

いて、特に大きい実在欠陥があると伸び値がやや低下する傾向があつた。

5. 結 言

薄板の実在欠陥を非破壊的方法で検出してその大きさを数値化し、これを含む試験片を作つて各種の機械試験を行ない、実在欠陥が絞り加工において表面キズ発生の起点となることを確認し、また引張試験値にはほとんど影響しないことを認めた。

文 献

- 1) 牧野: NDI 資料 3242, (1965)

(討-18) 鋼中非金属介在物と板厚方向引張特性との関係

八幡製鉄, 技術研究所

工博 榎藤 永・佐藤 誠  
日吉 末広・○榊原 瑞夫

Relationship between Nonmetallic Inclusions in Steel and Tensile Properties in Thickness Direction.

Dr. Hisashi GONDŌ, Makoto SATŌ,  
Suehiro HIYOSHI and Mizuo SAKAKIBARA.

1. 結 言

非金属介在物が鋼材の使用上有害であるということについては、概念的に介在物周辺における応力集中によつて説明されているが、介在物の種類、分布、形状等の影響について研究された例はみられない。これは介在物が鋼材の不均一性、不連続性として本質づけられているだけでなく、その成因と頻度が、多分に確率的であるため、実態の把握が困難となり、機械的性質との関係がはなはだ不明瞭となるために外ならない。

最近急速に普及した超音波探傷は、非破壊的に内部欠陥の立体的分布を知るために有力な手段であるが、同一の探傷図形でも、その欠陥の本質の異同はもちろん、形状、分布に関しても、ユニークな知見を与えない。まして機械的性質との関係を論ずるには、上述の意味において極めて困難といわざるを得ない。したがつて介在物の種類、分布、形状、頻度等をできるだけ調整した試料を用いた実験が必要となる。

本研究では、上記の意味において人工的に埋込んだ介在物を含む鋼材を用い、厚鋼板の板厚方向の強度におよぼす介在物の影響を、超音波探傷を併用しながら研究し、実際の介在物の場合と比較検討し、さらに実用性を加味した破壊試験を行なつたものである。

2. 供試材および実験方法

試料として低炭素リムド鋼ピレットのリム部を、高感度の超音波探傷により欠陥のないことを確かめた上で、100×200×200 mm の素材を採取した。その 200×200 mm の面の中央に垂直に 35 mm 径の孔を約 30 mm の深さに穿ち、さらにその底部に 2 mm 径深さ 25 mm の細い孔をあけた。この部分に別途化学的に調製され、200 mesh に砕いた Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnS および 2MnO·SiO<sub>2</sub> を 80 mesh の鉄粉と各 5, 10, 20% の体積比で混合し

て圧入し、軟鋼で栓をした後、35 mm 径孔の部分を表裏まで肉盛溶接した。この鋼片を 1250°C に約 2 hr 加熱し、埋込介在物の長さ方向に直角に圧延空冷した。最終板厚は 25 mm, 圧延終了温度は約 900°C, 圧延比 1/8 であつた。

この鋼板試験材を下記探傷条件で超音波探傷し、介在物を含む部分より板厚方向の引張試験片を切出した。

探傷器: 島津 TN54

周波数: 3MC (20 mm 径水晶片トランスデューサー)

探傷感度: 学振 I 型 STB, V<sub>17</sub>=30%

探傷法: 一探触子直接触法

上記人工介在物圧入試験片とは別に、成品厚鋼板について超音波探傷結果と引張試験値の異方性との関係を調べ比較検討した。またこれらの試験はいずれも小型引張試験機によつたため、材料の局部的強度しか示さないので、実用試験の意味を考慮して、内部欠陥を含む厚鋼板の上下板面に垂直に引張部材を溶接した十字型引張試験片を作成し、その強度とも比較した。

3. 実験結果

Fig. 1 および Fig. 2 は、それぞれ超音波探傷の欠陥波高率 (F<sub>2</sub>/B<sub>2</sub>%) および底面波減衰率 (B<sub>n</sub>/B<sub>n+1</sub>) に対する介在物混合比の影響をしらべたものである。欠陥波に対して Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は他の介在物より影響が非常に少なく、減衰に対してもこの傾向が認められる。MnS と 2MnO·SiO<sub>2</sub> はいずれの場合も類似した傾向を示している。

Fig. 3 は介在物混合比と板厚方向の引張強さとの関係を示したもので、特に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は混合比の変化にほとんど影響をうけないが、MnS と 2MnO·SiO<sub>2</sub> は混合比の増加につれて同様に強度を低下する。その程度は混合比 10% までは急で、その後ややゆるやかとなる。

Fig. 4 は欠陥波と板厚方向引張強度との関係を図示したもので、波高が高いほど強度が低下し、この関係は介

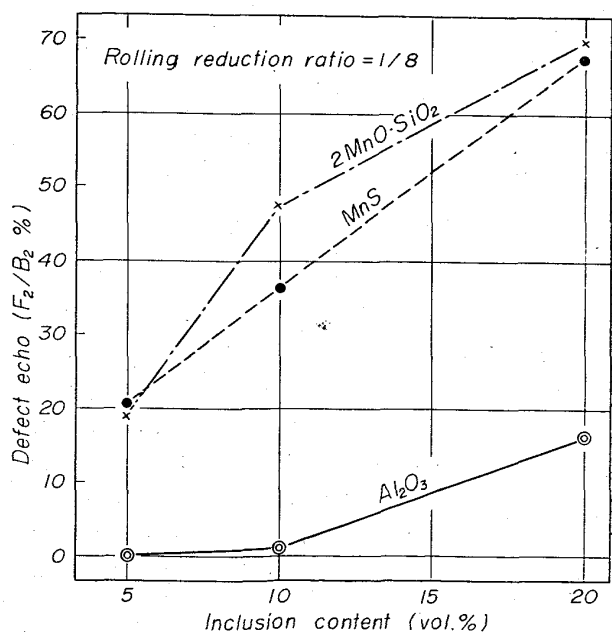


Fig. 1. Relation between the ultrasonic echo of defect and the inclusion contents.

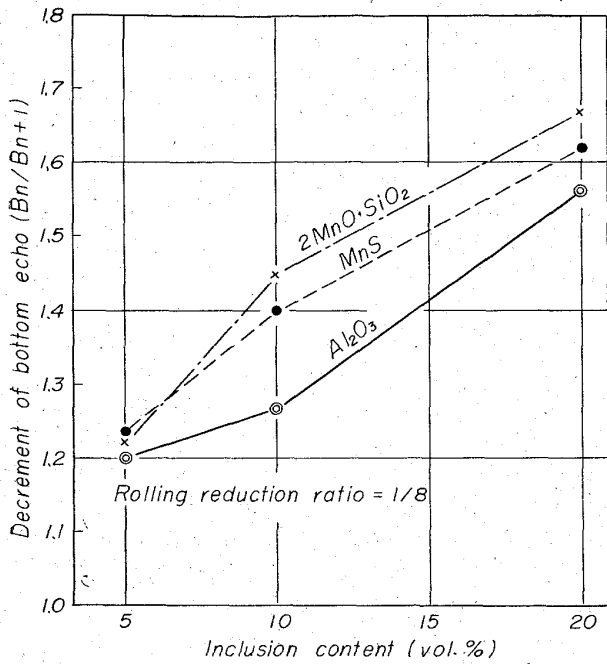


Fig. 2. Relation between the decrement of ultrasonic bottom echo and the inclusion contents.

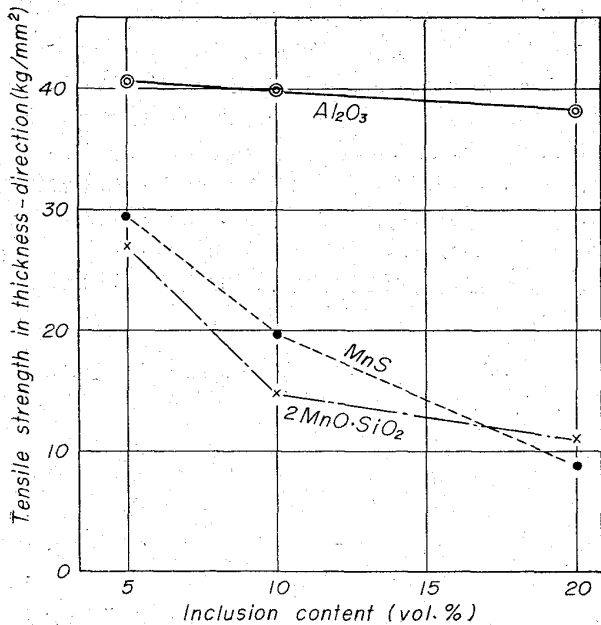


Fig. 3. Relation between the tensile strength in thickness direction and the inclusion contents.

在物の種類に関係なく、ほぼ一定の相関を示す。

一方底面波減衰と板厚方向引張強さとの関係は、 $Al_2O_3$ のみ他の介在物と全く異なつた傾向を示している。すなわち Fig. 5 に示すように  $MnS$  と  $2MnO \cdot SiO_2$  は類似した挙動で引張強さを下げるが、 $Al_2O_3$  はほとんど影響しない。

同様な実験を成品厚鋼板についても行なつた。すなわち板厚 25~78 mm の厚鋼板の超音波探傷位置の板厚方向の引張強度と、欠陥波および底面波減衰との関係をしらべたところ、前者については Fig. 4 とよく一致した結果を得たが、後者については明瞭な相関性が認められ

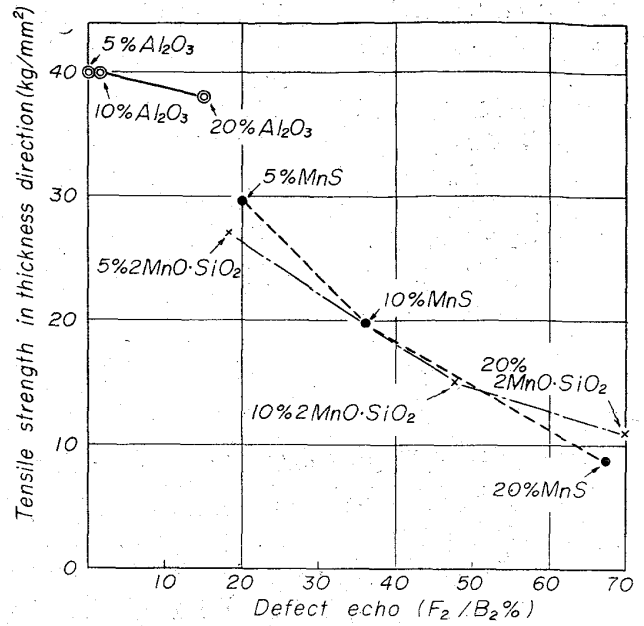


Fig. 4. Relation between tensile strength in thickness direction and defect echo for  $MnS$  and  $Al_2O_3$ .

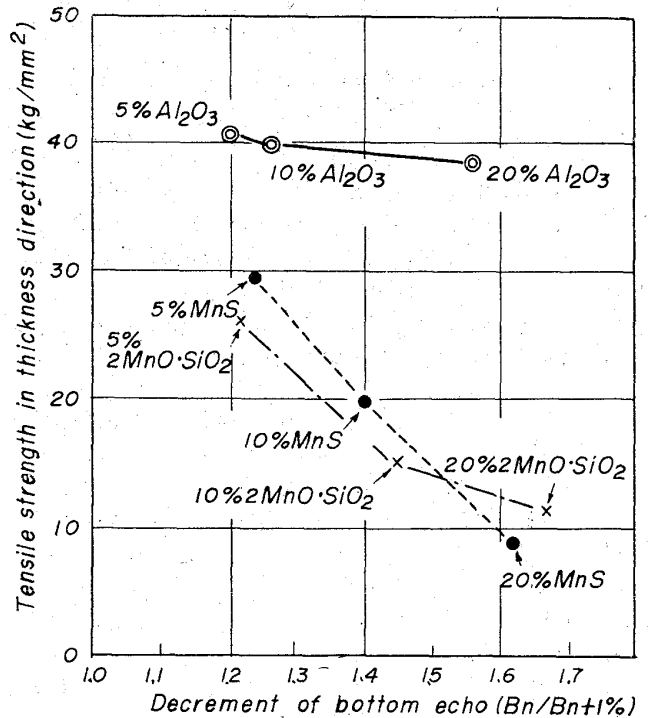


Fig. 5. Relation between tensile strength in thickness direction and decrement of bottom echo for  $MnS$  and  $Al_2O_3$ .

なかつた。

また欠陥を含む厚鋼板の実用性試験の一つとして、十字型溶接継手引張試験を行なつた結果、強度に対して介在物のマクロ的な拡がりの影響が大きく、局部的な介在物の分布や密度は二次的效果としてきくことがわかつた。

#### 4. 考 察

人工介在物試料の作製に当つて、混合比を体積比であらわした理由は、機械的性質に対する影響が主として形

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  $50\mu$  程度および  $5\mu$  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.