

Fig. 2. Concentration distribution in spheroidal inclusions. Sponge iron.

分は各々下記の如くであつた。即ち
 桃色部: Fe 13.4%, Mn 9.7%, Si 0.8%, Al 6% その他微量
 黄色部: Fe 6.4%, Mn 29.1%, Si 3.3%, Al 41% その他微量
 これをそれぞれ合

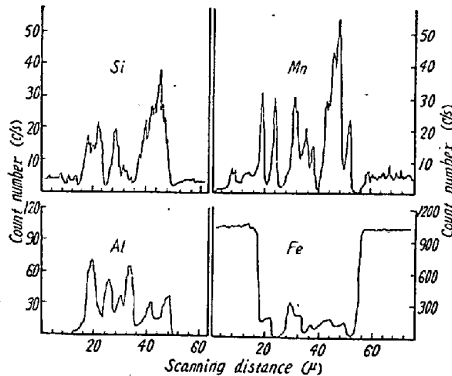


Fig. 3. Concentration distribution on sand marks in steel.

計すると 29.9% 及び 42.9% となる。残りは大部分 O_2 と考えても、その化学式は複雑となる。これは、地キズの場合には、種々の型の物質が複化合物として存在するばかりでなく、単なる化合物が混入しているからと考えられ、さらに地キズの表面は起伏があるために、その影響を受けるためと推定される。従つて定性的には適するが、定量となると注意を要する。

(4) Mn で脱酸した場合の非金属介在物

3 kg の高周波誘導電気炉で純鉄を溶かし、これに Fe_2O_3 の粉末を添加した後、電解マンガンを加え、鑄造後 10mm 角棒に鍛造した試料を用いた。鍛造の際に割れを生じたので、その近辺にある介在物を調べた。即ち灰色をしたものと濃灰色をしたものがあり、共に若干延びた型をしていた。測定の結果、前者は Mn 約 0.9% を含む FeO に相当し、後者は約 2% の Mn を含むものであることが分かつた。即ち、さらに褐色がかかるに従い、Mn の量が増加してゆくことが判明した。

(5) その他、ステンレス鋼などの介在物については紙面の都合で、発表当日に示す。

以上をまとめると次のことが言える。

(a) 試料の研磨は普通の場合と同様で差支えない

が、凹凸の多いものは不適當で、特に地キズなどの場合には注意を要する。

(b) 非金属介在物の定性は容易であるが、定量については今後更に検討を要する(本実験では測定値の補正は Castaing の方式及び Wittry の方式の両者を採用した)。

(c) 硫化物の場合には、Fe、Mn 及び S の値にかなりの変動がある。これは Mn 及び S が蒸発し易いことに主要原因があり、更に、介在物自体のマトリクス中への入り込んでいる深さが浅いためにマトリクスの影響を受け易いためと考える。

(d) 電子線のスポットは $1\mu\phi$ まで絞り得るが調べる対称物の大きさに応じてその大きさを変える方が妥当であろう。

(e) 本装置では、元素分析であること及び O, N, H などの元素は検出出来ないことから、非金属介在物の化学式は構造式は計算によつて推定せねばならない。従つて、組成成分の数の多いもの場合には、決定がむづかしくなることがある。

(128) 鋼板の超音波探傷図形におよぼす非金属介在物の影響

八幡製鉄所技術研究所

青木 宏一・権藤 永

○日吉 末広・佐々木幸人

Effect of Nonmetallic Inclusions on the Ultrasonic Test Figure of Steel Plates.

Koichi AOKI, Hisashi GONDOH

Suehiro HIYOSHI and Yukito SASAKI

I. 緒 言

近時超音波探傷法が急速に普及し、従来、鋼材内部欠陥の検出のみに用いられていたのが、定量的に欠陥を判定する段階にいたり、厚鋼板の探傷においては、すでに詳細な研究が行われ、探傷器の特性、探傷条件、探傷図形の分類等については統一した結論に達している。しかし実際の運用にあつては超音波図形の解釈や欠陥の有害性に関してしばしば意見が一致せず、特に商取引に利用される場合、その解決に困難を極めることが多い。

これは超音波探傷法そのものが、欠陥の有害性について一義的なインフォメーションを与えないことに起因するもので、さらに細かくいうと、探傷図形による欠陥の種類判別が不可能なこと、その欠陥の機械的性質に対

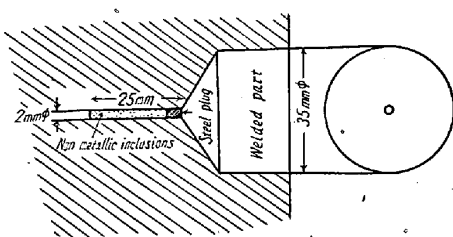


Fig. 1. Illustration of the nonmetallic inclusion packing into steel.

する影響が不明なこと、および使用条件から要求される鋼材の健全性が不明確なことの3点に分けることが出来る。

本報告は人工介在物を用いて、その種類と超音波エコーおよび機械的性質の相互関係について研究したものである。

II. 試料および実験方法

欠陥エコーの大きさは、欠陥における超音波の反射率によつてきまる以上、欠陥の種類、大きさ等によつて当然異なる筈である。例えば圧延中における介在物の変形能によつて反射の有効面積や界面の平滑さが変わり、これらが欠陥エコーに対しても差異を生ぜしめることになる。

上記の点を明らかにするために、鋼中にいろいろな介在物を埋込んで圧延し欠陥エコーおよび機械的性質との関係を調べた。

試料として低炭素リムド鋼ビレット底部リムより 100×200×200mm の素材を採取し、黒皮を除いて高感度で超音波探傷を行い。

欠陥の皆無であることを確かめた上で Fig. 1. のような寸法の孔をあけ 2mmφ×25mm の部分に別途作成した三種類の介在物を充填した。これらの介在物はいずれも 200mesh 以下に砕いた Al₂O₃, 2MnO.SiO₂, および MnS で、Table 1. のようにそれぞれ 80mesh の純鉄粉といろいろな割合で混合し、充填後ハンマーで叩いて十分加圧し、軟鋼で栓をし、35mmφ の孔を鋼片表面まで肉盛溶接して閉塞した。鋼片は 1200~1300°C に加熱し、900°C 以上で、埋込介在物の長手方向と直角に圧延し空冷した。これより、介在物を含む部分は、巾約 20mm で圧延比に対応した長さ、厚さをもつ平板状（厳密には偏平な楕円柱状）に拡げられる。この平板状介在物に垂直方向から超音波探傷を行い、その結果と圧延比、介在物混合比、板厚方向引張試験結果などとの相関性について検討を加え一部顕微鏡観察も行った。

Table 1. は実験に用いた各介在物の体積混合比（介在物/鉄粉）。およびそれを埋込んだビレットの圧延比を

Table 1. Preparation of inclusion specimens.

Nonmetallic inclusions	Mixing ratio (Inclusion/iron powder)	Rolling ratio
Al ₂ O ₃ (Alumina)	5 (vol.%)	1/8
	10 "	1/4, 1/6, 1/8, 1/10.
	20 "	1/8
MnS (Manganese-sulphide)	5 "	1/8
	10 "	1/4, 1/6, 1/8, 1/10.
	20 "	1/8
2MnO. SiO ₂ (Tephroite)	5 "	1/8 1/10
	10 "	1/4, 1/6, 1/8, 1/10.
	20 "	1/8

示す。介在物の純度はいずれも 95% 以上である。介在物を埋込んだビレットから Table 1. に示す圧延比で鋼板に圧延した後、次の条件で超音波探傷を行った。

探傷器：島津TN54, 3Mc (20mmφ 水晶片)
 探傷感度：学振 I 型 STB, V₁₇=30% { P.L=10.0
 G.=8.0
 探傷法：-探触子直接接触法（媒質：マシン油）

III. 実験結果および考察

1) 介在物の変形能

2mmφ の介在物が圧延比に対してどの程度に伸ばされたかを、試料を切断して測定した結果、介在物長さの増加率は MnS と 2MnO.SiO₂ の場合は、ほぼ一致しているが、Al₂O₃ はこれより小さく、変形し難いことがわかった。

2) 介在物と探傷図形の関係

超音波の減衰を表わすのに、飽和していない6番目の底面波高 B₆ をえらび、人工介在物による欠陥部と無欠陥部における B₆ の比をとり、また圧延比の変化による板厚の差をなくするためにその逆数を乗じ、

$$\eta = (1/\text{板厚}) \times (\text{無欠陥部の } B_6 / \text{欠陥部の } B_6)$$

なるパラメーターを用いて、これと圧延比との関係をしらべたところ、MnS のηは圧延比が 1/4→1/8 までは上昇するが 1/10 となると減少し、Al₂O₃ はほぼ単調に圧延比とともに上昇し、2MnO.SiO₂ (10%) は圧延比 1/10 で急激に上昇し、2MnO.SiO₂ (5%混合) は Al₂O₃ と同程度の減衰を示した。介在物によって差があるのは、圧延時の変形能、音響インピーダンス、および、圧延による形状の変化、すなわち界面の平滑の変化によるものと思われる。同様のことは Fig 2. の欠陥波と圧延比の関係においても認められ、Al₂O₃ は圧延比が増す程 F₂/B₂ が減少して圧延比 1/8 で 0 となり、MnS は圧延比 1/6~1/8 にピークがあつてその前後で減少し、5% 混合比の 2MnO.SiO₂ は変化が少ないが、10% 混合の場合は急昇している。Al₂O₃ は個々の粒子

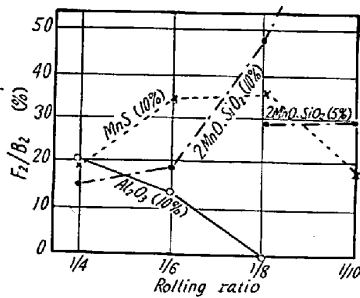


Fig. 2. Relation between defect echo and rolling ratio.

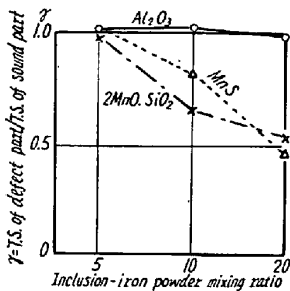


Fig. 3. Effect of inclusion-iron powder mixing ratio on the tensile strength in the thickness direction. (Rolling ratio = 1/8)

がわかった。

3) 介在物と機械的性質の関係

このような介在物は板厚方向の引張強さを低下することが予想され、介在物の形状が扁平で広い程強度の低下は大きく、その傾向は超音波の減衰や欠陥エコーの高さに対応するものと思われるから、それらの関係を実験した。用いた試験片は平行部の直径 5mm, G. L. = 6mm で平行部のほぼ中央の軸方向と垂直な面内に介在物を含んでいる。Fig. 3, は圧延比 1/8 の場合の板厚方向引張強さ比 ($\gamma = \text{欠陥部強度} / \text{無欠陥部強度}$) と介在物種類および混合比との関係を示し、実験された範囲では Al_2O_3 は殆んど強度に無関係であること、および MnS と 2MnO-SiO_2 は混合比がますます強度が低下することがわかった。

また底面波減衰を B_n/B_{n+1} であらわした場合、板厚方向強度に対する影響は介在物によつてあまりことならなかった。

IV. 結 言

人工的に介在物を埋込んで圧延した試料を用い、超音

波探傷図形に及ぼすいろいろな介在物の影響をしらべ、板厚方向の引張強度との関係について研究した。その結果、圧延時に変形しやすい介在物程欠陥エコーが大きく、強度を低下する傾向があることを確かめた。

が固くて変形しないので圧延比がますますつれて疎らになり、欠陥波は小さくなる。 MnS も 1/10 の圧延比では同様に F_2/B_2 が小さくなるが、 2MnO-SiO_2 (10%混合) は増加し、両者の変形能の差が認められる。

2MnO-SiO_2 (5%混合) は 10% 混合の場合より低い圧延比で変形能の限界が現われ、圧延比 1/8 ~ 1/10 では MnS における 1/6 ~ 1/8 に相当する水平部が認められる。次に圧延比 1/8 の場合の介在物混合比と F_2/B_2 および減衰との関係をしらべた結果、 MnS と 2MnO-SiO_2 は殆んど同様な傾向を示しているのに、 Al_2O_3 のみは同程度の介在物を含んでも超音波探傷で発見され難いこと

がわかった。

(129) スライム法によるリムド鋼鋼塊中の非金属介在物の研究

(スライム法による鋼中非金属介在物の研究—I)

富士製鉄室蘭製鉄所研究所

森永 孝三・理博 池野 輝夫
大庭 淳・○伊藤 幸良

Study on Nonmetallic Inclusions in the Rimmed Steel Ingot by the Slime Method.

(Study on nonmetallic inclusions in steel by the slime method—I)

Kōzō MORINAGA, Dr. Teruo IKENO,
Atsushi ŌBA and Yukiyo ITOH

I. 緒 言

鋼中非金属介在物の分布、組成及びその成因を調べる目的で、鋼塊試料についてスライム法の適用を試みた。スライム法は 1953 年以降ドイツで採用され、その結果についての報告がなされている^{1),2)} 本法では、多量の電解残渣から介在物を選別する方法をとっているため、比較的大型の介在物を対象とし、全介在物の定量的分析は出来ないが、一度に 10kg 近い試片を電解するので、他の介在物分離法に比べて、分析部分の平均試料が採取出来、大型介在物の分布については、再現性のある結果が得られている。しかしこれらの報告では、分離介在物の組織、特に化学組成、X 線廻折結果との関連については触れていない。

当所において、スライム法を適用するのは初めての試みでもあり、リムド鋼鋼塊についての試験から出発した。同法によつて電解した残渣から傾斜又は水筈法によつて、スライム分を除き、磁選によつて炭化物等の磁性分を分離後顕微鏡下で介在物の単離を行った。分離された介在物について化学分析、X 線廻折、顕微鏡組織の観察等を行い、更にこれらの結果について平衡状態図によつて考察し、新たに介在物の冷却過程における凝固、析出相の説明がついたので報告する。

II. 電 解 実 験

供試鋼塊は 200 t 塩基性平炉で精錬された低炭素リム