

段削りによる軸受鋼材の内外の地底変化について

非金属介在物の研究—II*

河 合 正 雄**・木 村 弘***

THE DISTRIBUTION OF SAND MARKS ON THE PERIPHERY AND THE CENTER OF BEARING RODS AND PIPES BY GRADUALLY CUTTING

The study of the non-metallic inclusion—II

Masao Kawai, Hiroshi Kimura

Synopsis:

In the present investigation, the authors have compared the number of sand marks of steel rod, steel pipe, from the same change, and extruded rod from another change.

The results are briefly summarized as follows:-

(1) By the means of gradual cutting of steel rods, the total number of sand marks at any surface is almost equal, yet, many larger sand marks exist on the periphery of steel rod, but larger sand marks exit rarely at the center.

(2) Sand marks are elongated by the rolling of steel rods.

(3) Sand marks do not vanish by severe hot working, such as piping or extrusion.

I. 結 言

II. 普通圧延による地底の変化

第I報¹⁾においては鋼材の地底の現出状況を統計によりのべたが、今回は普通の圧延、パイプ圧延、および熱間押出しをした場合の個々の鋼材の地底の変化状況について調査した。

250 kg 下注軸受鋼塊より 80 mm φ に圧延した鋼材のそれぞれ、鋼塊の頭部に相当する部分、および鋼塊の底部に相当する部分より試料を採取して、これを最初直径で 7 mm 切削し、次回より (D-2) mm 置きに切削し

Table 1. The number of the sand marks to converted into standard area ($30\pi \times 70$) mm² from the area ($\pi\phi \times 140$) of an 80 mm φ bearing steel rod at gradation cutting respectively. (Charge No. SS.099; chemical composition 0.97% C, 0.24% Si, 0.41% Mn, 0.025% P, 0.015% S, 1.36% Cr, 0.20% Cu)

Inspected dia of therod after cutting	Length of the sands	Position	A converted number of the sand marks at (30π×70)mm ² area							
			Top of the ingot				Bottom of the ingot			
			mm 0.1~0.4	mm 0.5~0.9	mm 1.0~1.9	mm >2.0	mm 0.1~0.4	mm 0.5~0.9	mm 1.0~1.9	mm >2.0
73	46.8	2.10	0	0	62.1	0	0	0		
71	56.8	0.42	0.21	0	45.0	0	0	0		
69	numerous	0.87	0.42	0.22	numerous	0	0	0		
67	numerous	1.10	0	0.22	"	0	0	0		
65	56.5	0.93	0	0	39.5	0	0	0		
63	56.7	1.20	0	0.24	55.6	0.24	0	0		
61	28.8	2.21	0.74	0	33.2	0.74	0	0		
59	50.5	1.27	0	0	51.5	0.25	0	0		
57	49.0	1.58	0.26	0	47.6	0.26	0	0		
55	45.6	0.82	0.54	0.27	56.5	0	0	0		
53	47.2	1.98	1.13	0.56	26.0	0.57	0	0		
51	26.4	0	0	0	16.3	0.29	0	0		
49	45.4	1.22	1.22	1.22	39.2	0.61	0	0		
47	98.2	0.32	0	0	52.0	0	0	0		
45	numerous	0	0	0	51.3	0	0	0		
43	42.6	0	0	0	38.1	0	0	0		
41	42.8	0	0	0	61.5	0	0	0		
39	numerous	0	0	0	45.0	0	0	0		
37	"	0	0.40	0	numerous	0	0	0		
35	"	0	0	0	"	0	0	0		
33	"	0	0	0	47.3	0	0	0		

* 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

て王水腐食による疵見試験を試みたが、つぎのような成績を得た。

Table 1 によると 0.4mm 以下の短小な地疵は鋼材の外周側と中心側で差がなく、鋼塊の頭部、底部の差も認め難いが、やや長大な 0.5mm 以上の地疵は外周部に多く中心部に少く、また頭部と底部では頭部側の方が多きことは第 I 報の統計的調査の場合と同じ結果を示す。また中心部 45mmφ 以内では長大な地疵は消えている。

またチャージの異なる 250kg 下注軸受鋼塊から 75mmφ に圧延した鋼材について同様な段削り地疵試験を実施したが、Table 2 のごとく 80mmφ 材の時とはほぼ同じ結果を得た。すなわち短小な地疵は内外であまり差異なく、長大なる地疵は鋼材の外周部に多く中心部に少くして 50mmφ 以内では見当らない。

Table 2. The number of the sand marks to converted into standard area (30π×70) mm² from the area (πφ×140) mm² of 75mmφ bearing steel rod at gradation cutting respectively. (* Charge No. F 235; Composition; 0.98% C, 0.29% Si, 0.39% Mn, 0.016% P, 0.014% S, 1.41% Cr, 0.35% Cu)

Inspected dia of the rod after cutting	A converted number of the sand marks at (30π×70)mm ² area			
	mm 0.1~0.4	mm 0.5~0.9	mm 1.0~1.9	mm >2.0
70mm	34.3	1.28	5.15	2.14
68	12.8	0.89	3.09	0.89
66	62.3	0.91	5.00	3.64
64	31.0	0.42	1.87	0.94
62	26.1	0.49	0.49	0
60	22.0	1.00	0.50	0.50
58	33.0	1.06	2.07	0.51
56	30.0	0.54	0.54	0
54	14.8	0.56	0	0.56
52	16.2	0.58	0.58	0.58
50	21.0	0	0	0
48	21.8	0	0	0
46	15.0	0	0	0
44	10.2	0	0	0
42	12.9	0	0	0
40	12.0	0	0	0
38	41.8	0	0	0
36	4.2	0	0	0
34	22.0	0	0	0
32	6.6	0	0	0
30	16.0	0	0	0
28	15.0	0	0	0
26	16.2	0	0	0
24	43.6	0	0	0
22	20.5	0	0	0
20	22.5	0	0	0
18	16.7	0	0	0
16	11.3	0	0	0
14	23.6	0	0	0
12	17.5	0	0	0
10	9.0	0	0	0

上記二実験によると、地疵全体の数は切削面において多分に偶然的な性質をもつて現われるものであるが、鋼材の内外であまり明かな差がない。従つて地疵の因子となる鋼塊における欠陥の数は、鋼塊の外周部においても

中心部においてもあまり明かな差がなく、かなりの頻度で存在するものと推定される。

250kg 鋼塊より 80mmφ に圧延した時の内外ののび率を計算すると大略つぎのごとくなる。(ただし内外の温度差を 20°C とする)

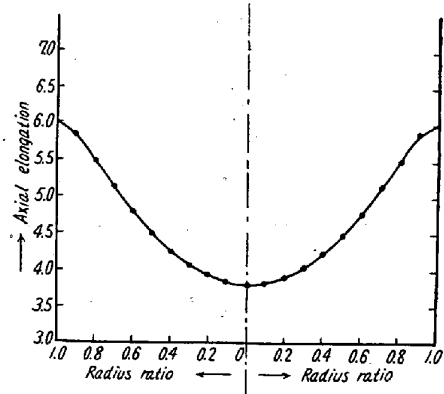


Fig. 1. Difference of axial elongation at periphery and center in rolling from to 200mmφ, average dia. of 250kg ingot, 80mmφ (Δt=20°C)

計算によると内外ののび率の比{(外側ののび率)/(中心部ののび率)}は最大 1.6 で比較的小さいこと(例えば 70mmφ 附近ののび率は約 5.3 で 50mmφ 附近では約 4.9 である)と、Table 1, 2 によると長大な地疵数が内外でかなりの差があることから考えて、鋼塊の地疵の因子となる欠陥の大きさが外周部のものは内側のものに比べて比較的大きいものであろうと推定出来る。(地疵は鋼塊におけるなんらかの欠陥であり、熱間圧延に際して軸方向へののびと、中心方向への圧力によりこの欠陥はのばされると同時に圧縮をも受ける。また熱間加工であるために母材は変形加工に充分たえる粘性をもっているから引き裂かれることはない。ゆえに一般に鋼材の地疵の体積は鋼塊における欠陥の体積と等しいかまたは小さいと見做して良い。このことについては第 IV 報に詳述する。) いかえると、比較的長大なる地疵は頭部に多く底部に少きことは、圧延比が頭部側に大で底部側で小なることによる原因と鋼塊の頭部の欠陥(地疵の因子)が底部のものより大であることによる原因との重複したものであろう。また外周側に長大なる地疵の多いことも前者と同様に圧延によるのびが外周側に大で中心側に小なることおよび鋼塊の内外における欠陥の大きさが比較的に外側のものが大きいものと考えられる。(第 IV, V 報において実証する。) つぎに上記と同一の鋼材(80mmφ×1000mm)と(75mmφ×1000mm)とをともに 0.5mm 以上の地疵のない寸法まで、すなわち

それぞれ 80 mm ϕ 材は (45 mm ϕ \times 1000 mm) に、75 mm ϕ 材は (50 mm ϕ \times 1000 mm) に機械切削後地疵を検査し 0.5 mm 以上の地疵のないことを確認後、これをともに 20 mm ϕ に再圧延して前者は両端と中央より後者は中央のみより 140 mm 長さの試片を取つて地疵を試験したが、Table 3, Table 4 に示すごとく大きい地疵がかなり現われた。すなわちこの実験により地疵は圧延によりのびることが明らかである。

Table 3. The number of the sand marks at standard area, after rolling from 45 mm ϕ to 20 mm ϕ (charge No. F 235)

Inspected dia of the rod after cutting	Length of the sands of the Test piece position	The converted number of the sand marks at standard area (30 π \times 70)mm ²			
		mm	mm	mm	mm
		0.1~0.4	0.5~0.9	1.0~1.9	>2.0
19mm	End	11.8	0	1.6	2.3
	middle	13.4	2.3	1.6	0.8
	End	12.6	0	0.8	4.7
17	End	17.6	0	4.4	0
	middle	11.5	1.76	1.8	0.88
	End	9.7	3.53	0	0.88
15	End	14.0	1.00	1.00	0
	middle	16.0	2.00	2.00	0
	End	22.0	4.00	3.00	1.00
13	End	16.3	0	0	0
	middle	8.1	1.20	0	0
	End	11.5	1.20	0	0

Table 4. The number of the sand marks, at standard area, after cutting from 50 mm ϕ to 20 mm ϕ . (charge No. SS 099)

Inspected dia of the rod after cutting	Length of the sands	The converted number sand marks at standard area (30 π \times 70)mm ²			
		mm	mm	mm	mm
		0.1~0.4	0.5~0.9	1.0~1.9	>2.0
19mm		3.2	1.58	0	0
18		3.3	0	0	0
17		3.5	1.76	1.76	0
16		0	1.88	1.88	0
15		0	0	0	0
14		0	0	0	0

III. パイプ圧延による地疵の変化

450 kg 上注鋼塊および 550 kg 上注鋼塊をプレスにより加工して 140 mm 角のピレットに加工した後、さらに圧延により 95 mm ϕ にしたものの地疵数と、それと同じ熔番、同じ製造工程の別の 95 mm ϕ の圧延棒鋼をさらにスティーフェル・マンネスマンロールで {83 mm ϕ (外周) \times 63 mm ϕ (内径)} と {58 mm ϕ (外径) \times 35 mm

ϕ (内径)} のパイプに圧延したものの換算地疵数を比較すると Table 5 のごとくである。

本試験に使用した鋼材はかなり地疵の少ないものであつたが介在物清浄度は普通のものである。パイプ加工により介在物の厚みは減少するけれどもその清浄度は変化がない。今回も前回の実験と同様に地疵はパイプの内面に少く、また熱間加工によりのびて成長し、やがて疵として認められないものに移行するものと考えられる。地疵の原因が内面に酸化物やその他介在物のまったくない鋼塊の単純気泡であつたならば、パイプ加工のような苛酷なる熱間圧延によれば圧着して消滅するであろうが、簡単に消滅しないところより見て、地疵の原因は鋼塊における単純気泡とは見做されない。

IV. 熱間押しによる地疵の変化

250 kg 下注鋼塊より 75 mm ϕ に圧延した鋼材のなかでかなり地疵の多かつた鋼材を 1100°C で 38 mm ϕ に押し出した場合の地疵数の変化を試験した。最初の 75 mm ϕ 鋼材の化学成分および換算地疵数は Table 6 のごとくである。

押し出の後の 38 mm ϕ 鋼材を 1 mm 置きに 3 段切削して地疵試験をした結果は Table 7 のごとくである。

Table 6 と Table 7 の換算地疵数を比較すると、押し出しのような内部空孔の圧着し易い加工によつてもまた圧着消滅しないことが解る。すなわち地疵の原因は鋼塊における欠陥のなかでパイプ圧延や押し出しのような熱間加工によつても圧着消滅しないような欠陥でなくてはならない。

V. 総 括

以上えられた結果を総括すればつぎのごとくである。

- (1) 大きい地疵は鋼材の外周部に多く中心部に少ないが、地疵の因子の数は鋼材の内外であまり変わらない。
- (2) 地疵は圧延によつてのびる。
- (3) 地疵はパイプ加工のような苛酷な熱間圧延によつても圧着消滅しない。
- (4) 熱間押し出し加工によるも同様である。

(昭和 33 年 3 月寄稿)

文 献

- 1) 河合正雄, 木村弘: 鉄と鋼, 44 (1958) No. 6

p. 656

Table 5. Relation between the number of sand marks, at standard area, of 95 mmφ rod and (83mm×65mm) pipe, also (58 mm×35mm) pipe, which are forged and rolled from 450kg and 550kg ingots in the same charge respectively.

Charge No & ingot size	Chemical composition	Rod or pipe	Inspected diameter	Position	No of sand marks				Inclusion					
					mm 0.1~0.4	mm 0.5~0.9	mm 1.0~1.9	mm >2.0	A type clearness	A type mean thickness	B type clearness	B type mean thickness		
F822 450kg ingot	C Si Mn 0.97 0.28 0.35 P S 0.016 0.010 Cr Cu 1.36 0.23	95φ rod	90φ	T	0	0.47	0.16	0.16	1.4	3μ	1.8	4μ		
				M	0.62	0.62	0.16	0						
				B	0	1.08	0.16	0						
		×63φ _i pipe	83φ _o	80φ	T	0.75	0.38	0	0	1.4	2	0.8	3	
					B	0	0	0.38	0					
					T	0.82	0	0	0.38					
			×35φ _i pipe	58φ	55φ	T	0	0.46	0	0	1.5	2	1.2	3
						B	0	0	0	0				
						T	1.25	0	0.63	0.63				
×35φ _i pipe	48φ	48φ	T	0.63	0	0	0	1.2	2	1.2	3			
			B	0	0	0	0							
			T	0	0.81	0	1.62							
S015 450kg ingot	C Si Mn 0.92 0.31 0.39 P S 0.019 0.010 Cr Cu 1.36 0.27	95φ rod	90φ	T	0.16	1.24	0.16	0	1.3	3	2.1	4		
				M	0.47	1.08	1.71	0						
				B	0.62	1.55	0.83	0.31						
		×63φ _i pipe	83φ	80φ	T	1.13	0.38	0	0	2.1	2	0.7	3	
					B	0	0	0	0					
					T	1.64	0.82	0.41	0					
			×35φ _i pipe	58φ	55φ	T	0	0	0	0	1.3	2	1.1	3
						B	0	0	0	0				
						T	2.5	1.25	0.63	0				
×35φ _i pipe	48φ	48φ	T	0	0	0	0	1.1	2	1.0	3			
			B	0	0	0	0							
			T	0	1.62	0	0.81							
S310 550kg ingot	C Si Mn 0.97 0.25 0.25 P S 0.016 0.007 Cr Cu 1.34 0.30	95φ rod	90φ	T	0.62	1.40	0	0	0.3	3	1.5	4		
				M	0.93	1.08	0.47	0						
				B	0.47	0.62	0.31	0						
		×63φ _i pipe	83φ	80φ	T	0.38	0.38	0	0	0.3	2	1.6	3	
					B	1.50	0.38	0	0					
					T	0.82	0	0	0					
			×35φ _i pipe	58φ	55φ	T	0.82	0.82	0	0	0.2	2	1.5	3
						B	0	0	0	0				
						T	0	0	0	0				
×35φ _i pipe	48φ	48φ	T	0	0	0	0	0.3	2	1.2	3			
			B	0.60	0	0	0							
			T	1.25	0	0	0							
×35φ _i pipe	37φ	37φ	T	1.25	1.25	0	0	0.9	2	1.8	3			
			B	0	0	0	0							
			T	0	0.81	0.81	0							
×35φ _i pipe	37φ	37φ	T	0	0	0	0							
			B	0	0	0	0							
			T	0	0	0	0							

Table 6. Sand mark's number at standard area of 75 mm ϕ bearing steel rod and its chemical composition.

Charge No.	Chemical composition							Inspected dia (mm)	Position	No. of sand marks			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu			mm 0.1~0.4	mm 0.5~0.9	mm 1.0~1.9	mm >2.0
FF 235	0.98	0.29	0.39	0.016	0.014	1.41	0.35	70 ϕ	T	6.4	2.2	18.3	9.6
									M	7.1	1.3	10.1	1.3
									B	10.3	0.6	14.1	3.0

Table 7. Sand mark's number, at standard area, of extruded 38 mm ϕ rod, which ingot position is middle.

Inspected diameter	No. of sand marks			
	0.1~0.4 mm	0.5~0.9 mm	1.0~1.9 mm	>2.0 mm
(D-1) = 37 mm ϕ	0.8	0.8	3.7	11.4
(D-2) = 36	15.4	5.0	5.0	19.2
(D-3) = 35	17.5	2.1	3.9	7.3

鋼塊の縦割れに関する考察*

高梨省吾**・岩村貞光**

SOME CONSIDERATIONS ON THE LONGITUDINAL CRACK OF INGOTS

Shogo Takanashi and Sadamitsu Iwamura

Synopsis:

Observing the longitudinal cracks occurred in the killed ingots, the authors find two different types in their appearance and character, in accordance with the carbon content and the size of the ingot.

One of them appears mainly in the round ingot of its carbon content below 0.18%, which is thought to result from the peritectic reaction in the steel, and the other is found in the square-shaped ingot for forging, carbon content more than 0.30%, which is believed to be caused by the heat stress and various stresses attended by the transformation from γ to α iron.

To protect ingots from the longitudinal cracks, therefore, the authors have to take the suitable methods to meet the situation based on each different cause.

I. 緒 言

キルド鋼塊の製造に際しては、鋼塊の表面に縦割れ、横割れ、吊切れ、カブサリ、スプラッシュ等種々様々な欠陥が発生するが、そのなかでも特に縦割れは鋼塊の本体の中央部に発生し、これが発生した場合にはこの疵の除去に非常に大きな時間と経費を要するばかりでなく、致命的な欠陥となつて廃却せざるをえないような場合もしばしばである。

この縦割れは樹枝状晶の発達と関連を持つている注型温度、注型速度¹⁾²⁾によつて左右せられることは勿論、さらに樹間部の組織を脆化せしめる非金属介在物の量お

よびその析出状態³⁾、またそれらの析出状態に影響をおよぼす Al の使用量⁴⁾、ガス特に H₂ ガスの含有量、冷却時の熱応力および変態応力⁵⁾、インゴットケースの内面状況など非常に多くの因子によつて左右せられることは、すでに多くの人々によつて研究せられた通りである。然しこの鋼塊に発生する縦割れも詳細に検討すると鋼種特に C 含有量と鋼塊の形状、大きさによつて割れの発生状況および発生した割れの性状に明らかに異つた 2 つの類型がある。すなわち C 含有量が 0.18% 以下の丸

* 昭和 32 年 10 月本会講演大会にて発表

** 関東製鋼、渋川工場