さの関係を知るために熱処理を変えて, 種々の硬さの試験片を得た。各試験片の熱処理およびかたさをまとめて Table 2 に示す。硬さは試験片全数についてロックウェル硬さで測定し, A SM換算表よりブリネル硬さ (HB) に換算したものである。各グループ代表硬さをそのグループの全測定値の平均値で示し, バラツキは個々の試験片の硬さの平均値のバラツキで示した。また各グループの試験片の顕微鏡組織はいずれも焼もどしマルテンサイトあるいはベイナイトであるが, 炭化物の析出状態に差が認められるようである。

2.3 疲労試験片

熱処理後機械加工により平滑疲労試験片を製作した。その形状は平行部直径 8mm φ で長さで 30mm ある。機械加工後平行部はエメリー紙で 400 番まで研磨した。

3. 疲労試験

疲労試験はすべて回転曲げ型式でおこない, 疲労試験機は小野式回転曲げ疲労試験機を用いた。毎分の回転数

Table 3. Rotating bending endurance limit and width of cavity of each group.

Material	Group	Hardness (HB)	Rotating bending endurance limit (kg/mm ²)	Mean width of cavity (mm)
A	a	460	43	0.265
	b	348	42	0.175
	c	268	35	0.275
	d	240	34	0.200
B	e	335	25~27	0.440
	f	275	24~25	0.460
	g	218	23~24	0.345
C	h	473	35	0.355
	i	415	28	0.775
	j	268	25	0.460

は 3000 回である。

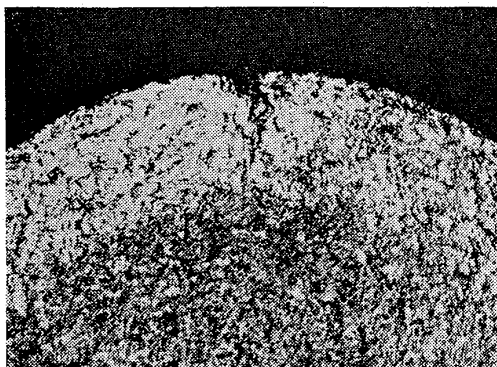
4. 試験結果

4.1 疲労試験結果

各材料の S-N 曲線を求め、それから回転曲げ耐久限度を決定したがその結果を Table 3 に示す。同じ硬さレベルでも回転曲げ耐久限度にかなりの相違がみとめられる。これについては考察でのべることにする。試験材 B については耐久限度範囲で示したが、これは破断しなかつた最高応力と、破断した最低応力の値を耐久限度としたためである。

4.2 試験片破面の観察

試験片の破断面を観察すると、多くの場合欠陥部を起点として破断していることがわかる。この破断面の状態を万能投影機にて観察し、破断の起点となつている欠陥の大きさを調べた。Photo. 1 に破面の一部と起点となつている欠陥の例を示す。倍率は20倍である。回転曲げ耐久限度に対して、これらの欠陥の大きさはかなりの影響を与えらるるので、破断した試験片のうち S-N 曲線上あるいはその近くにあつて耐久限度を決定している試験片における欠陥の巾 b を測定した。欠陥の巾 b は破面に現われた欠陥の応力に直角な寸法である。測定値を平均し、欠陥の巾の平均値を各グループごとにまとめて Table 3 に示しておく。試験材 A は欠陥の巾も



×20 (3/5)

Photo. 1. Cavity observed on the fractured surface.

他の二つと比較して小さく、またバラッキも少ないが、これは試験片製作のための鑄込んだものであり、鑄鋼としてはかなり健全なものであろう。試験材 B は欠陥はやや大きいほうであるがバラッキは少ないようである。これは大形分塊ロールの表面から浅いもので、60mm 入った位置から試験片を採取しているためであらう。試験材 C は欠陥の巾がかなり大きなものがあり、しかもバラッキが多いが、これは丸棒として鑄込んだ押湯近くから試験片を採取しているためであらう。

5. 試験結果に対する考察

5.1 鑄鋼の疲れ強さにおよぼす欠陥の巾の影響

硬さと回転曲げ耐久限度の関係について、実験に用いた 3 鋼種 10 グループの結果 (Table 3 参照), E. B. EVANS²⁾による鑄鋼の値および鍛鋼の平均的疲れ強さ (引張強さの 1/2 が耐久限度とされている) をとりまとめて Fig. 1 に示した。実験に用いた 3 鋼種ともかたさの低いところでは鍛鋼の平均的疲れ強さとの比があまり大きく

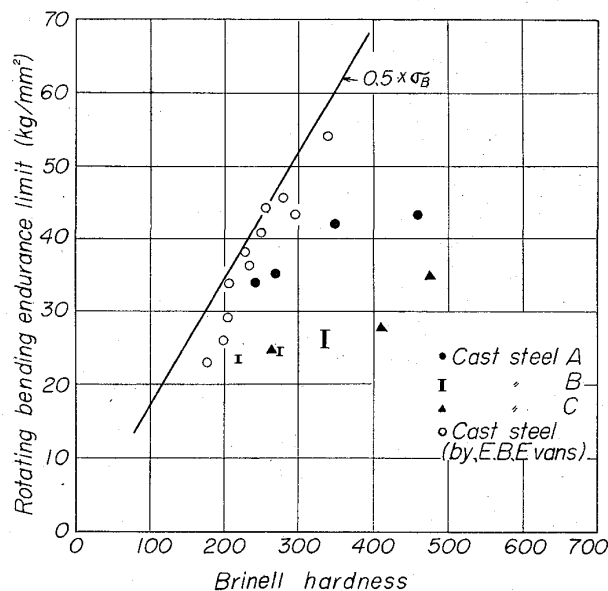


Fig. 1. Hardness and rotating bending endurance limit.

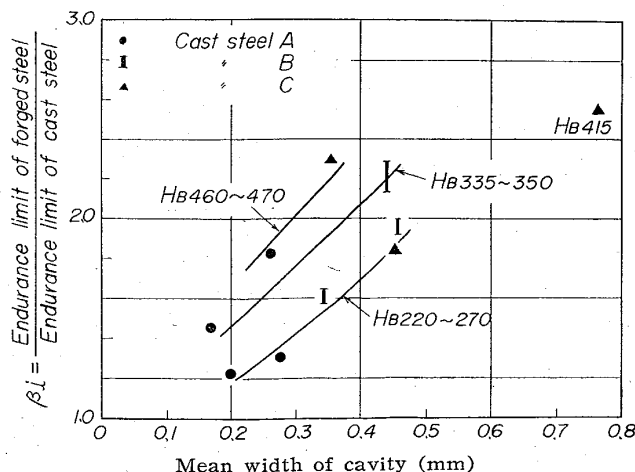


Fig. 2. Relation between mean width of cavity and internal notch factor β_i .

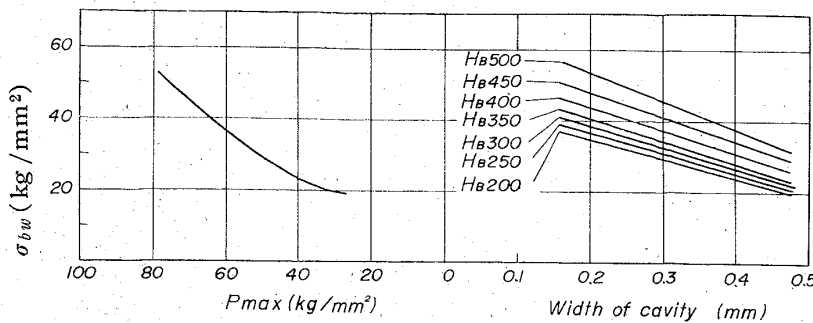


Fig. 3. Rough estimation of bending fatigue strength and allowable Hertz' stress from hardness and width of cavity of cast steel.

ないが、硬さが高くなるとこの比が大きくなっていくことがわかる。また同一硬さでも耐久限度にかなり巾があり、たとえば硬さ Hb 350 では、42 kg/mm²~26 kg/mm² 程度の相違がある。これは鍛鋼の平均的疲れ強さの 40~70% である。

また同じ硬さレベルでの鍛鋼の疲れ強さと鋳鋼の疲れ強さと鋳鋼の疲れ強さの差は、鋼の内部欠陥によるものと考えられる。鋳鋼には多くの macro 的および micro 的欠陥がありこれが内部切欠きとして作用しており、ここで鍛鋼の耐久限度と鋳鋼の耐久限度の比を鋳鋼内部切欠き係数 β_i とすれば、破壊の起点の欠陥の大きさと何らかの関係があるはずである。Table 3 に示した欠陥の巾の平均値と β_i との関係を探ってみると Fig. 2 が得られる。この図から欠陥の巾の平均値と内部切欠き係数 β_i との間には、欠陥の巾の平均値が 0.2~0.45mm の範囲で直線関係が認められる。このことは材質の違いに関係なく硬さによつて決まってくる。すなわち β_i は破壊の起点となつた欠陥の大きさとかたさによつて定まる値であり、欠陥の巾が大きくなり、硬さが高くなるにしたがいこの値 (β_i) は増大していく。さて Fig. 2 において欠陥の巾の平均値が 0.78mm ある試験材 Ci グループ硬さ Hb 415 の試験片の内部切欠き係数 β_i が小さいことが注目されるが、これはき裂疲れ強さに相当すると考えられる。

5.2 転動疲労限度と回転曲げ耐久限度との関係の推定

転動疲労限度と回転曲げ耐久限度との関係を何らかのかたちで規定しようとする試みはなされているが実際に求めている例はほとんどない。NIEMANN が歯車材のピッチング限界値と曲げ疲れ強さを求めて表示しており、これらの数値の間はある硬度範囲ではほぼ直線関係があると考えられることから、今回の試験結果より転動疲労限界の推定を試みた。

NIEMANN の場合は、歯車の歯面強度の材料常数 ked (ピッチングを起す限界値)と曲げ耐久限度を数種の鋼について少数ではあるが調べている。この材料常数 ked の中には、ころがり接触における許容 Hertz 応力 P_{max} が含まれている。すなわち

$$ked = \frac{P_{max}^2 \pi}{2} \left(\frac{1-V_1^2}{E_1} + \frac{1-V_2^2}{E_2} \right)$$

で示される。

各材料の各グループの回転曲げ耐久限度から歯面強度の材料常数 ked を推定し、つぎに P_{max} を求めてみ

た。また硬さおよび欠陥の巾がきまれば内部切欠き係数 β_i が定まることになり β_i から鋳鋼の回転曲げ耐久限度が決定される。すなわち鋳鋼の硬さおよび欠陥の巾がわかれば、回転曲げ耐久限度が求まりこれから P_{max} が推定できることになる。

Fig. 3 は鋳鋼の欠陥の大きさ、硬さ、回転曲げ耐久限度および P_{max} の関係を1つの図にまとめたものである。

6. 総 括

化学組成および溶解、铸造条件を異にする中炭素 Cr-Mo 鋳鋼 3 種について、それぞれ 3~4 の硬さレベルの試験片を製作し

回転曲げ疲労試験を行なった。

その結果は次のように要約される。

(1) 鋳鋼の疲れ強さは同一かたさレベルでもかなり巾が出、耐久限度比で 0.21~0.40 の範囲にある。

(2) 同じ硬さレベルの鍛鋼の疲れ強さと鋳鋼の疲れ強さの差は、鋳鋼の内部欠陥によるものと考えられ、両者の比を鋳鋼の内部切欠き係数 β_i とすれば β_i は破壊の起点となつた欠陥の巾と硬さレベルで定まる値となつた。そうして欠陥の巾が大きくなり、かたさが高くなるにしたがい β_i の値は増大する。ただし欠陥がある大きさ以上になると、 β_i は一定の値に近づくようである。

(3) この実験結果から鋳鋼の硬さと破壊起点となるような欠陥の大きさがわかれば、回転曲げ耐久限度および許容接触 Hertz 応力 P_{max} を推定することができた。

文 献

1) NIEMANN: Die Maschinen Elemente

2) E. B. EVANS: Proc. ASTM, 56 (1956),

p. 979
669.146.9-415:669.586.5:621.791.763J

(177) 溶融亜鉛メッキ鋼板 (ペントイト) のスポット溶接について

日新製鋼, 尼崎工場研究部

○吉田潔司・若桜謹璋

Spot Welding of Hot Dip Galvanized Steel Sheet (Paintite).

Kiyosi YOSHIDA and Noriaki WAKASA.

1. 緒 言

亜鉛メッキ鋼板の適正なスポット溶接条件は、一般に軟鋼板に比べて溶接電流、加圧力を大にする必要があるといわれており、その程度は実験者によつて異なっている。最近、中村¹⁾の研究によれば低加圧力を用いることにより必ずしも溶接電流を大にしなくても溶接が可能であるとのべている。このように適正溶接条件が異なるのは供試材として用いた亜鉛メッキ鋼板の性状に差異があるためと考えられ、すなわち表面状態 (スパンクルの大きさ)、メッキ層および合金層の厚みなどが溶接性に大きく影響することは当然予想される。

著者らは当社にてペントイトと呼称している塗装性の