

Fig. 4. Repeated torsional fatigue test results of press-welded and hot rolled specimens.

が大きく低下した。介在物を含まぬ圧接試料も原鋼材のままの試料に比較してかなり低下しているの、介在物の差による影響を検出することは困難であった。

Table 3 は圧接面上の介在物存在総量の測定結果を示し、Fig. 2 は介在物が試片の表面に達している場合の圧接面に対する大きさ別の介在物存在面積比を图示したものである。Fig. 3 は Fig. 2 に示した試料の疲労試験結果を示す。Fig. 3 について Table 3, Fig. 2 と対比してみると、介在物が同種ならば一般に存在総量の増加につれて疲労限界が低下するがその順位を決定づけるものは 200μ 程度以上の粗大な介在物の存在量であると思われる。しかもこの場合 MnS·MnO を含む試料についてはやや不明確で、粗大介在物量には大きな差がないため、疲労限の順位はむしろ 5μ 以下の微小介在物量にしたがつているように思われる。Fig. 2 に示した試料 No. 4 (Al_2O_3) あるいは試料 No. 12 (Mn-Silicate) のように微小介在物のみが多い試料はそれぞれの系列の S-N 曲線群において、必ずしも極端な低い値を示さない点から考えて、極めて微小な介在物量の影響が比較的少ないと仮定すれば、MnS 系の介在物はある程度以上の大きさの粒子がわずかに存在しても疲労限を大きく低下させるものと考えることができる。たとえば試料 No. 6 (MnS·MnO) と試料 No. 2 (Al_2O_3) の各 S-N 曲線および Table 3 を対比してみると MnS 系介在物は全存在量が比較的少なくとも疲労特性への悪影響が Al_2O_3 に比して大きいことが推定される。

Table 1. Chemical composition of specimens.

Specimen mark	Kind of steel	Tube size	Chemical composition of steel					
			C	Si	Mn	P	S	Cu
A	Al killed	63.5×4.5	0.25	0.05	0.76	0.004	0.004	0.05
B	Al-Si killed	50.8×3.2	0.17	0.14	0.50	0.014	0.024	0.08
C	Si killed	50.8×2.9	0.13	0.25	0.50	0.018	0.018	0.07
D	Semikilled	42.7×2.4	0.14	0.07	0.49	0.008	0.022	0.09
E	Rimmed	42.7×2.4	0.14	tr	0.46	0.019	0.023	0.08

Fig. 4 は介在物が中心線付近に存在して表面におよんでいない棒状素材から切出した試片の疲労試験結果であつて、高応力側での耐久回数は介在物を含まぬ比較試料がやや大きい、疲労限は加えた介在物が試験片表面に達していない場合はいずれも同一であり、介在物が表面に達している場合に著しく低下することがわかる。

(討-20) 電縫管の機械的性質におよぼす非金属介在物の影響

日本鋼管, 技術研究所 ○水野 直彦
Effects of Nonmetallic Inclusions on the Mechanical Properties of Electric Resistance Welded Steel Tubes.

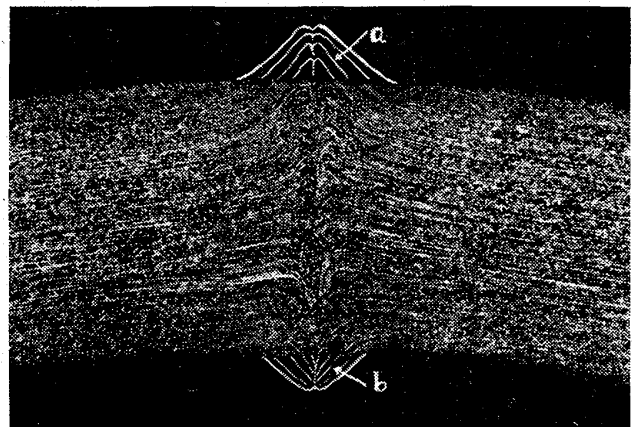
Naohiko MIZUNO.

1. 緒 言

電縫管は造管の際に電縫部のメタルフローが Photo. 1 に示すように管の内面および外面に向つて立ち上るために、この内外面のビードを a, b の位置で切り取ると、メタルフローに沿う非金属介在物の流れが管の内外面に現われる。このことが管の機械的性質におよぼす影響について調査した。

2. 試 料

非金属介在物の形態別にその影響を調べるために、Table 1 に示す Al キルド鋼, Al-Si キルド鋼, Si キル



a: outside bead b: inside bead
Photo. 1. Metal flow at welded part of tube.
×20(2/3)
(etched with OBERHOFFER's reagent)

Table 2. Chemical composition of inclusion and cleanliness.

Specimen	Chemical composition (%)					Cleanliness				Main microscopic composition
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	MnO	Total	Type A	Type B	Type C	Total	
A	0.007	0.001	tr	tr	0.008	0.01	0.01	0.04	0.06	Al ₂ O ₃ + Sulfide
B	0.007	0.002	tr	tr	0.009	0.05	0.01	0.02	0.08	Al ₂ O ₃ + Sulfide
C	0.006	0.010	0.001	0.020	0.037	0.14	0.01	0.00	0.15	Silicate + Sulfide
D	0.002	0.002	0.004	0.016	0.024	0.15	0.01	0.01	0.17	Silicate + Oxisulfide
E	0.003	0.007	0.002	0.018	0.030	0.14	0.01	0.03	0.18	Oxide + Oxisulfide

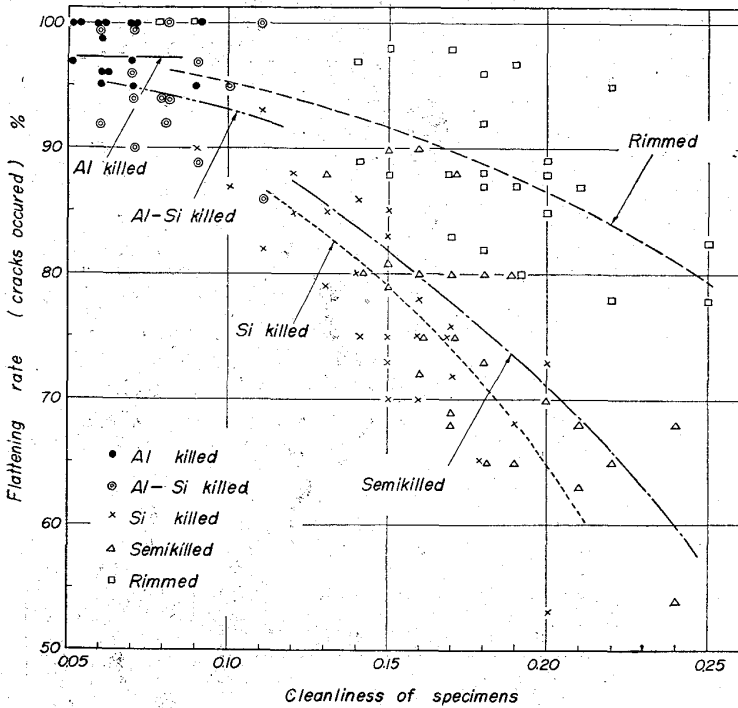


Fig. 1. Relation between cleanliness of specimen and flattening rate at which cracks occur.

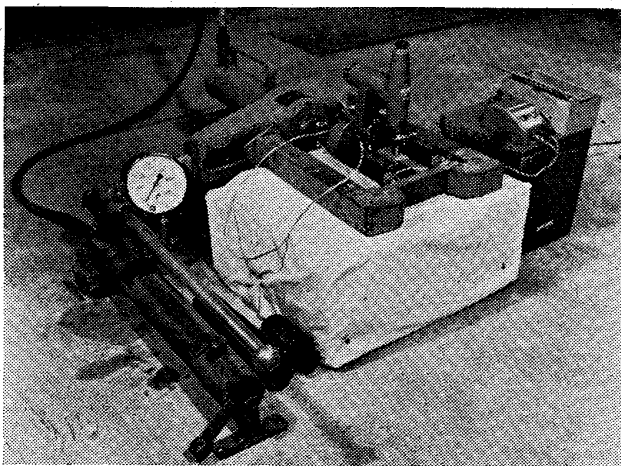


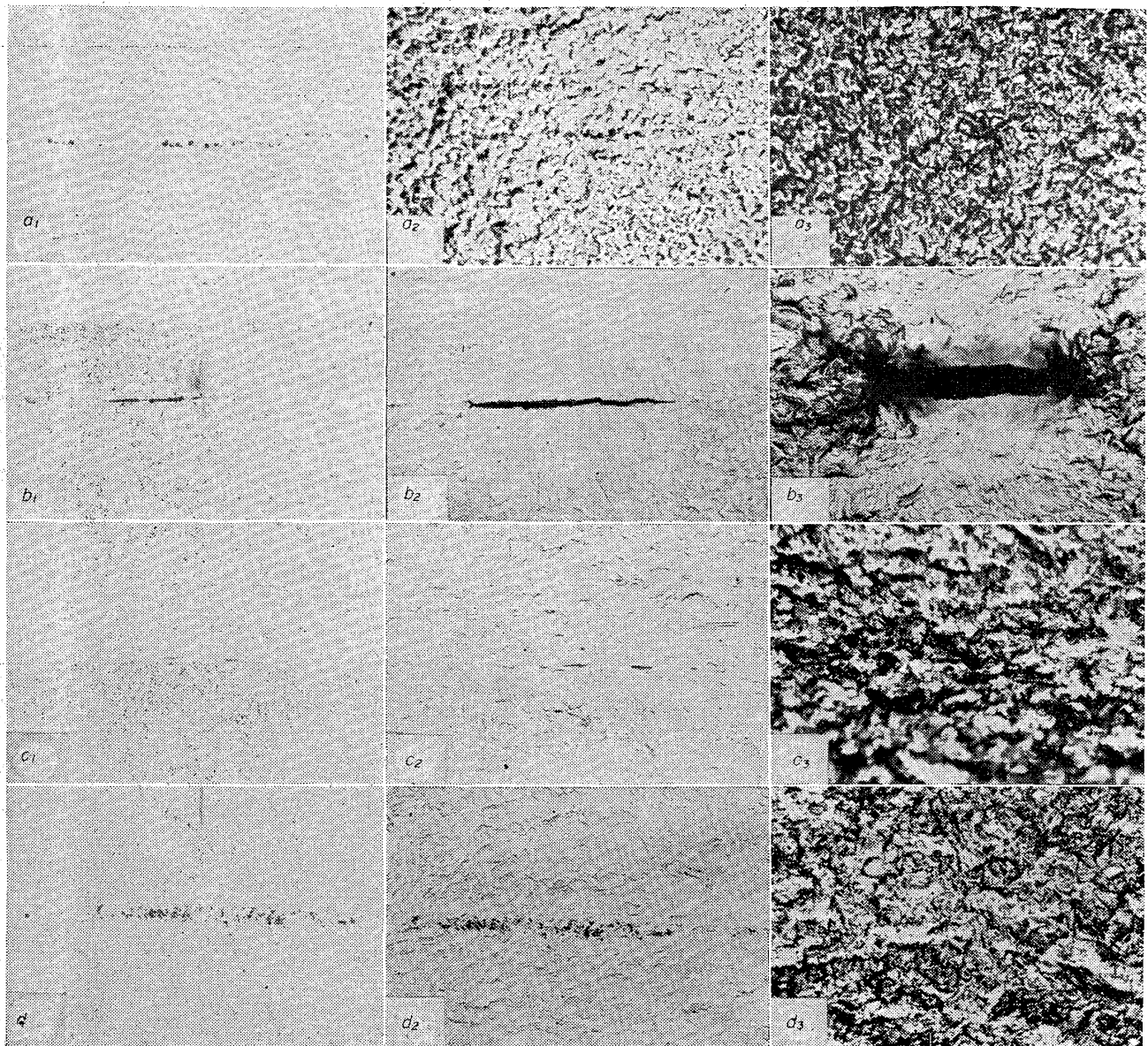
Photo. 2. Experimental apparatus for microscopic examination at flattening test.

ド鋼, セミキルド鋼およびリムド鋼について試験した。各チャージの管から多くの試料を切り出し, それぞれ介在物の清浄度の測定と各種の機械試験を行なった。



Photo. 3. The appearance and growth of crack from a non-metallic inclusion (silicate) by flattening test. (microscopic observation of cross section of tube)

Table 2 に介在物の化学組成と清浄度を示した。介在物の分析値は任意の 5 コの試料の平均値, 清浄度は全試料の平均値である。



a: alumina inclusion, b: silicate inclusion, c: sulphide inclusion, d: oxide inclusion. a₁, b₁, c₁, d₁: before flattening test. a₂: flattening rate 40%. b₂, c₂, d₂: flattening rate 20%. a₃, b₃, c₃, d₃: flattening rate 100%.

Photo. 4. The appearance and growth of cracks from non-metallic inclusions by flattening test. (microscopic examination of outside surface of tubes) $\times 100(1/2)$

3. 試験結果とその考察

3.1 引張試験

12号試験片(JIS)により引張試験を行なったが、清浄度と引張強さ、降伏点、伸びなどには相関関係は認められなかった。

3.2 扁平試験

電縫部を圧縮方向の直角位置にして扁平試験を行なった。この扁平試験値と介在物清浄度との関係をFig.1に示す。これで見ると全般に介在物清浄度の悪いものほど扁平試験値は良くない。またAl₂O₃介在物を主とするAlキルド鋼、Al-Siキルド鋼や粒状酸化物や楕円形の硫化物-酸化物を主とするリムド鋼の扁平値は良く、清浄度の影響も少ないが、珪酸塩介在物の多いSiキルド鋼やセミキルド鋼は扁平値は悪く、清浄度の影響が大きい。

この原因を究明するために、小型油圧プレス機にセッ

トした顕微鏡(Photo.2)によつて観察しながら扁平試験を行ない、電縫部の割れの発生と介在物の形態との関係を調べた。Photo.3は管の端面より観察したもので、割れはメタルフローに沿つた介在物を起点として発生している。Photo.4は管の外表面より観察したもので、これで示すように、割れの発生は介在物の形態によつて異なり、珪酸塩介在物に最も割れが発生しやすく、Al₂O₃やMnOの粒状介在物は割れが発生しにくい。これはPhoto.1に示すメタルフローの関係から電縫部では、扁平試験の際に、板厚方向に引張る場合と同様な力が作用するので、珪酸塩のような鋭い端部を持つ介在物では、その端部に大きな応力集中が起る結果と考えられる。この応力集中は端部の曲率半径が小さいほど、介在物の長さが長いほど大きい²⁾。Al₂O₃やMnOの粒状介在物は応力集中が小さく、点々と連つている場合でも粒径の倍以上に離れている時はほとんど相互の影響がないの

で³⁾⁴⁾、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。DIETER¹⁾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、FORREST²⁾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³⁾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

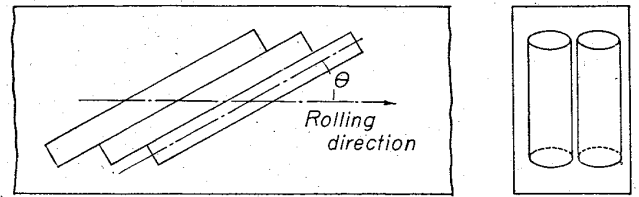


Fig. 1. Cutting-off direction of specimens.

し、 45° 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 (10ϕ) 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 θ in Fig. 1 degree	Yield point (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	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

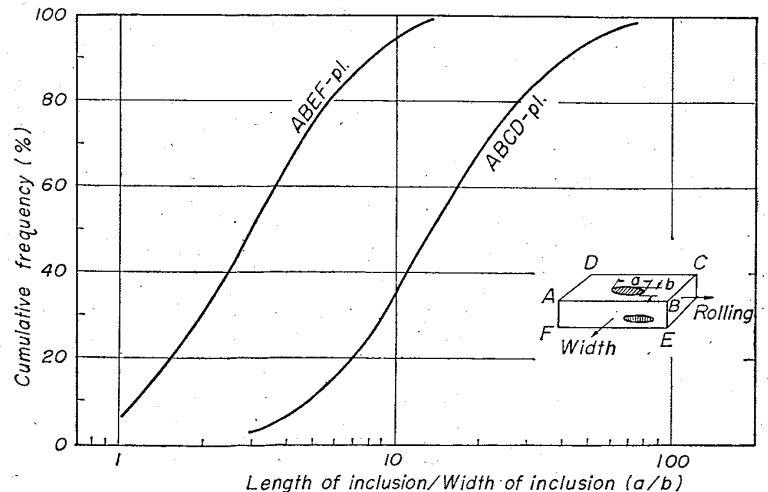


Fig. 2. Geometry of deformed inclusion.