

- 5) J. Chipman: A.I.M.E. Iron & Steel Div. (1944)  
 6) J. Chipman: Basic, O.H.F. Steel making  
 7) K. Guthmann: St. u. Ei, 71 (1951) 399

- 8) E. Marburg: J. Metals, 5 (1953), 152  
 9) Report on Hetero of Steel Ingot, 7th Report. J. Iron & Steel Inst. (London) (1937) 12~13

## 軸受鋼に現われる地疵の分布と圧延比の影響\*

(非金属介在物の研究—I)

河合正雄\*\*・木村 弘\*\*\*

### EFFECT OF ROLLING RATIO ON DISTRIBUTION OF SAND MARKS OF BEARING STEEL.

(The study of non-metallic inclusions—I)

Masao Kawai and Hiroshi Kimura

#### Synopsis:

Generally, the origin of sand marks is considered as the ingot defects, such as non-metallic inclusions, blow holes, pin holes, cavities and segregations.

In the present investigation, the authors are convinced that the origin of sand mark is (mostly) non-metallic inclusions in the ingot.

The statistics of the number of sand marks on the high-carbon low-chromium bearing steel rod shown in this first report.

The results are summarized as follows:

- (1) The number of the smaller sand marks, 0.1 mm to 0.4 mm long, shows no change by the position of the ingot.
- (2) As for the larger sand marks, about 0.5 mm long, the number of them at the top of ingot is higher than the bottom of ingots, and there is the same tendency among the number of sand marks to the ingot position when ingot is rolled as the same rolling ratio at the top of ingots and the bottom of ingots.
- (3) The number of the larger sand marks is proportional to the rolling ratio of steel rods.
- (4) With increase of the rolling ratio, there is a tendency that the number of the smaller sand marks is decreased and the number of the larger sand marks is increased and finally, sand marks disappeared when the rolling ratio is much larger (such as 250 rolling ratio).

## I. 結 言

軸受鋼材に発生する欠陥で使用上問題になるものゝ大部分は地疵である。しかし地疵のない材料が理想的であるけれども、現今の製鋼技術をもつては、地疵皆無を期待することは工業的に不可能である。

地疵の成因についてはあるいはピンホールといわれあるいは非金属介在物といわれ諸家の見解がまちまちであり、本性があきらかにされていないためにその軽減法についても一定の方針がないようである。筆者らは軸受鋼塊の欠陥とその鋼材の地疵の関連性について調査研究し地疵の生成機構を考察してある程度の結論をえたので、この困難な問題の解決に些かなりとも寄与するところあ

らばと希いつゝこの研究を発表するものである。仮令筆者らの見解があやまりであつても問題解決にたいして一石を投じたものであり、この見解が地疵問題解決のため他山の石ともなりうるならばさいわいである。

## II. 地疵現出の統計的調査とその結果

### (1) 調査方法

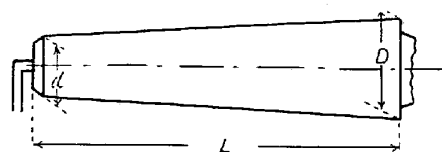
(a) Fig. 1 のような 250 kg 型 (172 チャージ) および 150 kg 型 (81 チャージ) の二つの下注鋼塊から同

\* 昭和 32 年 10 月本会講演大会にて発表

\*\* 大阪府立大学工学部教授, 工博

\*\*\* 大阪府立大学工学部金属工学科

一期間に製造された鋼材を対象とした。すなわち250 kg 鋼塊は製鋼番号 T106 より T738 まで、150 kg 鋼塊は T005 より T700 までいずれも下注法による。



	150 kg	250 kg
$\frac{L}{1/2(D+d)}$	= 5.63	4.80
weight of ingot =	134 kg	220 kg
weight of mould =	271 kg	480 kg

Fig. 1. Schematic cross-section of the 250 kg ingot and the 150 kg ingot ( $\phi$ )

(b) 日常作業において鋼材から試片を採つて地疵試験成績を記録しているから、まづ 250 kg 型鋼塊から圧延された鋼材と 150 kg 型鋼塊より圧延された鋼材との二つに大別し、つぎにそのおのおのについて鋼材寸法 (直径) 毎に区分し、その区分毎に地疵数を集計して平均をとり、それを地疵標準面積への換算をおこなつた。

(c) 地疵数は標準面積換算数であらわし、地疵数の標準面積への換算はベアリング協会の方式によつた。すなわち採取した試片の直径が 34 mm  $\phi$  < 直径(D) の鋼材であるからこれを (D-5) mm  $\phi$  に切削して検査した地疵数を、その時の検査面積と標準面積 (30 $\pi$  × 70) mm<sup>2</sup> との比を乗じたものであらわした。(ただし、日常検査における検査面の長さはすべて l = 140 mm である。)

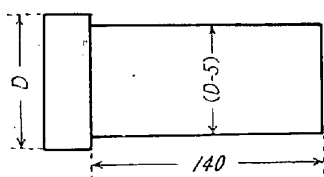


Fig. 2.

(d) 鋼材は 1.5 mm R の剣バイトで 550 r.p.m. の 0.1 mm おくりにより切削し、表面あらさ▽程度に仕上げ、仕上げ面の疵を見易くするために、これを (1:1) の王水中にて約 2 分間弱腐食してから水中に投入してウエスでこすりながらよくあらつた後乾燥して疵見した。

(e) 従来の経験によると、圧延鋼材の地疵は熱処理によつて影響されないもので、未焼鈍材と焼鈍材は区別しなかつた。

(f) 日常作業で採取される試片は同一鋼番、同一寸法の鋼材につき、鋼塊の頭部、中部、底部に相当する箇

所よりおのおの 1 個づつ計 3 個採取するのが普通であるが、ときにより各部より 2 個づつ、計 6 個取るものもある。これは 2 鋼番の鋼塊と見做して集計した。

(g) 頭部、中部、底部に相当する部位よりおのおの 1 個取るべきを 2 箇所または 1 箇所しか取らなかつた鋼番のものは集計しなかつた。ただし 150 kg 型鋼塊から圧延した 65 mm  $\phi$  の鋼材については作業の都合上、鋼塊中部に相当する試片を採取しなかつたので、この寸法のものについては頭部底部の 2 箇所のみ地疵を集計した。

(h) 同一鋼番から 2 種の寸法に圧延されたものは寸法毎に集計した。

(i) 地疵成績の中には 0.1~0.4 mm 長さの地疵が多数あつて検査成績に単に地疵多数と記録してあるのでこれは一応集計から除外した。

(2) 調査結果

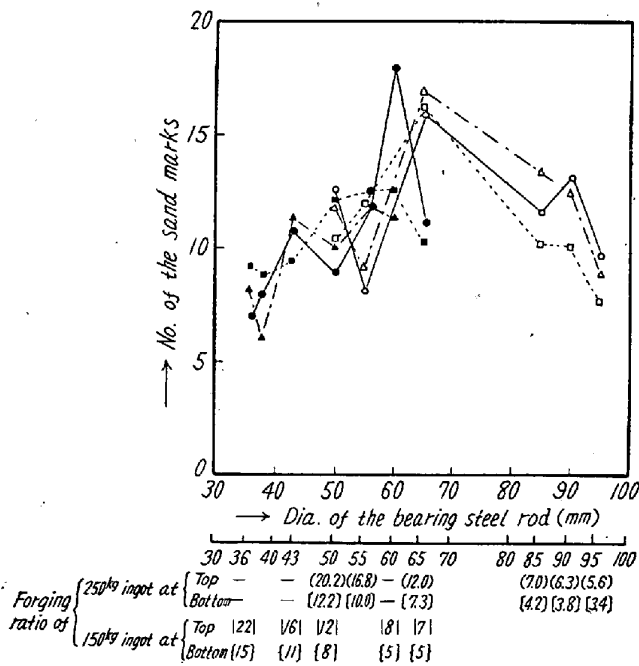
鋼材の寸法 (各寸法別チャージ数, 最小 9, 最大 35), 圧延比, 頭部, 中部, 底部と地疵数 (標準面積換算値) およびその長さとの間の関係はつぎのごとくである。

Fig. 3 (a) によると 0.1~0.4 mm 長さの地疵はいずれの鋼塊においても鋼塊の部位による差があきらかでない。また 250 kg 型鋼塊ではその他の点についても一般的な傾向が少しもみとめられないが 150 kg 型鋼塊の場合は、鋼材の径が小さいほど、いいかえると圧延比の大となるほど地疵数がすくなくなつていく。

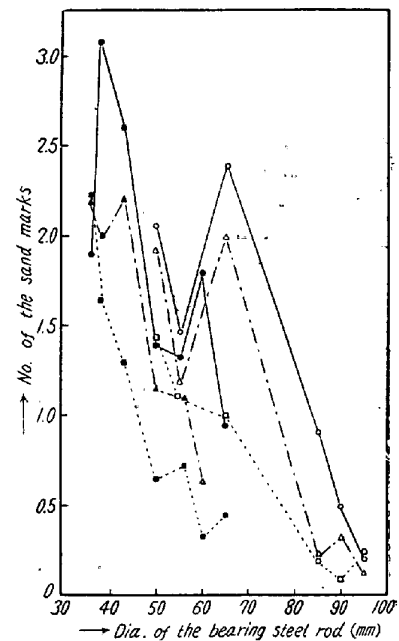
Fig. 3 (b) (c) (d) においては、すなわち地疵の長さが 0.5 mm 以上のものではいずれの鋼塊も 底部→中部→頭部の順に地疵数が増加している。また直径の小さい、すなわち圧延比の大なる鋼材ほどその地疵数が多くなつていく。このことより 250 kg 型鋼塊, 150 kg 型鋼塊いずれも鋼塊の大きさに関係なくつぎのことがいえる。長さ 0.4 mm 以下の小さい地疵は、その地疵数と圧延比との間に明かな関係はないが、長さ 0.5 mm 以上の地疵は圧延比の大となるとともにその数を増す。

上記と同じ調査より圧延比のほぼひとしい鋼塊頭部に相当する鋼材の地疵数と、鋼塊底部に相当する鋼材の地疵数とを比較してみると Table 1 のごとし。

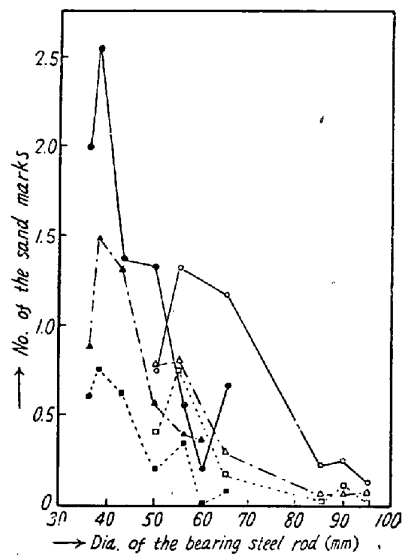
上述のごとく 0.1~0.4 mm 長さの地疵には一般的傾向がないので、長さ 0.5 mm 以上の地疵についてのべると、Table 1 より 250 kg 型鋼塊のものは頭部底部の差はあまり顕著であるとはいえないが、150 kg 型鋼塊ではあきらかに頭部側の地疵が多い。圧延比同一の頭部と底部の地疵数に差のあることより長大なる地疵は圧延比に比例して増えるが、単に圧延比のみに影響され



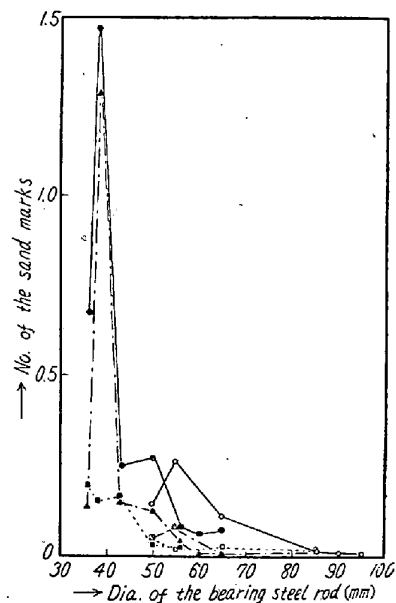
(a) Sand mark length.....0.1~0.4 mm



(b) Sand mark length.....0.5~0.9 mm



(c) Sand mark length.....1.0~1.9 mm



(d) Sand mark length.....>2.0 mm

Note: ○—○ at the top of 250kg ingot  
 △---△ at the middle of 250kg ingot  
 □----□ at the bottom of 250kg ingot

●—● at the top of 150kg ingot  
 ▲---▲ at the middle of 150kg ingot  
 ■----■ at the bottom of 150kg ingot

Fig. 3. Relation between inspected position of rods at the ingot, diameter of the bearing steel rod ( $\phi$ ) and the number of sand marks to converted into standard area ( $30\phi \times 70$ ) mm<sup>2</sup>

るものでないことが解る。すなわち鋼塊における何等かの欠陥が圧延により変形され、やがて肉眼で見分け得る大きさとなつたものが地疵であり、地疵は圧延比に大きく影響されるものであるが、単に圧延比による影響のみでなく地疵数が鋼塊の部位によりことなることより、鋼塊に内在する地疵の因子たる欠陥の大きさおよびその数

が鋼塊の部位によりことなるものであらうと推定される。

以上の統計的調査による圧延比と地疵との関係をさらに的確に知るために、日常作業より生のデータによる鋼材の地疵実数の例を二、三拾つてみるとつぎのごとし。

同一熔番の 250 kg 型および 150kg 型下注鋼塊から圧

Table 1. Relation between the sand marks number at standard area and the position of the ingot.

Ingot mould	No. of Charges	Position	Forging ratio	Number of the sand marks			
				0.1~0.4 mm	0.5~0.9 mm	1.0~1.9 mm	>2.0 mm
250 kg	13	T	12.0	15.9	2.40	1.17	0.12
	12	B	12.2	10.4	1.45	0.42	0.06
	16	T	7.0	11.4	0.91	0.23	0.01
	13	B	7.3	16.1	1.00	0.17	0.02
150 kg	32	T	16	10.8	2.10	1.36	0.25
	18	B	15	9.3	2.21	0.60	0.19
	35	T	12	9.0	1.39	1.33	0.27
	32	B	11	9.5	1.30	0.64	0.17
	9	T	8	17.9	1.79	0.21	0.06
	35	B	8	12.0	0.67	0.20	0.04
	26	T	7	11.3	0.96	0.67	0.07
	31	B	6	12.6	0.83	0.35	0.03

Table 2. Net sand marks number of the larger section rods and the smaller section bars, which are rolled from the same type ingot and the same charge.

Charge No.	Ingot moulds	Size of rod & bar	Inspected surface area	Forging ratio	Net number of sands at top				Net number of sands at		
					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
					0.1~0.4	0.5~0.9	1.0~1.9	>2.0	0.1~0.4	0.5~0.9	1.0~1.9
F788	250 kg	100 φ	95 φ × 140	4	99	1	0	0	—	—	—
		13 φ	12 φ × 140	230	2	0	0	0	3	0	0
S250	150 kg	42 φ	37 φ × 140	16	13	1	0	0	8	20	11
		11 φ	10 φ × 140	210	1	0	1	0	—	—	—
S323	"	45 φ	40 φ × 140	12	33	13	3	0	—	—	—
		10 φ	9 φ × 140	256	0	0	0	0	—	—	—
S468	"	85 φ	80 φ × 140	3.5	114	7	0	1	—	—	—
		15 φ	14 φ × 140	101	0	0	0	0	0	0	0
S700	"	28 φ	25 φ × 140	35	23	1	1	1	12	1	4
		13 φ	12 φ × 140	151	0	0	0	0	1	0	0

middle	Net number of sands at bottom					Chemical composition						
	mm >0.0	mm 0.1~0.4	mm 0.5~0.9	mm 1.0~1.9	mm >2.0	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
—	146	0	0	0	0	0.96	0.25	0.42	0.014	0.016	1.41	0.22
0	3	1	0	0	0							
12	42	3	4	0	0	0.98	0.21	0.37	0.014	0.012	1.45	0.23
—	0	1	0	0	0							
—	43	5	3	0	0	0.97	0.29	0.41	0.019	0.012	1.39	0.22
—	0	0	0	0	0							
—	11	1	1	0	0	0.95	0.22	0.40	0.027	0.017	1.43	0.23
0	1	0	1	1	1							
1	29	7	1	1	1	0.98	0.28	0.41	0.019	0.012	1.38	0.20
1	1	0	0	0	0							

延した 10~15 mm  $\phi$  の細物鋼材と、それよりも太い鋼材との地疵成績の比較は Table 2 のごとくであり、この表より細物鋼材においては地疵が地疵長大側に移行していることおよび地疵は延びきつて、消えまた消えつゝあることが知られる。

また熔番 F788 の 100 mm  $\phi$  材は圧延比小にして地疵は未だ何程ものびず短小であり、その他の中間寸法の鋼材 (S250, 42 mm  $\phi$ ; S323, 45 mm  $\phi$ ; S468, 85 mm  $\phi$ ; S700, 28 mm  $\phi$ ) の地疵は成長しているが、いまだ消る段階にはいたっていない。

これらの調査から地疵はつぎのようなあらわれかたをするものと推定される。圧延比の大となるほど短小な地疵の数はすくなくなる傾向があるものごとく、かつまた長大な地疵の数が圧延比の増大とともに増加することから、地疵は圧延によりのびて成長し、圧延比がある程度以上になるとのびきつて消えていくこと、地疵となる因子は熱間圧延の際に発生するものでなくして、鋼塊に包蔵されているものであらうと考えられること、およびその因子は鋼塊の部位により変化のあることなどがわかる。鋼材の地疵が鋼塊における何等かの欠陥であると

考えると、鋼材にあらわれる地疵の頻度すなわちいずれの切削被検面にも多小の差はあれかならず現出する高い頻度であることから、その因子たる鋼塊の欠陥の頻度もかなり高いものでなくてはならないこともわかる。

### III. 総 括

以上を要約すればつぎのごとし。

(1) 長さ 0.4 mm 以下のちいさい地疵数は、鋼塊の部位による差はみとめられない。

(2) 長さ 0.5 mm 以上の大きい地疵数は、鋼塊の頭部側より底部側のほうがすくなく、またこの傾向は鋼塊の頭部側と底部側との圧延比を同一にしたときも同様である。

(3) また大きい地疵数は圧延比の大となるとともにその数をます。

(4) 地疵は圧延比が大となると小さいものは減少し、大きい地疵が増える傾向をもち、さらに圧延比を増大すると (たとえば圧延比 250) 消滅する。

(昭 32—12月寄稿)

## オーステナイト・ステンレス鋼の高温変形能\*

(高温度における鋼の変形能に関する研究—II)

森 島 達 明\*\*

## HOT-DUCTILITY OF THE AUSTENITIC STAINLESS STEELS

(Study on the hot-ductility of steels—II)

Tatsuaki Morishima

### Synopsis:

In order to study hot-ductility of austenitic stainless steels, hot twist tests of these steels were carried out. The experiments were made with 304 and 316 type stainless steels and the twist values were compared with pierceability of the materials by a Mannesmann piercer.

Further, relations between hot-ductility and gas or structure of the materials were studied by the same test.

As a result, it was found that twist curves which showed the relation between twist values and temperature had the close connection with pierceability of materials. Therefore, the twist test gave good measure of the pierceability of the materials by the Mannesmann piercer.

The hot-ductility of the austenitic stainless steel was affected by at least two factors, that is oxygen content and composition balance. The hot-ductility decreased with increase of the oxygen content. Also those steels which had  $\gamma+\alpha$  phase at high temperature showed low hot-ductility at these temperatures and were proved to have poor pierceability.

\* 昭和 30 年 10 月本会講演大会にて発表 \*\* 住友金属工業株式会社鋼管製造所