

70584

## 薄板ステンレス鋼の曲げ性と表面地疵に 及ぼす非金属介在物の影響\*

高橋 市朗\*\*・鋸屋 正喜\*\*・吉田 毅\*\*

### Effect of Nonmetallic Inclusions on the Bending Property and the Surface Defects of Cold Rolled Stainless Steel Sheets

Ichiro TAKAHASHI, Masayoshi OGAWA, and Takeshi YOSHIDA

#### Synopsis:

The effects of oxide and sulphide inclusions on the bending property and the surface defects of cold rolled sheet of 18-8 and 18 Cr stainless steels were investigated. The results are summarized as follows:

(1) The bending property of the sheet containing chromium-oxide as a main constituent of oxide inclusions is far superior to that of the sheet containing silicate.

(2) An increase in the sulphide quantity in the range of this experiment causes a decline in the bending property, but hardly affects other mechanical properties, with the exception of a slight deterioration of the Erichsen value on 18-8 stainless steel sheet.

(3) When the sulphide quantity is equal, chromium-oxide coexisting with sulphide inclusion improves the bending property far more than the other-oxide. This is due to the fact that the particles of chromium-oxide included in sulphides prevent the sulphides from the string-like elongation.

Consequently, in order to improve the bending property both in 18-8 and 18 Cr stainless steels, it is essential to reduce the amount of sulphide inclusion by lowering the sulphur content in metal and to provide oxide inclusions which are reluctant to take a stringer shape such as chromium-oxide formed by lowering the silicon content and increasing the manganese content in metal within the limit of specifications.

(4) Independent of the main constituent of oxide inclusions, chromium-oxide or silicate, surface defects and sand marks are formed whenever the oxide inclusions crowd locally, however, the defects occurring due to chromium-oxide can be removed not more easily than those due to silicate by mechanical surface conditionings.

Thus, while chromium-oxide formed by lowering the silicon content in metal considerably improves the bending property, it affects deterioratively on the removal of the surface defects.

(Received Nov. 24, 1969)

## 1. 緒 言

曲げ性は薄板のステンレス鋼では特に重要視される機械的性質の一つであり、介在物と深い関係のあることは周知の事実である。

一般に、介在物が少ないか、または比較的多くとも微細に分散しているときは曲げ性は良好であるといわれ、屈曲部に介在物の集合偏析部があるときは例外なく折損する。また、介在物の大きさも関係し、小さいものほど曲げ性はよいといわれる<sup>2)3)</sup>。更には、介在物の種類が曲げ性に及ぼす影響も大きく、大竹ら<sup>4)</sup>はセミキルド鋼の曲げ性の悪いのは、板表面直下のA系介在物によるものであつて、BおよびC系化された介在物は曲げ性に悪影響を及ぼさないとしている。この点について森永ら<sup>5)</sup>は、介在物の先端に生じた応力集中の相違によるものであろうと述べている。

本研究では、このような曲げ性と介在物の性状との関係を、はじめに 18 Cr ステンレス鋼について、ついで、

18-8 ステンレス鋼について検討した。特に、ここではステンレス鋼の通常の脱酸法である Si, Mn による脱酸にて生成した酸化物系介在物 (以下酸化物という)、ならびに硫化物系介在物 (以下硫化物という) に注目しこれらの構成元素である Si, Mn, S, O の鋼中での含有量と曲げ性との関係についても調査した。

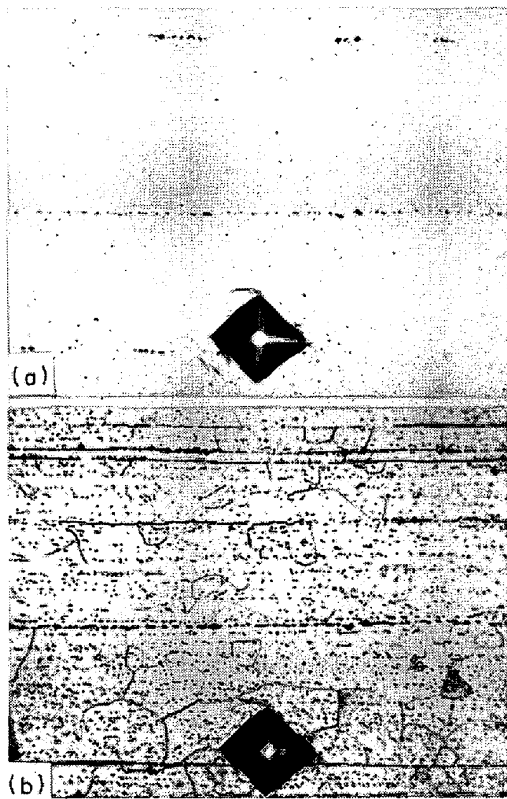
また、これらの元素の含有量を変化させることは、曲げ性にかなり効果的であることは容易に予想されるが、反面、製鋼法にも影響し、特に Si 含有量を変えることは、脱酸や酸化クロムの還元、溶鋼の流動性、注入時の酸化など、多くの問題点を残す。なかでも、このような製鋼法の微妙な差違から生ずる製品の地きずに及ぼす影響は軽視できない。すなわち、曲げ性の改善と地きずの問題は表裏一体のものであると考えられる。したがつて本研究では、とくに地きずの問題にもふれ、曲げ性を改

\* 昭和43年4月本会講演大会にて発表  
昭和44年11月24日受付

\*\* 日本ステンレス(株)直江津製造所

Table 1. Range of chemical composition (%) of 18Cr stainless steel hot coils (4.5 mm thick, 30 heats).

| Item      | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Cr    | Ni   |
|-----------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| $\bar{x}$ | 0.07 | 0.46 | 0.51 | 0.028 | 0.011 | 16.53 | 0.21 |
| Max.      | 0.09 | 0.59 | 0.66 | 0.031 | 0.015 | 16.88 | 0.34 |
| Min.      | 0.05 | 0.30 | 0.41 | 0.022 | 0.005 | 16.20 | 0.16 |



(a) As polished  
(b) Etched in glyceresia

Photo. 1. Stringer-type inclusions in cold rolled 18Cr stainless steel sheet (longitudinal cross section).  $\times 400$

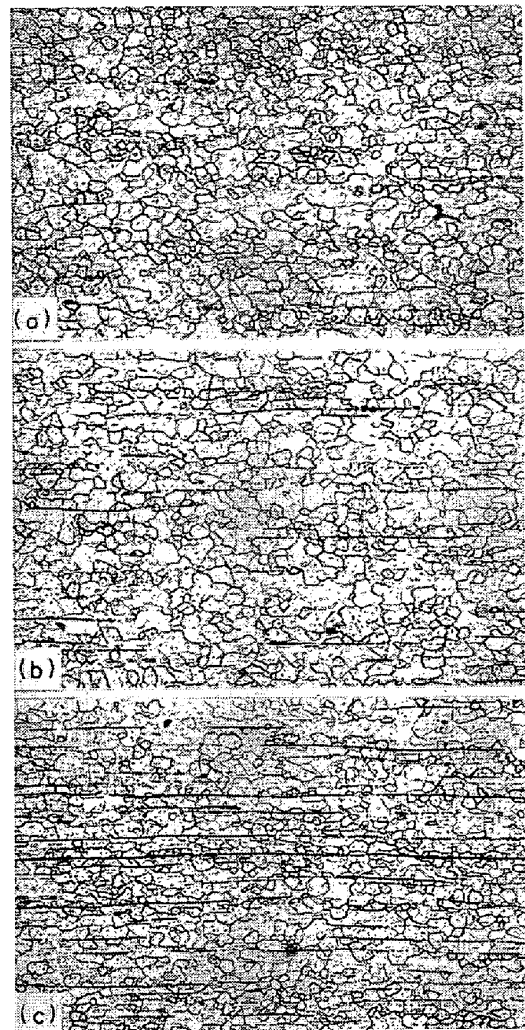
善するための処置が地きずにどのように影響するかについて若干調査した。

## 2. 18Crステンレス鋼板の曲げ性に及ぼす介在物の影響

### 2.1 実験ならびに調査の方法

供試料には、Table 1 に化学成分範囲を示した 30heat 4.5 mm 厚の熱延帯から 2.0, 1.5, 1.0 および 0.8 mm の 4 種の板厚に冷間圧延し、それぞれ、焼鈍 (820°C ~ 850°C) および酸洗を行なったものを用いた。

18Cr ステンレス鋼の曲げ性に影響する介在物は、ODAR<sup>®</sup>、CLARK ら<sup>7)</sup>によると紐状のストリンガー (介在物) であるとされている。これの代表的なものとして



(a) Stringer index=0 (b) Stringer index=1  
(c) Stringer index=2

Photo. 2. Reference standards of "stringer grade" in cold rolled 18Cr stainless steel sheet (etched in glyceresia on longitudinal cross section).  $\times 100$

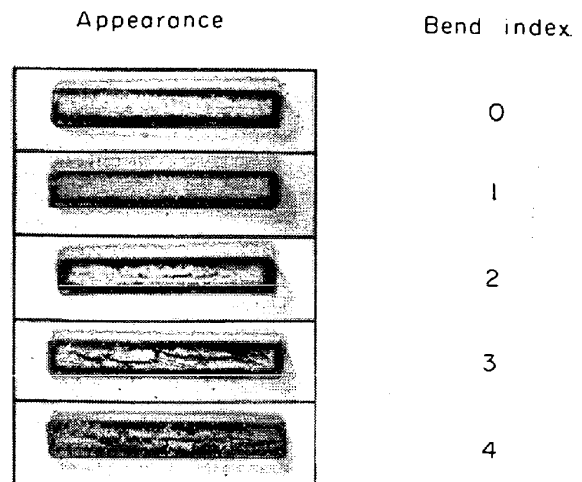


Photo. 3. Reference standard of cracking grade after bend test.

は硫化物があげられるが、Mn-シリケートなどの酸化物は熱間加工時には粘性変形して紐状を呈するが、冷間圧延ではこれが破碎されて連鎖状に並んで存在することが多く、しかもこれは 18Cr ステンレス鋼では量的にも多く、かつ曲げ性をかなり左右していると見られる。ただし細かい酸化物ならびに細く伸びた硫化物は研磨のままででは認知できないので、供試料を王水-グリセリンにてエッチングし、硫化物、酸化物を顕化し、かつ両者を区別することなく、これらすべての量と曲げ性との関係を求めることにした。エッチングによる顕化の例は、

Photo. 1 に示したように、研磨のままで大きなシリケート以外はほとんど判別できないが、これをエッチングすることによつて、薄い硫化物も細かい酸化物も顕化する。

本実験では、このようにエッチング後に現われる直線的配列の介在物を総称してストリンガーと呼び、その量的な度合を次のように等級分けして実験結果の解析を便ならしめた。

すなわち、Photo. 2 に示したように、識別されるストリンガーの密度をもつて 3 つのグループに大別し、これらに 0, 1 および 2 なる指数を付し、これを“ストリンガー指数”と称し、量的な規準を設けた。

また、曲げ性の評価については、

ナイフエッジ 90° 曲げ → 密着曲げ (曲げ軸は圧延方向に平行)

の曲げ試験を行ない、曲げ面に観察される割れの発生状況に応じて、Photo. 3 に示したような 5 等級に分類し、それぞれに 0~4 の指数を付し、これを“曲げ指数”と称した。

なお、曲げ試験はそれぞれの試料について 5 個ずつ行ない、曲げ性の評価は 5 個の試験片の平均指数をもつて表示した。

2.2 実験結果ならびに考察

Fig. 1 は、上記の 30 試料を用いて、ストリンガーと曲げ性との関係を求めた結果であり、明らかにストリンガーの多くなるに従い曲げ性が劣化し、板厚の厚いほどこの傾向が顕著である。

このように、18Cr ステンレス鋼の薄板製品の曲げ性

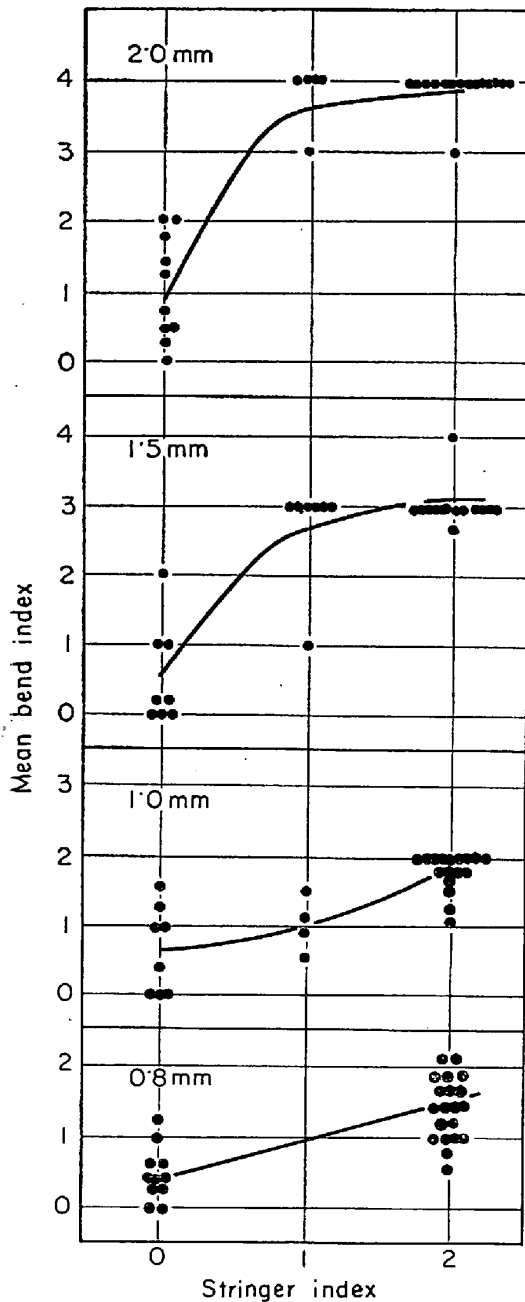


Fig. 1. Influence of "stringer index" on bending property of 18Cr stainless steel sheets.

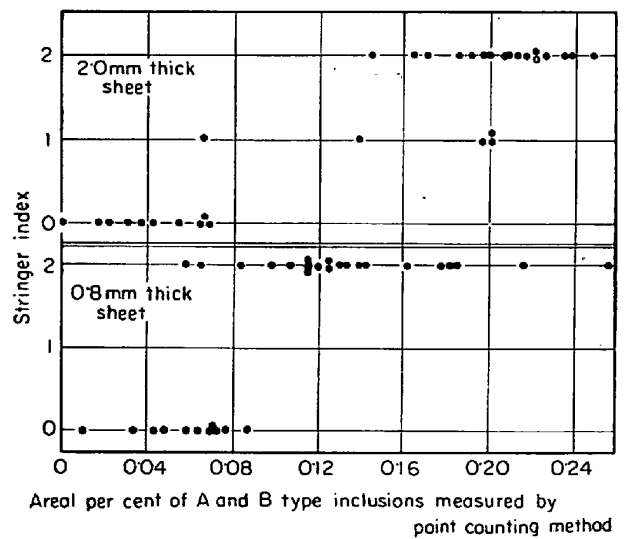


Fig. 2. Relation between the amount of A and B type inclusions and the stringer defined in Photo. 2.

Table 2. Relation between stringer index and Si, Mn and S content of 1.0 mm thick sheets.

| Stringer index | No of samples ( $n$ ) | Si% ( $\bar{x}$ ) | Mn% ( $\bar{x}$ ) | S% ( $\bar{x}$ ) |
|----------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 0              | 8                     | 0.365             | 0.592             | 0.0090           |
| 2              | 18                    | 0.479             | 0.449             | 0.0118           |

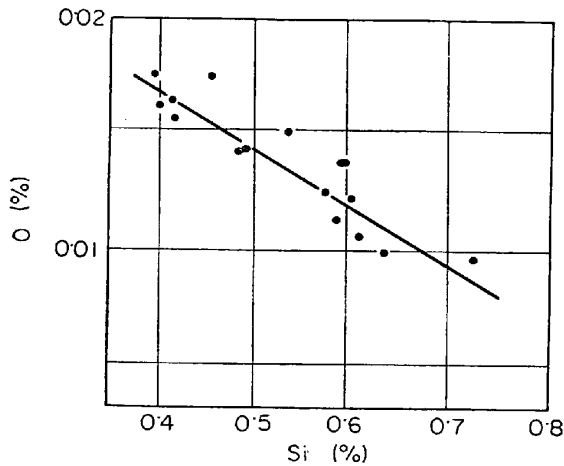


Fig. 3. Relation between silicon content and oxygen content in 18Cr stainless steel sheets.

は内在するストリンガー介在物によつて大きく左右されるものであるが、次に、このようなストリンガーの発生原因について検討した。

はじめに、全試料中の介在物の形態を学振第3法による分類によつて表わし、これとストリンガーとの関係を求めた。その結果は、Fig. 2のごとくなりA系およびB系介在物の総計がストリンガーを多くせしめていることがわかる。

ここに述べたA系介在物とは、MnSを主体とした硫化物であり、B系介在物とはシリケートが冷間圧延によつて破碎されたものであつて、これらの介在物の生成量は地金のSi, Mn, S, Oの含有量と関係があると考えられる。そこで、次にこれらの元素の含有量とストリンガーの発生程度を1.0 mm厚の鋼板について比較してみた。Table 2はその結果であり、ストリンガーの少ないものは平均してSi%, S%が低く、Mn%が高い、またFig. 3は供試料のうち、16試料についてSi%とO%の関係を示したものであり、Si%の増大とともにO%は低下している。したがつて、酸化物の量はSi%の増大とともに減少しているものと考えられる。

このように、ストリンガーを減少させるにはまず地金のS含有量を低下させる必要があるが、これはMnSな

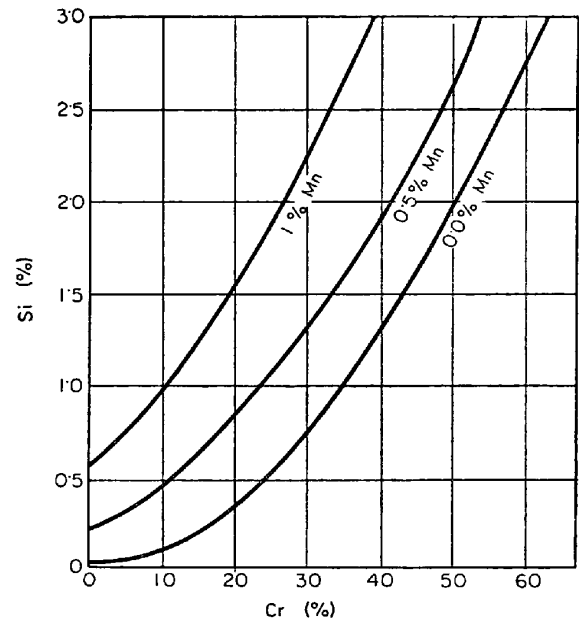
Fig. 4. Influence of manganese content on the solubilities of chromium and silicon in Fe-Cr-Si alloys in the presence of chromium oxide and silica at 1600°C. [KÖRBER et al.]<sup>9)</sup>

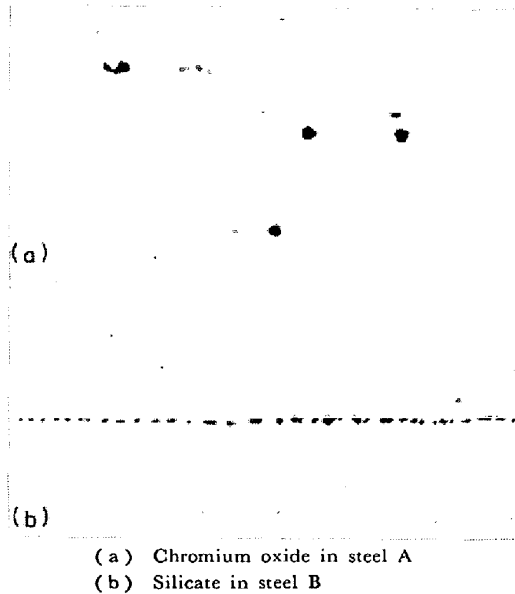
Table 3. Chemical composition (%) of samples.

| Steel | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Cr    | Ni   |
|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| A     | 0.07 | 0.30 | 0.66 | 0.023 | 0.007 | 16.64 | 0.13 |
| B     | 0.05 | 0.54 | 0.52 | 0.035 | 0.008 | 16.84 | 0.13 |

どの硫化物量を減少させることに関連する。また、Si含有量を減少させることは、Fig. 3に示したように、酸素量ひいては酸化物量を増大させることになり、一見、ストリンガーを多くするように考えられるが、Fig. 4に示したKÖRBERら<sup>9)</sup>のSi-Crの平衡関係(同様の関係はHILTY<sup>9)</sup>、あるいは小島ら<sup>10)</sup>によつて求められている)からも明らかのように、Si%を減少させるとCr系酸化物の生成があり、Cr系酸化物はシリケートのように熱間圧延で長く伸びたり、冷間圧延で連鎖状に破碎されることはきわめて少ないので、ストリンガーはほとんどなく、曲げ性も良好になる。

また、Mnの増大もストリンガーを減少せしめるが、これもFig. 4により、Mnの増大によつてCr系酸化物がより生成しやすくなつているためである。

今、一例として、Table 3に示したようなSi%, Mn%の異なる試料中の(1.5 mm厚の冷延板)の介在物を比較して示すと、Photo. 4のようであり、Si=0.30%の試料AにはCr系酸化物が圧倒的に多く、Si=0.52%の試料Bに見られるシリケートは全く見られない。したが



(a) Chromium oxide in steel A  
(b) Silicate in steel B

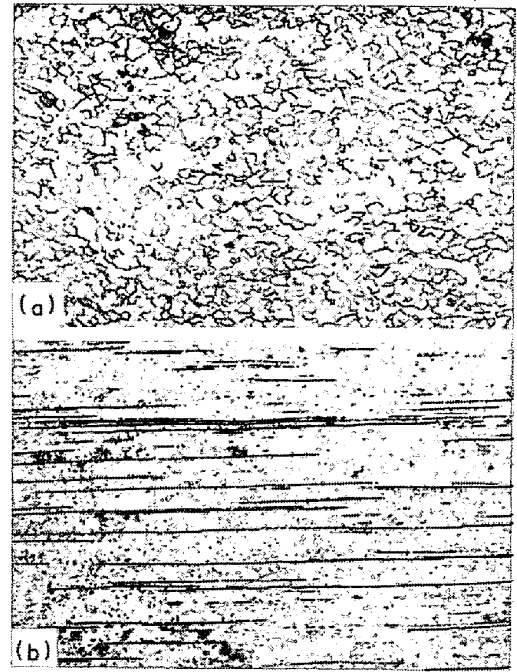
Photo. 4. Typical oxide inclusions in cold rolled 18Cr stainless steel sheet described in Table 3.  $\times 400$

つて、Photo. 5のようにストリンガの密度は明らかな相違を示し、曲げ性も Photo. 6のようにきわめて良好である。

### 3. 18-8 ステンレス鋼板の曲げ性に及ぼす介在物の影響

#### 3.1 実験方法

供試料の化学組成はTable 4に示したとおりであり、0.06%C-18.5%Cr-9.2%Ni-1.2%Mnを基本組成とし、Si含有量を0.35%および0.70%の2種類とした。すなわち、筆者らの前報<sup>11)12)</sup>によると、Si=0.35%ではCr-ガラクサイト( $\text{MnO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ )が、また、Si=0.07%



(a) Stringer free (Steel A of Table 3)  
(b) A plenty of stringers (Steel B in Table 3)

Photo. 5. Cross-sectional micro-structures of sheets described in Table 3 (etched in glyceresia on longitudinal cross section).  $\times 100$

ではMn-シリケートが酸化物の主体となっているものである。また、S含有量は0.010, 0.015, 0.020, および0.030%の4種を狙い、これらを組み合わせて計8種類の試料を溶製した。

鋼塊はそれぞれの組み合わせについて10kg容量の高周波炉で溶解し、溶鋼を5kg 鑄型に2本取りしたものであり、2本の鋼塊間に化学組成の差違はほとんどなかった。2本取した5kg 鋼塊のうち、1本は中間工程における高温長時間加熱による介在物の凝集、球状化、ある



Top: Steel A, Bottom: Steel B

Photo. 6. Longitudinal bend failure of cold rolled 18Cr stainless steel sheets (1.5 mm thick).

Table 4. Chemical composition (%) of 5 kg-ingots.

| Series  | Steel | C     | Si   | Mn   | P     | S     | Cr    | Ni   |
|---------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| Low-Si  | C     | 0.060 | 0.37 | 1.26 | 0.021 | 0.010 | 18.49 | 9.23 |
|         | D     | 0.062 | 0.36 | 1.15 | 0.022 | 0.015 | 18.04 | 9.37 |
|         | E     | 0.063 | 0.35 | 1.26 | 0.020 | 0.020 | 18.38 | 9.21 |
|         | F     | 0.063 | 0.33 | 1.13 | 0.020 | 0.028 | 18.37 | 9.21 |
| High-Si | G     | 0.063 | 0.69 | 1.24 | 0.018 | 0.006 | 18.52 | 9.17 |
|         | H     | 0.063 | 0.71 | 1.27 | 0.019 | 0.014 | 18.50 | 9.21 |
|         | I     | 0.065 | 0.70 | 1.17 | 0.020 | 0.020 | 18.42 | 9.24 |
|         | J     | 0.065 | 0.71 | 1.17 | 0.021 | 0.028 | 18.42 | 9.23 |

Table 5. Mechanical properties of cold rolled sheets (0.8 mm thick).

| Series                           | Steel | S(%)  | Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> ) | Elongation (%) | Hardness (HRB) | Erichsen value (mm) | C. C. V. (mm) |
|----------------------------------|-------|-------|--|----------------|----------------|---------------------|---------------|
| Low-Si<br>(Si : 0.33<br>~0.37%)  | C     | 0.010 | 63.6                                   | 58.4           | 77.5           | 11.79               | 38.13         |
|                                  | D     | 0.015 | 63.7                                   | 57.0           | 78.5           | 11.65               | 38.25         |
|                                  | E     | 0.020 | 64.1                                   | 57.2           | 79.0           | 11.59               | 38.16         |
|                                  | F     | 0.028 | 63.1                                   | 57.7           | 77.5           | 11.51               | 38.07         |
| High-Si<br>(Si : 0.69<br>~0.71%) | G     | 0.006 | 63.3                                   | 59.2           | 77.0           | 11.85               | 38.01         |
|                                  | H     | 0.014 | 64.8                                   | 57.8           | 78.0           | 11.70               | 38.21         |
|                                  | I     | 0.020 | 65.1                                   | 57.2           | 79.0           | 11.68               | 38.15         |
|                                  | J     | 0.028 | 64.8                                   | 56.4           | 79.0           | 11.56               | 38.29         |

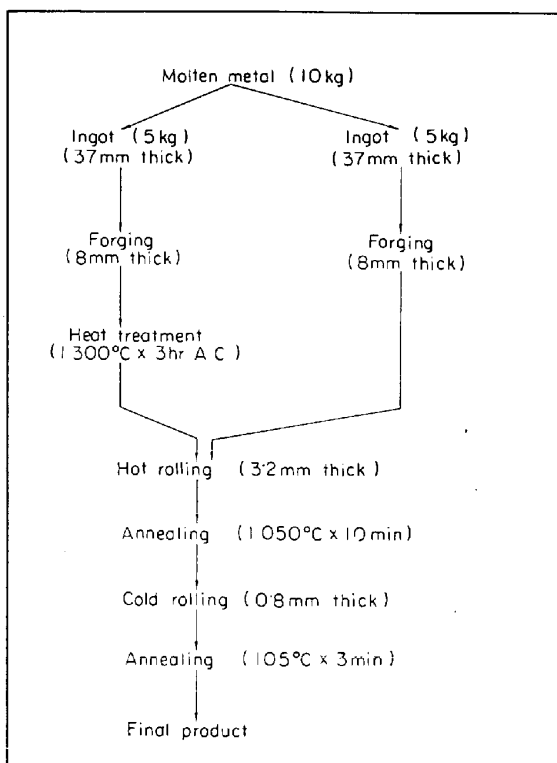


Fig. 5. Manufacturing process from ingot to final product.

いはマトリックスへの固溶などが曲げ性にいかなる影響を及ぼすかを調べるために、鍛造終了後、1300°C × 3hr

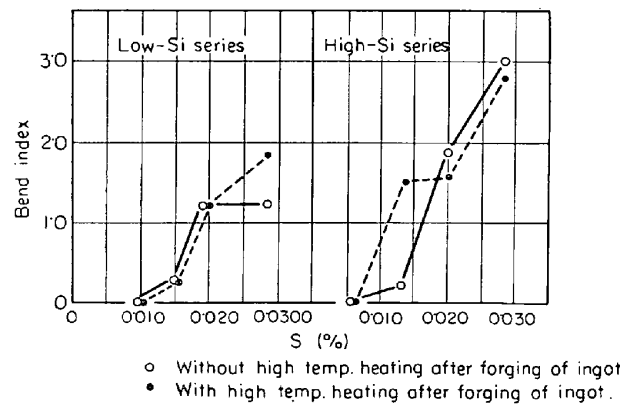


Fig. 6. Influence of sulphur content on bending property of 18-8 stainless steel sheet (0.8 mm thick).

空冷の加熱処理を施した後、熱間圧延および冷間圧延を行なって、最終的には0.8 mm厚の冷延板とした。また他の1本は上記のような高温加熱処理を施すことなく、鍛造のままで熱間圧延および冷間圧延を行ない、0.8 mmの最終冷延板とした。

なお、以下の文中では、それぞれを“鍛造後高熱加熱”および“鍛造しばなし”と呼称して工程の違いを区分する。製造工程の概略を図示すると Fig. 5のごとくである。

18-8ステンレス鋼は元来靱性に富んでいるので本実験では最終の冷延板 (0.8 mm厚) に予歪として 5%冷間圧延を施した後、 $T$  方向の密着曲げ試験を行なった。曲げ性の評価法は、18 Cr ステンレス鋼の場合とまったく同様に行なつた。しかし、介在物の判定は、前節のようにストリンガー指数なるものは使用せず、硫化物、酸化物の直接検鏡結果に基づいて行なつた。これは圧下率が前節の試験よりも小さいため、硫化物が極端に薄く変形せず、研磨のままでかなり明りょうに判別できるからである。

### 3.2 実験結果ならびに考察

Fig. 6 は曲げ試験の結果であり、また、Table 5 は曲げ性を除いた他の機械的性質を示した。

この結果から明らかなように、引張特性や硬さはいずれの試料でもほとんど差異はないが、曲げ性とエリクセン値のみは Si% および S% によつてかなり影響を受けている。すなわち、これらの性質は他の機械的性質との相関によるのではなく、もつぱら Si, S 含有量によつて左右され、内在する介在物の量や種類の影響がかなり強いことを示唆している。いま、エリクセン値については、曲げ性とほぼ同一に論じられるので特にとりあげないが、曲げ性についての結果をまとめてみると次のようになる。

- (1) 高 Si%, 低 Si% の両試料とも S% の増大とともに曲げ性は劣化する。
- (2) 全般に高 Si% 試料のほうが曲げ性は悪い。特に S% の大きい場合にその差異が大きい。
- (3) “鍛造後高温加熱” した場合と、“鍛造しばなし” の場合の比較では、ほとんど曲げ性の優劣を判定することができない。すなわち、本実験に関するかぎりでは熱間加工に際しての加熱を  $1300^{\circ}\text{C} \times 3\text{hr}$  のような高温長時間にて実施し、硫化物系介在物あるいは酸化物系

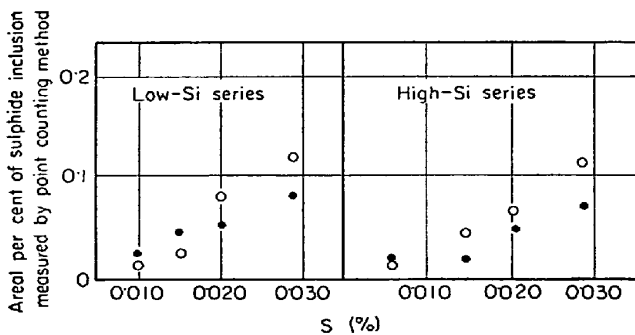


Fig. 7. Relation between the quantity of sulphide inclusion and the sulphur content in metal. Open and solid circles represent the same remarks as in Fig. 6.

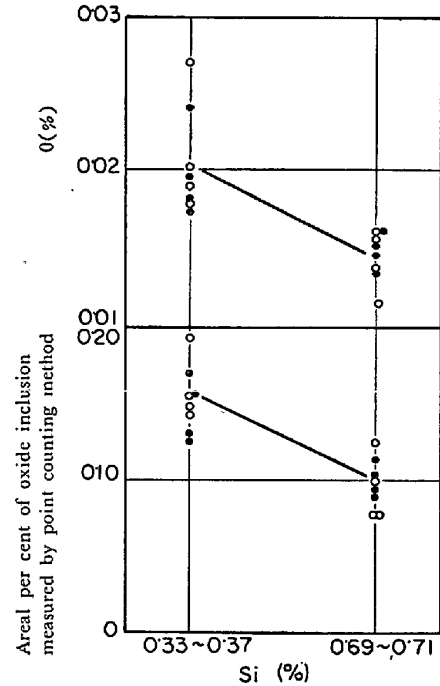


Fig. 8. Relation between the oxygen content, the quantity of oxide inclusion and the silicon content in metal. Open and solid circles represent the same remarks as in Fig. 6.

介在物などの凝集・球状化を図つても、最終製品の曲げ性にはあまり影響がないようである。

一般に、板材の曲げ性は、鋼中に存在するストリンガー状の酸化物および硫化物などの量が多いこと、また、これらの介在物の大きさが大きいこと、などによつて著しく劣化するといわれている。これらのことを上記の試験結果にあてはめて考えてみると、

(1) の点に関しては、前節の 18 Cr ステンレス鋼の場合とまったく同じであり、地金中の S 含有量の増大とともに硫化物の量が增大したためであると考えられる (Fig. 7)。

(2) の点に関しては、これも 18Cr ステンレス鋼の場合と同様な理由による。すなわち、Fig. 8 に示したように、むしろ高 Si 試料のほうが酸化物量は少ないが、酸化物は Mn-シリケートを主体にしていることが曲げ性を劣化せしめる原因になっており、これに対し、低 Si 試料では Cr-ガラクサイトが主体であつて、これは at random に存在し、Mn-シリケートのような直線的な配列をとらない。更に、前節では測定できなかったが、ここでは硫化物の伸びに注目すると Fig. 9 に示したように低 Si 試料の硫化物の伸び方が、高 Si 試料のそれに比しかなり小さい。これは Photo. 7 に一例を示したように、低 Si 試料中の硫化物は必ず Cr-ガラクサイトの微粒子

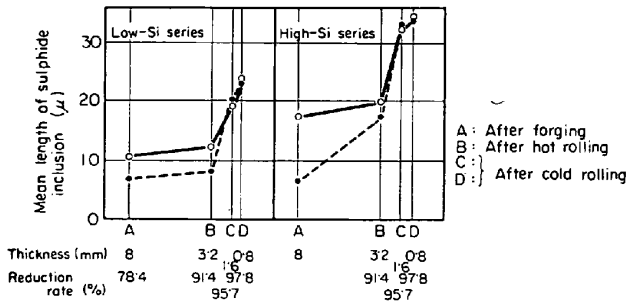


Fig. 9. Relation between the mean length of sulphide inclusion and the reduction rate in rolling process. Open and solid circles represent the same remarks as in Fig. 6.

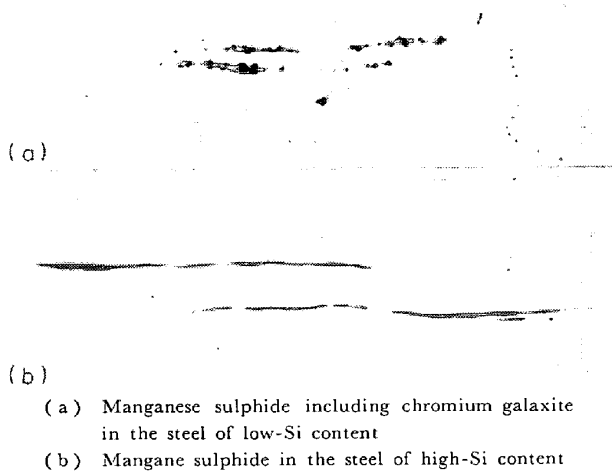


Photo. 7. Typical sulphide inclusions in cold rolled 18-8 stainless steel sheet.

を包含しており、これが硫化物の粘性変形をかなり阻止している。

このように、低 Si 試料では酸化物自身がストリンガー的な性格をもっていないことに加えて、硫化物の伸びも少ないことによつて曲げ性がよくなつていものと考えられる。

(3)の点に関しては、Fig. 7, Fig. 8 に示したように高温加熱処理の有無にかかわらず、酸化物量および硫化物量にあまり差がないこと、ならびに、高温加熱によつて硫化物や Mn-シリケートはいつたん球状化はするが、Fig. 9 に示したように、加工工程の進行とともに、硫化物の伸びにほとんど差が生じていないことなどによつて曲げ性における差違が生じなかつたものと考えられる。

#### 4. 地きずに及ぼす介在物の種類の影響

##### 4.1 実験方法

本実験に使用した鋼種は、450 kgの平型鋼塊の2本であり、うち1本はその酸化物を Cr-ガラクサイト主体にするために、Si および Mn 含有量をそれぞれ 0.40% および 1.20% に狙つたもの、また他の1本は Mn-シリケート主体にするため、Si および Mn 含有量をそれぞれ 0.70% および 1.20% としたものがある。

試験鋼塊の溶製は、1 t 高周波炉にて行ない、まず、Si = 0.40%, Mn = 1.20% 狙いで 18-8 はステンレス鋼約 1 t の溶鋼を調整し、その半量を出鋼し、420 kg 平型鋼塊に鑄込み、続いて炉中に残つた半量の溶鋼にただちに Si = 0.70% 狙いで増量添加した。

上記のように溶製した試験鋼塊の化学組成は Table 6 に示す。

鋼塊は熱間圧延、冷間圧延を経て最終的に 1 mm 厚の冷延板としたが、冷間圧延においては、熱間圧延の方向と平行に圧延した場合（以下一方向圧延という）と直角に圧延した場合（以下クロス圧延という）の2とおりで行なつた。

##### 4.2 実験結果ならびに考察

Photo. 8 は熱間圧延終了後の中間品（13 mm 厚）を切削加工した場合に現われた地きずである。高 Si 試料の地きずはかなり多いが、きわめて浅く、わずかの研磨によつて簡単に消失してしまう。これに対して、低 Si 試料のそれはかなり深く、研磨によつて消失させることはかなりの困難を伴う。

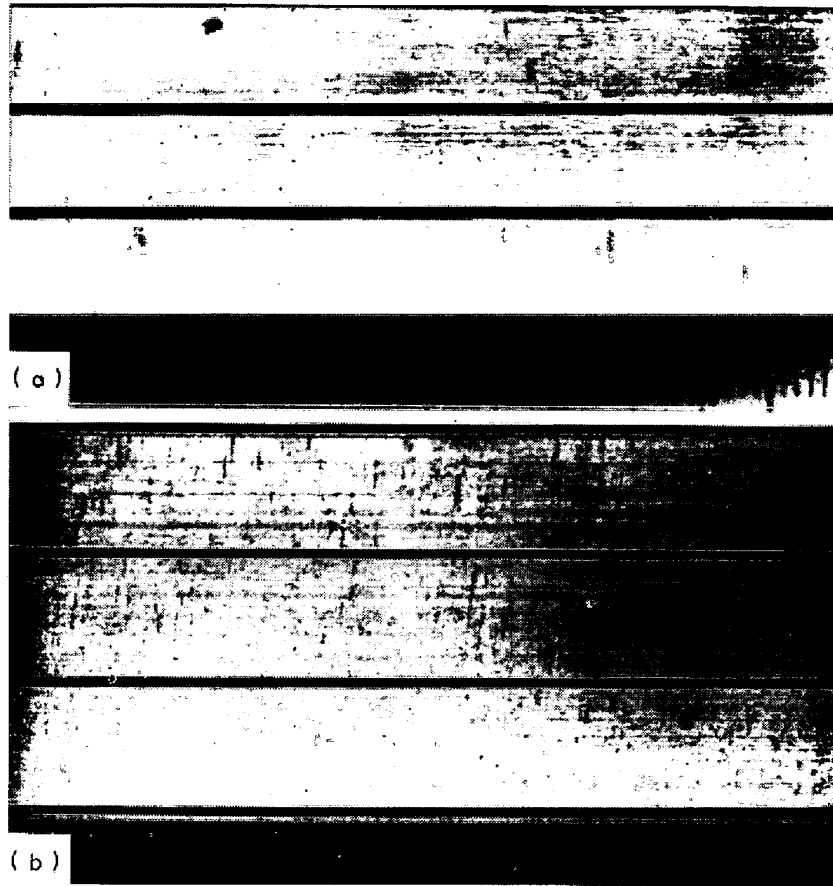
Photo. 9 は Photo. 8 に示した試片の断面に見られる地きずを構成している酸化物であり、低 Si 試料では Cr-ガラクサイトの群集が、また、高 Si 試料では凝集して粗大化した Mn-シリケートが認められる。

Photo. 10 と Photo. 11 はそれぞれ、一方向圧延およびクロス圧延によつて製造した最終冷延板の表面に現われた線状地きずと白雲状地きずである。これらもさきの切断面の地きずと同様、それぞれに生成している介在物の群集、すなわち、低 Si 試料では Cr-ガラクサイトの、また、高 Si 試料では Mn-シリケートの群集によつて構成されている。そして、白雲状地きずの外観は Si 含

Table 6. Chemical composition (%) of 450 kg ingots.

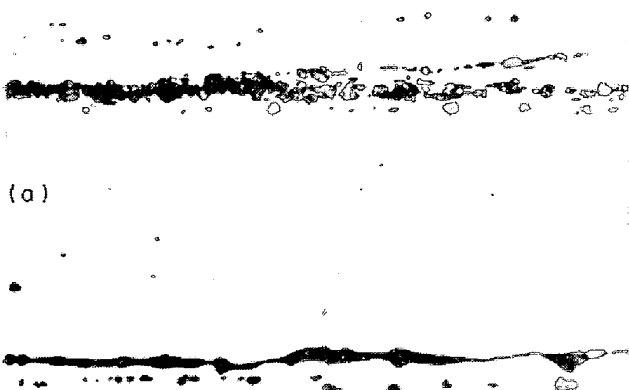
| Steel               | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Cr    | Ni   |
|---------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| K (Low-Si content)  | 0.06 | 0.36 | 1.22 | 0.025 | 0.010 | 18.44 | 9.15 |
| L (High-Si content) | 0.05 | 0.70 | 1.20 | 0.025 | 0.010 | 18.01 | 9.08 |





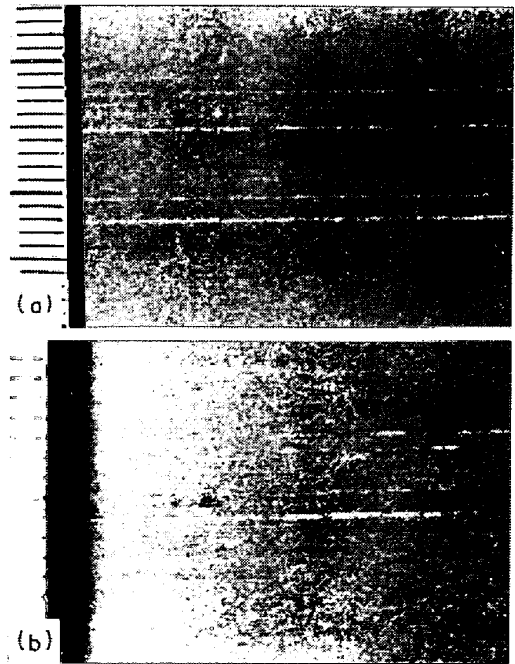
a) Steel K of low-Si content    b) Steel L of high-Si content

Photo. 8. Sand mark due to crowding inclusions (hot rolled 18-8 stainless steel sheet-bar described in Table 6)



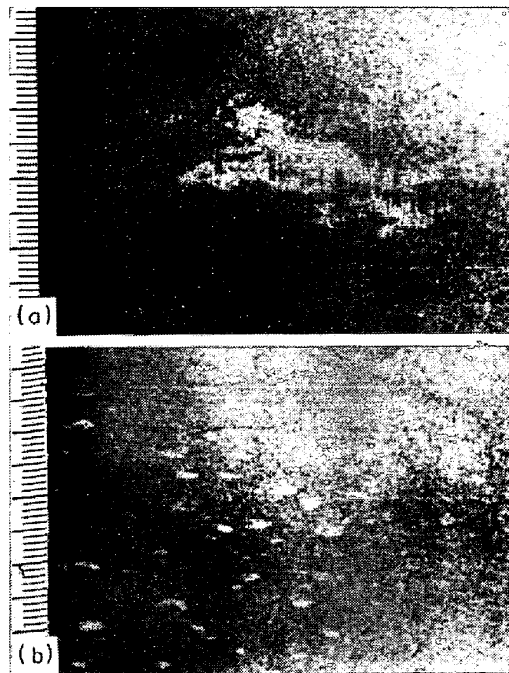
(a) Chromium galaxite in steel K (Table 6) of low-Si content  
 (b) Manganese silicate in steel L (Table 6) of high-Si content

Photo. 9. Grouped inclusions associated with sand marks.  $\times 400$



a) Steel K (Table 6) of low-Si content  
 b) Steel L (Table 6) of high-Si content

Photo. 10. Seam or line defects attributed to inclusions in cold rolled 18-8 stainless steel sheets.



(a) Steel K of low-Si content  
(b) Steel L of high-Si content

Photo. 11. Cloud-like defects attributed to inclusions in cold rolled 18-8 stainless steel sheets.

有量の違いによつて特徴があり、低 Si 試料では不定形で一個の面積はかなり大きく、高 Si 試料のそれは随円形で一個は小さい。また、低 Si 試料の線状地きずも白雲状地きずもきず部の凹みは大きく、高 Si 試料のものは平均約  $10\mu$  の研磨によつて消失するが、低 Si 試料のそれは約 2 倍の平均  $20\mu$  の研磨によつて消失する。すなわち、低 Si 試料の Cr-ガラクサイトはかなり厚い層状になつており、きずを取りづらくしている。

## 5. 総 括

本研究では、18Cr あるいは 18-8 ステンレス鋼を Si,

Mn のみで脱酸した場合の製品の品質に及ぼす影響のうち、曲げ性と表面地きずの問題をとり上げて論じたが、この 2 点を同時に解決することはかなりむずかしい。すなわち、薄板の曲げ性は、酸素含有量あるいは酸化物量が多少多くても、S および Si 含有量を低め、Mn 含有量を若干高めることによつて、改善することができるが Cr 系酸化物が生成するほど Si% を低下させると、表面地きずがきわめて取りづらくなり、薄板のステンレス鋼ではこれが致命的な欠陥となる。したがつて、地きずを軽減し、しかも曲げ性をよくするためには、Si% を低下させずに、シリケートのような粘性的な変形をする酸化物を生成させない脱酸剤の添加が必要と考えられる。この点については、Al, Ti あるいは Ca などの添加元素を用いてかなり効果を上げることが可能であるが、詳細については後報にて報告する。

## 文 献

- 1) 下田, 石塚, 藤田: 鉄と鋼, 43(1957), p. 345, p. 347
- 2) 石塚: 鉄と鋼, 44(1958), p. 397
- 3) 石塚: 鉄と鋼, 45(1959), p. 309
- 4) 大竹, 権藤, 福田, 有馬: 鉄と鋼, 46(1960), p. 1273
- 5) 森永, 佐藤, 井上, 内田: 鉄と鋼, 52(1966), p. 800
- 6) S. P. ODAR: Proc. Elect. Furn. Conf., Dec. 1(1966), p. 334
- 7) P. W. CLARK and F. C. MARTIN: J. Iron Steel Inst., 203(1965), p. 2
- 8) F. KÖRBER and W. OELSEN: Mitt. Kais-Wilh-Inst. Eisenforsch., 17(1935), p. 231
- 9) D. C. HILTY, H. P. RASSBACH and W. CRAFTS: J. Iron Steel Inst., 180(1955), p. 116
- 10) 小島, 佐野: 鉄と鋼, 51(1965), p. 1589
- 11) 高橋, 栄, 吉田: 鉄と鋼, 53(1967), p. 347
- 12) 高橋, 栄, 吉田: 日本鉄鋼協会第74回講演大会にて講演, 鉄と鋼(概要集), 53(1967), S 273