

状効果であるためと、混合比が一定であれば、学振法で測定した介在物清浄度も一定になるという理由によるものである。

欠陥波高に対して Al_2O_3 のみが鈍感であつたことは、 Al_2O_3 が圧延で変形しにくく断続して散在するために、超音波が散乱されて欠陥波を明瞭に形成しないためと考えられる。これに対して、 MnS および $2MnO \cdot SiO_2$ はいわゆる A 系統の伸びやすい介在物であるため、界面が平滑で広く、超音波の反射が散乱されずに行なわれるためであろう。底面波の減衰に対しては上記と異なり、 Al_2O_3 でもかなりの影響を与えるが、やはり断続しているために、他の介在物より影響が少ないものと考えられる。

板厚方向の引張強度に対する影響は、主応力の方向が超音波の方向と一致するので、当然超音波探傷図形との相関が予想される。特に Fig. 4 の欠陥波高は明瞭な相関性を示しているが、減衰の場合は Al_2O_3 のみ別な関係となつている。これは面積率が一定なら、界面が平滑で広い介在物のほうがその両端における応力集中度が高く、同時に欠陥波高も高くなる傾向と一致するため、減衰についてはこのような傾向の一致がみられないために相関性は異種介在物の場合異なつてくるものと推察される。

音響インピーダンス、密度、ヤング率等の影響も、上記欠陥波高の検討において考慮されねばならないが、それぞれの介在物における物性常数が不明なので、今後さらに研究を要する。また圧延温度、圧延比、素材の材質等の影響についても今後検討を要する問題であろう。

5. 結 言

人工的に介在物を埋込んで圧延した厚鋼板の超音波探傷と板厚方向の引張試験を行ない、圧延で伸びやすい MnS と $2MnO \cdot SiO_2$ は欠陥波高が高く、引張強さを低下し、 Al_2O_3 は伸びがたいために欠陥波が小さく、引張強さを低下しないことを認めた。この関係は成品鋼板でも認められた。また実用性試験の意味で、十字型溶接継手引張試験を行ない、介在物の拡がり問題であることを認めた。

(討-19) 人工的に挿み込んだ介在物と鋼の機械的性質

富士製鉄, 中央研究所

工博 小池与作・○小泉真人・工博 古川 敬
Effect of Artificial Inclusions upon Mechanical Properties of Steel.

Dr. Yosaku KOIKE, Mahito KOIZUMI
and Dr. Takashi FURUKAWA.

1. 結 言

非金属介在物と鋼の機械的性質との関係についての報告はかなり多いが、定量的に明確な結論が得られていない。その一因は、現象に対する要因数がありにも多く、介在物のみに関する単一因子を独立に変える実験が実際上困難なことである。この観点から、本研究では試験鋼種として Si-Mn 系低合金鋼を用い、介在物の量および種類のみを独立に変え、他の条件を均一に揃えた試料を製作し、その存在状態を確認して、機械的性質と介在物条件との関連をできるだけ明確にしようと試みた。

2. 実験方法

試料調整法の特徴は2個の鋼片間に希望する介在物粉末を散布させて挿み、熱間圧接して試験片素材を得たことである。散布した介在物の分布は試験片の表面にまで達している場合と介在物が中心線付近のみに存在して、表面にはおよんでいない棒材の場合の2通りをえらんだ。Table 1 に供試鋼材の成分ならびに清浄度、結晶粒度を示し、Table 2 に挿み込んだ介在物とそれ等の介在物を挿んで熱間圧接して作った素材を示す。Fig. 1 はこれらの素材および各種試験片の製造法並びに切出し方向を図解したものである。まず挿み込んだ介在物が試験片の表面にまで達している場合について述べる。Table 2 に示したように試験介在物は3種類で、それぞれ平均粒径 50μ 程度および 5μ 程度のものについて試み、しかも各場合において比較的密に散布した場合、および粗く散布した場合について実施した。介在物試薬を均一に散布した面を内側にして鋼片を重ね、周囲を溶接し、 $1200^\circ C$ に加熱の後、プレスにより境界面に垂直に加圧、圧接して 20 mm 厚の板状試料 (圧下率約 70%) を得た。比較のために、介在物を散布せず単に熱間圧接した試料と、さらに原鋼材そのままを $1200^\circ C$ で熱間プレスした試料をも準備した。引張および衝撃試験片は Fig. 1 に示した以外に同図の Z 方位を長手方向とした試片も切出したが、この場合に長さが不足するので同鋼種を溶接して延長した。次に介在物が中心線付近のみに存在して、表面にまで達していない場合の試片の製造もほとんど

Table 1. Steels used for specimens.

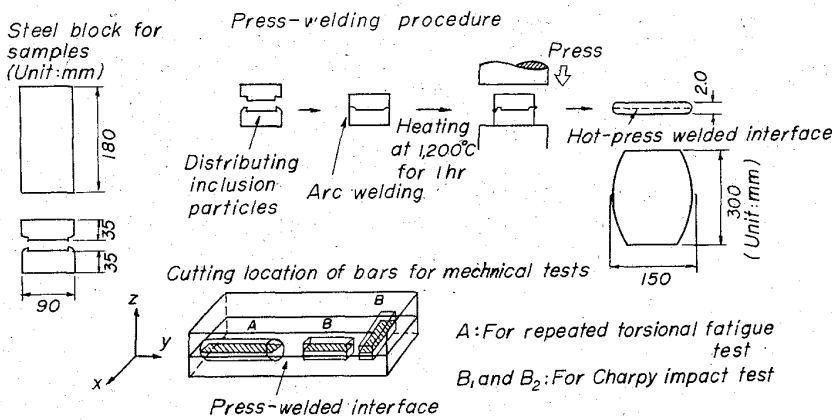
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Al	After made up	
								Cleanliness*	Ferrite grade
Press-welded	0.17	0.38	1.47	0.01	0.01	0.11	0.006	0.062	8.5
Press-welded and rolled	0.22	0.97	1.44	0.01	0.01	0.10	0.036	0.092	10

* Determined by point counting method.

Table 2. Materials and preparation for samples.

Inclusion materials	Nominal	Al ₂ O ₃ powder	MnS · MnO powder	Mn-silicate powder
	Composition*	α-Al ₂ O ₃	α-MnS : 56%, MnO : 44%	MnO · 2·3 (SiO ₂)
Sample preparation	Al ₂ O ₃	Sample No. 1 2	Original inclusion particle size mean diameter (μ) 5	Distribution of particles on planes to be press-welded Relatively dense // rough
	Mn-silicate	5 6	5	// // dense rough
	11 12	50	// // dense rough	

* Determined by X-ray diffractions and chemical analyses.



Procedure for press-welding and hot rolling of specimens.

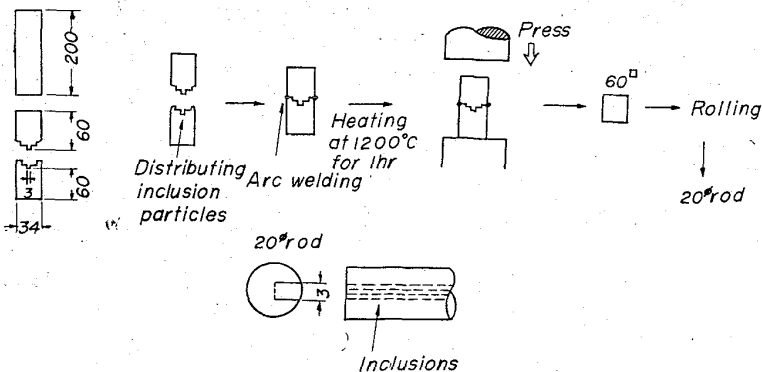


Fig. 1. Technique for making samples.

と同様であるが、介在物を試片中心線付近のみに集めるため、最初に素材鋼片の圧接面中心に 3mm 巾の溝を切つて、その中に介在物粉末を均一に入れたことと、圧接後溝形ロールで圧延して 20mm 径の棒材に仕上げた点が違っている。この場合の試験介在物は Al₂O₃ および MnS · MnO 混合物のみで、いずれも平均粒径 50μ だけとした。これらの各試験片はいずれの場合も組織上の条件をそろえるため 850°C × 1 hr 加熱、焼準後切削した。機械試験は引張、衝撃、疲労の各試験を行なつたが、疲労試験については 3000 cpm でシユンク振り試験を行ない S-N 曲線を求め若干の試片について破面からレプリカを採り電子顕微鏡により観察した。各試片の介在物量は Fig. 1 の B₁, B₂ 方位から得た衝撃試験片を利用し詳細に測定した。圧接面上の介在物長さを 5μ ごとの大きさ別に長さの和を求め、測定域全長に対する比を算出し、これを x, y 方位について求め、その積から大きさ別の存在面積比を求めた。さらにすべての大きさに対する値の総和を得て介在物存在総量とした。圧延した棒材の場合は介在物の正確な測定は困難であつたが、横断面で大きく見えるものは長手方向にも大きく入つていであろうと仮定して計算した。圧接面は光学顕微鏡観察によると極めて良く密着し、金属組織的にも連続であることがわかつた。

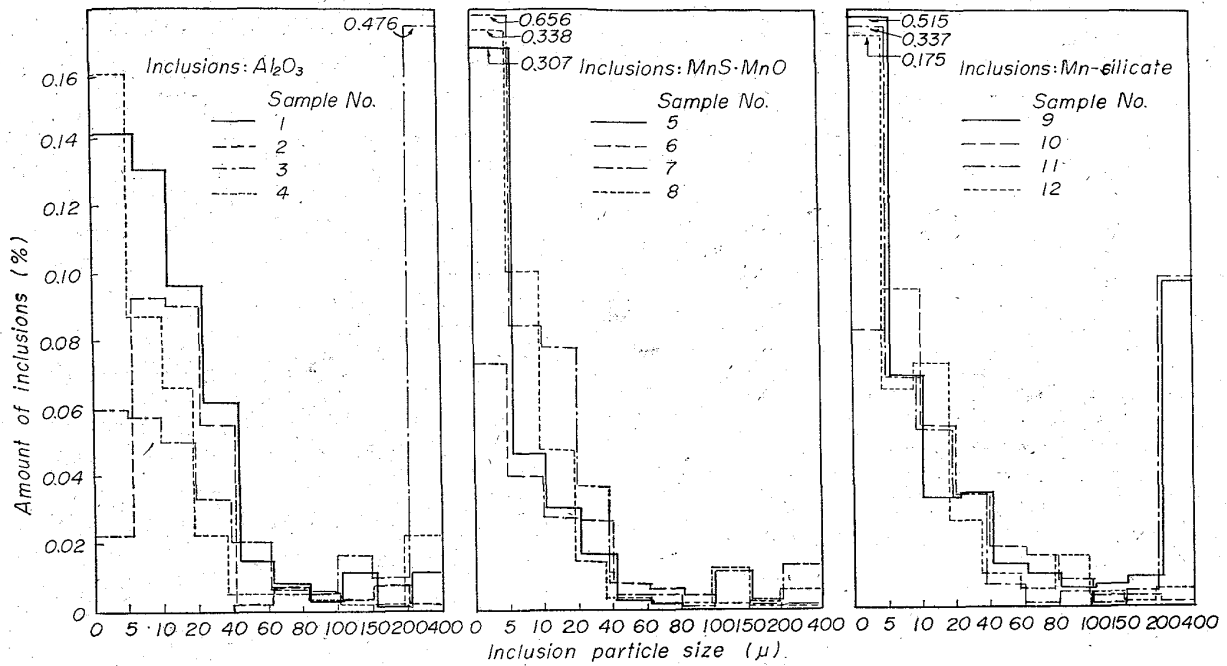


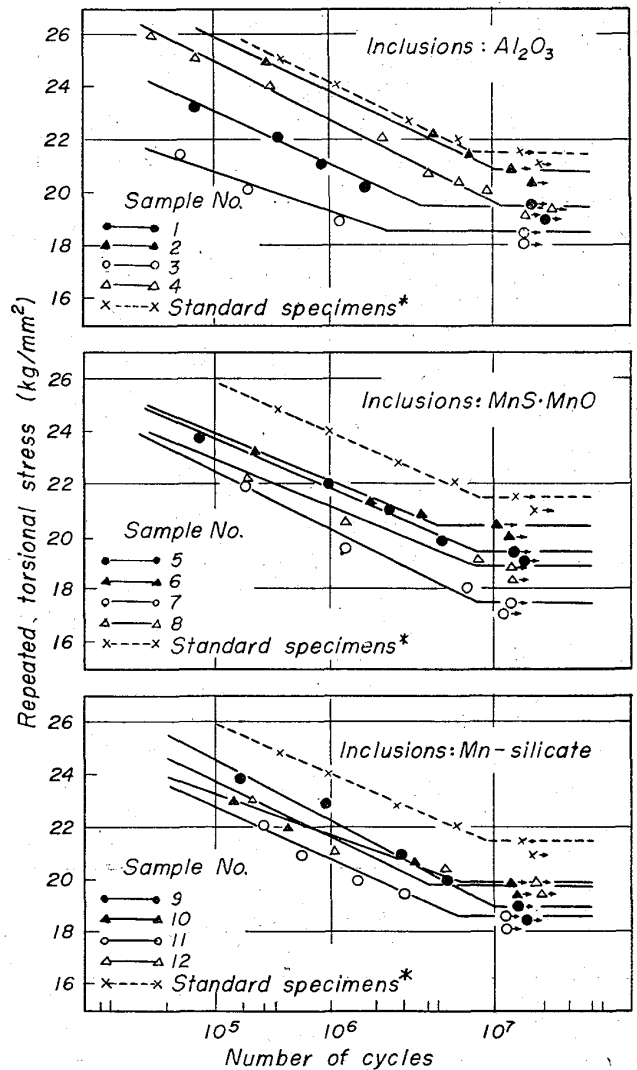
Fig. 2. Amount of inclusions of each particle size.

Table 3. Total inclusion content at the press-welded interface of each sample after made up.

Inclusions	Sample No.	Total inclusion content (%)
Al ₂ O ₃	1	0.484
	2	0.293
	3	0.740
	4	0.379
	13	1.453
MnS·MnO	5	0.416
	6	0.194
	7	0.896
	8	0.551
	14	1.388
Mn-silicate	9	0.797
	10	0.318
	11	0.612
	12	0.384

3. 結果および考察

引張試験結果では圧接面に垂直方向の強度は原鋼材本来の強度とほとんど同一であり、介在物の種類および量による明瞭な差はみられない。しかし破面を見ると圧接試料は絞りがほとんど現われず、外見上脆性破面を呈している。同様な破面の異常性は介在物を入れず単に圧接した試料においても見られたが、介在物の有無による伸びの差は明らかに現われている。一方疲労試験片の破面は含有介在物により若干異なるが、介在物を入れずに圧接した試料と原鋼材のままの試料との間にはほとんど差がなく、得られた S-N 曲線も全く同一であった。衝撃試験においては、圧接面を劈開する方向にノッチを入れた場合は介在物の質および量にほとんど無関係に衝撃値



* Press welded without addition of inclusions.

Fig. 3. Repeated torsional fatigue test results of press-welded specimens.

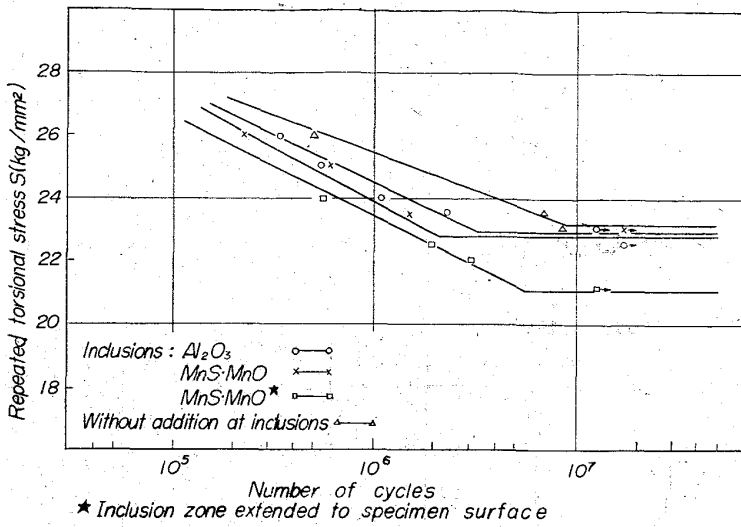


Fig. 4. Repeated torsional fatigue test results of press-welded and hot rolled specimens.

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で、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.

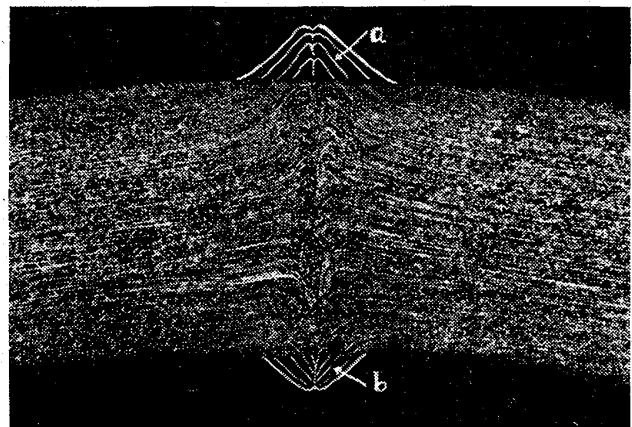
Naohiko MIZUNO.

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)