

で<sup>3)4)</sup>、見掛上は悪くても割れの起点にはなりにくいと思われれる。

3.3 押拵げ試験

押拵げ試験の際の電縫部の割れも、扁平試験の場合と同様に、介在物とくに珪酸塩介在物を起点として割れている。

4. 結 言

(1) 電縫管を扁平試験する際に、電縫部のビード取りあとにてできた介在物が起点となつて割れを起しやすい。これら介在物のうち珪酸塩介在物が最も割れを起しやすく、 $Al_2O_3$  介在物、 $MnO$  介在物は割れを起しにくい。

(2)  $Al_2O_3$  介在物を主とする Al キルド鋼、Al-Si キルド鋼、 $MnO$ - $MnS$  介在物を主とするリムド鋼は扁平値が良く、珪酸塩の多い Si キルド鋼やセミキルド鋼は扁平値が劣る。

(3) 押拵げ試験でも扁平試験と同様な結果が得られた。

(4) 引張試験値と清浄度の間には相関が認められない。

文 献

- 1) 副島, 野崎, 岡村: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 1386
- 2) H. NEUBER: 磯辺訳, 切欠応力論, (1944), p.6
- 3) Chih-Bing LING: J. Appl. Phys., 19 (1948), p. 77
- 4) 渥美: 日本機械学会論文集, 20-9 (1954), p. 690

(討-21) メタルフローと曲げ疲労強度との関係

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 ○西岡 邦夫

Relation between Metal Flow and Bending Fatigue Strength.

Dr. Kunio NISHIOKA.

1. 結 言

熱間加工された鋼は、メタルフローの方向にせん維状組織を形成し、機械的性質に非等方性を示す。DIETER<sup>1)</sup>らは、絞りと疲労強度に現われる非等方性につき、主な原因が非金属介在物の変形状態によるが、真空溶解で介在物を極端に減らしても、完全な等方性にならない他の因子があるといっている。このほか、かかる異方性に対する研究はかなりあり、FORREST<sup>2)</sup>は疲労強度に現われる異方性の程度を、引張強さレベルとの関係で示している。また最近石橋<sup>3)</sup>は、曲げ疲労強度には異方性が現われるが、振り疲労強度には異方性が現われないことを、表面に発生した微細き裂の拡大抵抗の力学計算により説明している。したがって、メタルフローのために疲労強度に現われる異方性については、ほぼ明らかにされたと見てよいが、圧延方向対

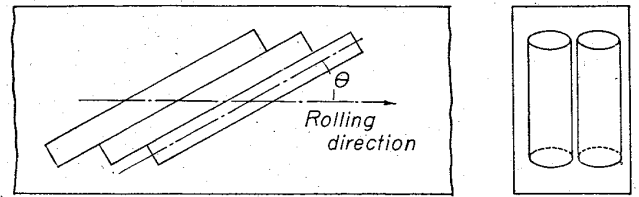


Fig. 1. Cutting-off direction of specimens.

し、 $45^\circ$  以下の角度でとられた試験片の疲労強度の変化、ならびに切欠がある場合のメタルフローの影響に関する研究結果は少ない。そこで、これらの点に関する資料を得るために、本研究を行なった。

2. 試験の概要

2.1 試験材料

試験材は電気炉溶解の S 50C 材 ( $0.50\%C$ ,  $0.31\%Si$ ,  $0.63\%Mn$ ,  $0.015\%P$ ,  $0.031\%S$ ) で、 $2.4t$  の角型鋼塊から、分塊、圧延工程を経て、巾  $190mm$ 、厚さ  $45mm$  に圧延された板である。

2.2 疲労試験片

上記の板から、Fig. 1 に示した要領で、 $20\phi \times 210mm$  の試験片素材を、種々の角度で採取した。そして、この素材寸法のまま、 $850^\circ C \times 1hr \rightarrow W.Q.$ ,  $585^\circ C \times 2hr \rightarrow A.C.$  の熱処理をほどこした後、平滑 ( $10\phi$ ) および  $60^\circ V$  溝切欠 (外径  $15mm$ 、谷径  $10mm$ 、切欠底半径  $0.3mm$ 、応力集中率  $\alpha \approx 3$ ) の小野式疲労試験片を作った。

2.3 疲労試験法

Table 1. Mechanical properties of specimens obtained from various directions.

Angle $\theta$ in Fig. 1 degree	Yield point (kg/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Reduction of area (%)
0	68.8	86.8	24.8	59.5
15	69.2	86.2	23.7	61.4
30	69.0	86.2	25.2	60.8
45	69.2	86.4	23.6	58.2
90	69.4	87.1	20.5	38.7

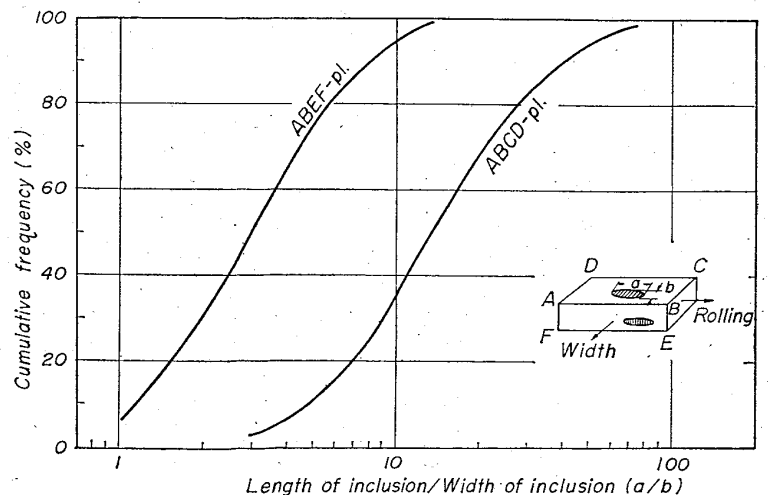


Fig. 2. Geometry of deformed inclusion.

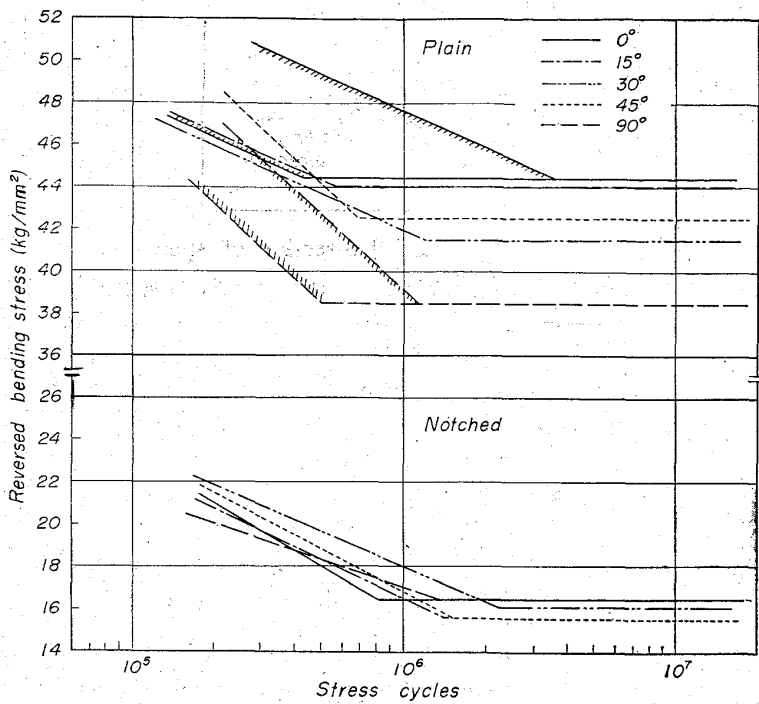


Fig. 3. S-N curves.

小野式回転曲げ疲労試験機を用い、1750 rpm で試験し、S-N 曲線を求めた。

### 3. 試験結果

#### 3.1. 静的引張試験結果

Table 1 に示す降伏点、引張強さ、伸びは、試験片採取角度に無関係にほぼ同じ値であるが、絞りは 0~45° の範囲では変化ないが、90° 試験片では約 60% 強にまで低下している。

#### 3.2. 非金属介在物の変形状態

介在物の変形状態と疲労破面との関係を考察する目的で、介在物の長さとの巾の比を累積度数で示したのが、Fig. 2 である。求めたのは、同図に示した 2 個の面についてで、本素材の板は、巾方向と厚さ方向の鍛造比の関係が 1:4 で、ほぼこの関係に一致した変形状態をしている。

#### 3.3. 疲労試験結果

Fig. 3 は各角度の試験片につき得られた S-N 曲線で、実験点は省略してある。ただし、0° と 90° 試験片については、実験値が比較的ばらついたので、ばらつきのほぼ両極端と推定される 2 本の線で示してある。

#### 3.4. 疲労破面

採取角度が異なると、疲労破面もそれぞれ異なる様相を呈した。Fig. 4 はこれらの破面の特長をわかりやすく図示したものである。なお 90° 試験片は、ほとんど疲労破面の特長を示す平滑部分がなく、せん維状組織が大部分をしめた。しかも、疲労破壊の起点とせん維方向との間に特定の傾向がなかつたので、代表的な 3 例を Photo. 1 に示す。

## 4. 考察

#### 4.1. 曲げ疲労限の異方性について

Fig. 3 の S-N 曲線から得られた疲労限、疲労比、切欠係数を一括して Table 2 に示す。同表よりわかること

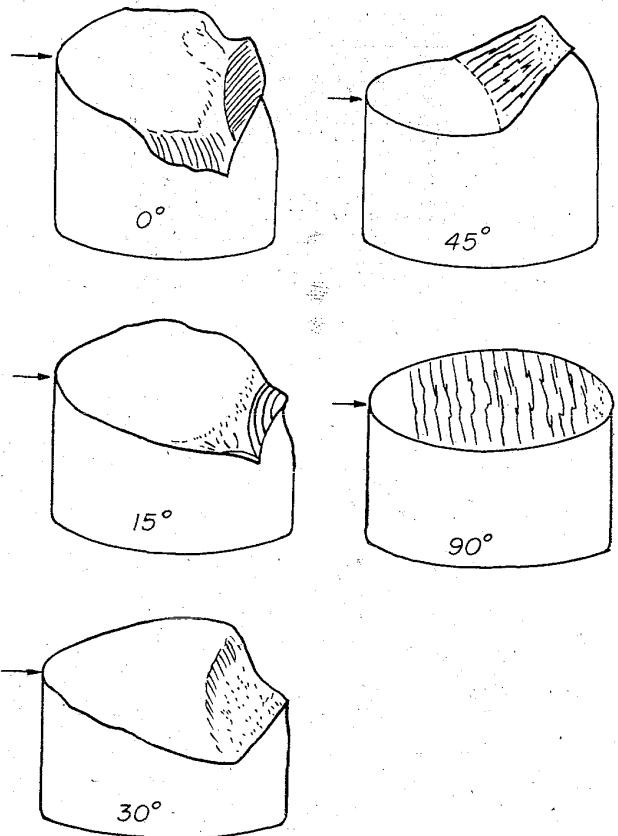
く、平滑試験片の疲労限は、45° までの試験片では大きな低下が認められず、90° 試験片で始めて若干の低下を示した。この傾向は、石橋が 0° 試験片の疲労限が 25.5~27 kg/mm<sup>2</sup> の材料につき得た結果とよく一致しており、材料のいかんにかかわらずこのような傾向を示すものと考えられる。

次に切欠試験片の場合は、Table 2 より明らかごとく、試験片採取角度に無関係にほぼ一定の疲労限になった。すなわち、全く異方性を示さないが、これは応力集中率が 3 というかなり鋭い切欠をつけたからで、切欠試験片の異方性は、切欠の鋭さによる影響を受ける。具体的にいうと、前に著者らにより求められたように、非金属介在物含有量が増すほど、異方性を示さなくなる応力集中率は大になる。

#### 4.2. 絞りの異方性と曲げ疲労限の異方性

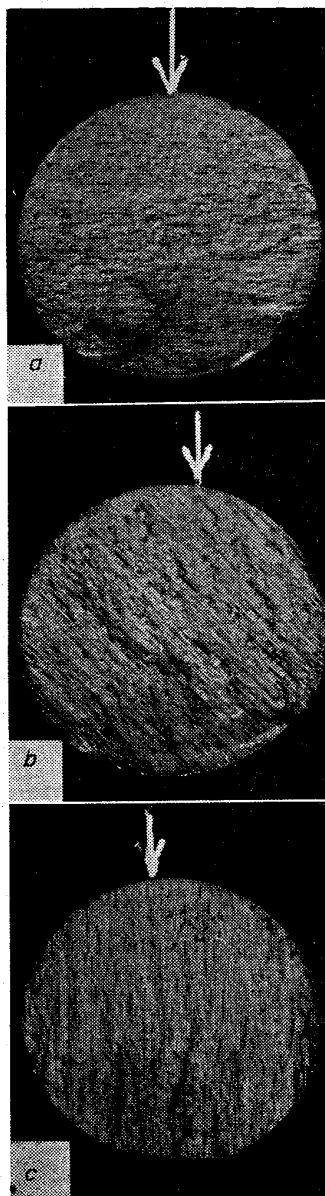
これは従来からいわれているように、一定の対応を示している。しかし、0° 試験片と 90° 試験片のそれぞれの値の比は全く異なり、絞りの低下の方がはるかに大きい。絞りには非金属介在物の大きさ、形状以外に量がかかなり影響するが、疲労強度には主として大きさ、形状が影響する。このような相違が、両者の異方性の定量的な差に現われるものと思われる。

#### 4.3. S-N 曲線の傾斜部について



○ Arrow show the origin of fatigue fracture  
○ White portion show the fatigue fracture surface

Fig. 4. Fatigue fracture surfaces of various specimens.



Arrows show the origin of fatigue fracture

a): N=1700600    b): N=59100    c): N=1187900

Photo. 1. Fatigue fracture surface of 90° specimen ( $\sigma = 39.0 \text{ kg/mm}^2$ ).

Fig. 3 を見ると、切欠試験片に対する S-N 曲線傾斜部は、ほぼ同じ位置にあり、同一繰返し応力での破断寿命に差がない。このことは、疲労限がほとんど変わらないことから当然のことと考えられるが、非金属介在物などの影響がなく、切欠のみの影響を示していると考えられる。

これに反し平滑試験片では、0° 試験片の傾斜部が非常にばらつき、図示の範囲内にある。そして、15° と 30° 試験片の傾斜部は、0° 試験片のそれのほぼ下限付近にある。このことから次のようなことが考えられる。

0° 試験片はメタルフローの方向に一致させてとられているので、非金属介在物も試験片表面に平行にのばされているはずである。しかし、実際に検鏡してみると、非金属介在物が完全に一方にのばされてはおらず、若

Table 2. Results of bending fatigue tests.

Angle $\theta$ in Fig. 1 degree	Fatigue limit ( $\text{kg/mm}^2$ )		Fatigue ratio $\sigma_w/\sigma_B$	Fatigue strength reduction factor $\beta = \sigma_w/\sigma_{wk}$
	Plain $\sigma_w$	Notched $\sigma_{wk}$		
0	44.5	16.5	0.51	2.70
15	44.0	15.5	0.51	2.84
30	41.5	16.0	0.48	2.59
45	42.5	15.5	0.49	2.74
90	38.5	16.5	0.44	2.33

干その方向の異なるものがある。もしこのような介在物が試験片表面に一部を露出すると、これによる応力集中の影響が現われる。したがって、このような現象が起こるか否かにより、破断寿命が影響を受け、試験結果にかなりのばらつきを生じたものと思われる。15°, 30° 試験片では、ほぼこのような角度で表面に大部分の介在物が露出するので、若干の角度の異なる介在物の影響が現われず、試験結果のばらつきも少なくなつたと解釈される。

さらに角度が大になり、 $\theta = 45^\circ$  と  $90^\circ$  の試験片の場合は、前記各角度の試験片とかなり異なつた傾斜角で、両者の傾斜角はほぼ同じである。Fig. 4 に示した破面において、45° 試験片の最終静的破断部は、試験片軸と 45° の角度をなし、この面は 90° 試験片の破面と同じである。石橋<sup>9)</sup>の考えが直接適用はできないが、せん維組織を直角に引離す強度が共に作用していると考えれば、やはり一種のき裂拡大抵抗が問題になるはずである。そして、石橋の力学計算が、 $\theta$  が  $90^\circ$  から  $40^\circ$  付近まで適用されることを考えると、 $\theta < 40^\circ$  以下の場合とは異なる傾向を示すことがうなずける。

#### 4.4 90° 試験片の疲労破面

Photo. 1 に 90° 試験片の疲労破面を示したが、この面は Fig. 2 の ABFE 面で、介在物の応力集中はあまり大きくない面である。この試験片のすべての破面を調べると、疲労破壊の起点が (b) のような関係位置にあるものが多い。そして、Photo. 1 はすべて同一繰返し応力下で得られた破面であるが、(a) または (c) のごとき位置に起点がある場合の破断寿命のほうが、(b) の場合より長い。Fig. 3 の S-N 曲線傾斜部の下限のほうは (b)、上限のほうは (a) または (c) のごとき疲労破壊起点をもつていた。このことより、非金属介在物が、試験片表面の法線に対し、0° または 90° で存在する時よりも、45° 近傍で存在する時のほうが、疲労強度に対する影響が大きいことがわかる。

### 5. 結 言

焼入焼戻した S50C の圧延板より、圧延方向に対し、0°, 15°, 30°, 45° および 90° の試験片を切り出し、平滑および切欠 ( $60^\circ \text{V}$ ,  $\alpha \approx 3$ ) 試験片の囲転曲げ疲労試験を行ない、次の結果を得た。

- 1) 平滑試験片では、0°~45° の間では疲労限の低下がわずかである。90° 試験片で 15% 程度低下する。
- 2)  $\alpha \approx 3$  の切欠試験片では、採取角度に無関係に、ほぼ等しい疲労限が得られた。
- 3) 0° と 90° 試験片を比較すると、疲労強度の異方

性より、絞りの異方性のほうが大きい。

4) S-N曲線傾斜部の実験値のばらつきは、0°と90°試験片で大きい。この原因は、0°試験片では、時々存在し得るある角度で試験片表面に露出した非金属介在物の影響と思われる。90°試験片においては、疲労破壊の起点位置とばらつきとの間に関係がある。

文 献

- 1) G. E. DIETER et ali.: Quality Requirements of Super-Duty Steels, 101, (1959), AIME.
- 2) P. G. FORREST: Fatigue of Metals, (1962), Pergamon Press.
- 3) 石橋: 日本機械学会論文集, 30 (1964) 4, p. 504
- 4) 宮内, 西岡: 住友金属, 15 (1963) 1, p. 18

会 員 名 簿 分 譲 の お 知 ら せ

昭和40・41年版会員名簿が昨年12月完成いたしました。本名簿発行に当り会員各位に多大のご協力をいただきありがとうございました。

本名簿は下記のように豊富な内容を盛り込み、会員相互の便宜が十分はかれるよう編集いたしましたのでできるかぎり多くの皆様にご利用いただきたく下記ご案内申し上げます。

なお、3月現在十分残部がございますので、前2回の申し込み期間に申し込まれなかつた方も自由にお申し込み下さい。

記

- |          |  |                       |                      |              |
|----------|--|-----------------------|----------------------|--------------|
| 1) 名簿内容  | 定款・細則<br>賛助会員<br>外国会員<br>関連団体リスト<br>会社・大学研究所<br>会社工場 | 役 員<br>維持会員<br>出版物リスト | 名誉会員<br>正 会 員<br>表 彰 | 学生会員<br>支部役員 |
| 2) 分譲価格  | 会 員 300円 (送料不要)<br>非会員 600円 (送料実費)                   |                       |                      |              |
| 3) 申込方法  | 本誌添付の申込用紙にて代金同封のうえ現金書留にてお申し込み下さい。                    |                       |                      |              |
| 4) 申 込 先 | 東京都千代田区丸ノ内1-1 日本交通公社ビル8階<br>日 本 鉄 鋼 協 会              |                       |                      |              |

.....切.....取.....線.....

会 員 名 簿 申 込 用 紙

氏 名			
部 数	部	送 金 額	
名簿送付先			
領 収 書	要	不要	
領収書送付先			