

補 遺

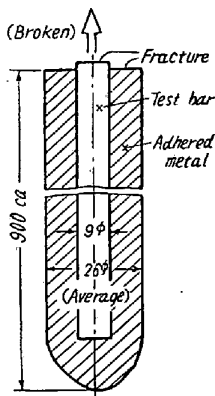


Fig. 11. Tip of the tested bar torn off due to the weight of the adhered metal.

の棒の軸心温度は凝固点にきわめて近かつたと思われる。

今浸漬後 t 秒間経過した時刻における棒の軸心温度を $T^{\circ}\text{C}$ 、メルトの凝固点を $T_0^{\circ}\text{C}$ とすれば、近似的に次式が成立つと見て差支えない。

$$T = T_0(1 - e^{-Bt})$$

ただし B は常数、また室温を 0°C とす。

この式で

$$T_0 = 1490[^{\circ}\text{C}], T = 1440[^{\circ}\text{C}], t = 12[\text{sec}]$$

メルトから引抜いた棒の

軸心温度について

12~14 秒の浸漬により軟化した測定棒が附着凝固した熔鋼をも含む自重によつて切断した経験 (Fig. 11) について考えると、棒の断面の受ける応力は

$$\sigma = \frac{\pi/4 \times 2.6^2 \times 90 \times 7.6}{\pi/4 \times 9^2}$$

$$= 57.1 [\text{g}/\text{mm}^2]$$

$$= 0.06 [\text{kg}/\text{mm}^2]$$

となり、ほとんど分離抗力がない。したがつてこの時

とすれば

$$B = 0.283 [1/\text{sec}]$$

$$\therefore T = 1490 (1 - e^{-0.283t})$$

これによつて計算すれば Fig. 2 を得る。棒の軟化温度を多少変えても、曲線の形に大きな影響はない。

文 献

- 1) 守川, 小野寺, 荒木田: 鉄と鋼, Vol. 44, No. 1 (昭 33-1), p. 9~14
- 2) 中川義隆, 他: 昭和 31 年 10 月本会講演大会にて発表, 講演概要 p. 150
- 3) 1st Rep. Heterogeneity Committee, J. Iron Steel Inst., CX III (1926), p. 39~176
- 4) 7th Rep. Heterogeneity Committee, Iron Steel Inst., Special Report No. 16 (1937), p. 1~14
- 5) A. Hayes & J. Chipman: Trans. A.I.M.E. Vol. 135 (1939), Iron Steel Div., p. 85~132
- 6) 8th Rep. Heterogeneity Committee, Iron Steel Inst., Special Report No. 25 (1939), p. 1~9
- 7) G. N. Lewis & M. Randall: "Thermodynamics", McGraw-Hill (1923), p. 242~245
- 8) 黒川慶次郎: 鉄と鋼, Vol. 30, No. 1~2 (昭 19~1, 2), p. 9~18

軸受鋼の地疵と非金属介在物との関係*

非金属介在物の研究—III

河 合 正 雄**・木 村 弘***

THE RELATION BETWEEN THE SAND MARKS AND THE NON-METALLIC INCLUSIONS OF BEARING STEEL

The study of non-metallic inclusions—III

Masao Kawai and Hiroshi Kimura

Synopsis:

In the third report, the authors studied the relation between the sand marks of steel rods corresponding to the shrinkage head of an ingot and that of the ingot itself, and also the relation between the sand mark and non-metallic inclusions, which was extracted by chemically. The sand mark was examined microscopically.

The results were briefly summarized as follows:

- (1) The number of sand marks, large and small, of steel rod, which was prepared from the shrinkage head of the ingot, is numerous, but the number of sand marks of a normal steel rod, which was rolled from the ingot itself, was small.

* 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

(2) Weight of chemically extracted non-metallic inclusions at where sand marks are gathered into a certain position of steel rods was larger than that of another position of the steel rod.

(3) Generally, the weight of the chemically extracted non-metallic inclusions at the center of steel rods was larger than that at the periphery of the same steel rod.

(4) By microscopic examination, mostly, the non-metallic inclusions existed in the sand marks.

(5) Segregation sand marks, which were caused by phosphorus and sulphur, were rarely found in the high-carbon low-chromium steel rod.

I. 緒 言

今回は第Ⅱ報りに引続いて、鋼塊本体と押湯部圧延材の地疵の比較、地疵とサンド分析値との関係、および個々の地疵を検鏡した結果より、大部分の地疵は非金属介在物に由来するものであることを実証し、また高炭素鋼にきわめて稀にあらわれる偏析地疵についても調査報告する。

II. 鋼塊押湯部圧延材の地疵

250 kg 下注軸受鋼塊を 85 mmφ, 75 mmφ, 65 mmφ, 55 mmφ に圧延し、この頭部側の端から各寸法ともに重量 5 kg ずつ、すなわち 85 mmφ×112 mm (I), 75 mmφ×114 mm (I), 65 mmφ×189 (I), 55 mmφ×268 mm (I) に4個の試片を切断して、各切断片の中央より 85 mmφ 75 mmφ のものは長さ 70 mm に、65 mmφ, 55φ のものは長さ 140 mm に試片を切断してそれぞれ、直径にして 5 mm を削った後、地疵を検査した結果地疵実数は Table 1 のごとくである。

Table 1 の地疵数は各寸法ともにその被検査面に表われた地疵の実数であり、また押湯部において圧延のマクレ込みのあつたものはそれを除外してある。いずれも先端に近い、①, ②のものは全面に長短多数の地疵があり、③においては全面多数はなくなり 1/4 面, 1/3 面, 2/3 面に、すなわち一部の面に集中した地疵が残存し、④においては急激に減少している。上述の地疵発生状況をさらにわかりやすくするために熔番 SS 137 の 65 mm φ のものの地疵検査面の展開したものを図示すると Fig. 1 のごとし。

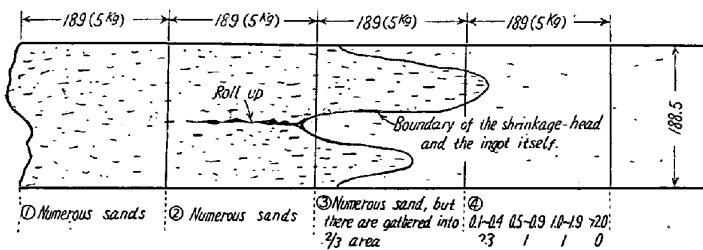


Fig. 1. Development of inspected surface (charge No. SS 137; 65φ)

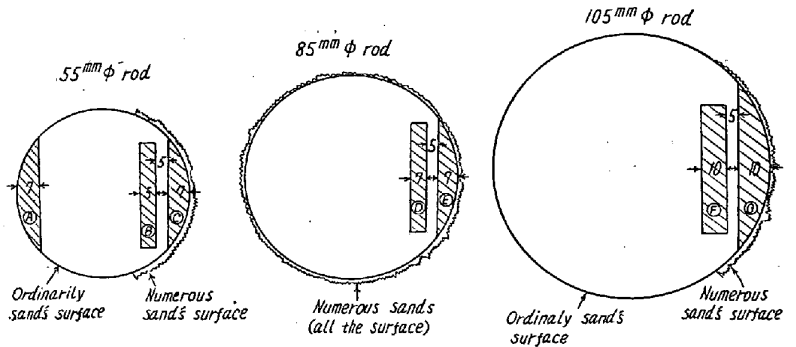


Fig. 2. Sampling method of sand analysis for 55mmφ, 85mmφ and 105mmφ rods, which have numerous sand marks.

Fig. 1 左端(頭部端)より約 360 mm までの部分には長短多数の地疵が全面に散在している。それから約 600 mm までの間では地疵多数の面が2つの岬のような形で突出している。併してこの岬と湾の間には確然たる境界があり、また切削前の鋼材の圧延面で見られる押湯部と鋼塊本体の境界線はこの地疵の境界線と一致している。

以上の実験から鋼塊における押湯部の欠陥は鋼塊本体のそれと確然たる相異のあるものと推定されるが、第Ⅳ報の実験結果によると、押湯部には鋼塊と比較にならぬ程度の大きい多数の非金属介在物が見られる。

III. 地疵とサンド分析値との関係

150 kg 下注鋼塊から圧延した 55 mmφ の鋼材であつて鋼塊の中央に相当する部位で片面に地疵多数のものと 250 kg 下注鋼塊から圧延した 85 mmφ の鋼材であつて鋼塊の頭部側に相当する部位で全面に地疵多数のもの、および 550 kg 下注鋼塊をビレット鍛造後 105 mmφ に圧延した鋼材で 1/3 面に地疵多数あつたものから、Fig. 2 のごとく試料を採り、サンド分析をした。

その結果を Table 2 に示したが、これによると地疵と全サンド量との間には明らかに一定の関係があつて、地疵の多い側には非金属介在物量が多い。また地疵の少ない側の Al₂O₃ % は高い。

また普通の地疵数の鋼材の内外の非金属介在物量および、鋼塊の内外の非金属介在物量を比較すると Table 3 のごとし。

ただし内外の試料採取位置は中心部のものは [2/10

Table 1. The net number of sand mark of the rod, which had been prepared from the shrinkage-head of the ingot, and of a normal rod from the same ingot.

Charge No.	Dia of rod (mm)	Inspected dia and length	Net number of sand marks at inspected area							
			1st end of top 5 kg ①				2nd end of top 5 kg ②			
			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 mm
S 857	85 φ	80 φ × 70	Numerous	7	4	2	Numerous	4	3	0
S 940	75 φ	70 φ × 70	"	Numerous	Numerous	Numerous	"	Numerous	Numerous	Numerous
S 958	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
S S 135	65 φ	60 φ × 140	"	"	"	"	"	"	"	"
S S 137	65 φ	"	"	"	"	"	"	"	"	"
S S 135	55 φ	50 φ × 140	"	"	"	"	3/4 area numerous	3/4 area numerous	3/4 area numerous	3/4 area numerous
S S 137	"	"	"	"	"	"	Numerous	Numerous	Numerous	Numerous

Net number of sand marks at inspected area

3rd end of top 5 kg ③				4th end of top 5 kg ④				Normal rod							
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 mm	Position	0.1~0.4 mm	0.5~0.9 mm	1.0~1.9 mm	>2.0 mm			
Numerous	20	3	1	89	2	0	0	T	13	2	1	0			
	(These sands were gathered into 1/4 area)							M	18	0	0	0			
								B	17	1	0	0			
70	11	14	6	47	0	0	0	T	51	1	0	1			
	(These sands were gathered into 1/4 area)							M	32	1	0	0			
								B	21	0	0	0			
104	11	10	2	92	0	0	0	T	40	1	1	0			
	(These sands were gathered into 1/4 area)							M	37	3	0	0			
								B	29	0	0	0			
67	11	15	9	41	1	0	1	T	64	3	1	0			
								M	20	0	0	0			
								B	59	2	1	0			
Numerous	(These sands were gathered into 2/3 area)			23	1	1	0	T	140	5	5	0			
								M	129	7	1	0			
								B	24	1	0	0			
103	44	39	12	50	2	1	0	T	30	5	0	0			
	(These sands were gathered into 1/3 area)							M	67	12	2	1			
								B	59	3	0	0			
Numerous	Numerous	Numerous	Numerous	37	6	6	2	T	31	9	2	1			
								(These sands were gathered into 1/4 area)			M	39	6	4	0
											B	—	—	—	—

×(直径)], 以内で, また外周部のものは 1/10×(直径)の外周部で試料を採取した.

Table 3 によると鋼塊底部の例をのぞいて鋼材および鋼塊の中心部は外周部に比べて全サンド量が比較的少量にある. しかるに前調査(第Ⅰ報Ⅰ)によると一般に鋼材の比較的外周部に地疵が多い. 地疵がサンド量と比

例する上記 Table 2 の例と, この Table 3 によるサンド分析量と地疵のあらわれる方の逆である例から考えて, 地疵はサンド分析量と一応比例する場合もあるが単純に比例するのではなく, その個々のサンドの大きさが大きい役割をはたすものであつて, その大きさが鋼塊の凝固の機構と関係あるものと想像される. (第Ⅴ報参照)

Table 2. Relationship between sand marks and sand analysis.

Charge No.	Chemical composition							Sample No.	Sand analysis					Residual Al %	
	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Cu %		Total sand %	Chemical composition					
										SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %		Cr ₂ O ₃ %
S 435	1.00	0.28	0.41	0.018	0.012	1.46	0.22	(A)	0.0109	11.78	81.60	3.88	0.41	2.14	0.046
								(B)	0.0135	12.41	78.80	4.76	0.58	3.68	0.113
								(C)	0.0143	16.13	69.83	8.67	0.62	4.58	0.135
S 488	0.96	0.26	0.38	0.014	0.012	1.37	0.24	(D)	0.0117	7.00	82.50	5.72	0.35	3.95	0.040
								(E)	0.0126	6.13	79.80	8.28	0.41	4.64	0.057
S 650	0.97	0.26	0.44	0.014	0.010	1.38	0.22	(F)	0.0106	4.76	91.50	2.09	1.10	0.57	—
								(G)	0.0115	8.86	88.60	1.06	1.08	0.12	—

Table 3. Sand analysis, which are sampled at the center or periphery of rods and ingots.

Rod or ingot	Charge No.	Chemical composition							Sample position	Total sand %	Chemical composition of sand					
		C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Cu %			SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	FeO %	MnO %	Cr ₂ O ₃ %	
Rod (75 mm φ)	S 358	%	%	%	%	%	%	%	Center Periphery	0.0093	20.4	77.03	0.89	0.54	0.92	
		0.99	0.26	0.40	0.012	0.012	1.45	0.23		0.0067	5.9	91.30	0.75	0.75	1.17	
Rod (75 mm φ)	S 379	0.98	0.22	0.36	0.019	0.014	1.38	0.25	Center Periphery	0.0107	18.33	70.02	1.47	0.73	1.01	
		0.98	0.22	0.36	0.019	0.014	1.38	0.25		0.0101	8.08	87.11	2.42	0.51	1.72	
Ingot (250 kg)	SS 021	1.00	0.26	0.43	0.021	0.015	1.36	0.22	Top	Center	0.0099	9.90	83.20	4.32	0.49	1.98
									Periphery	0.0082	13.80	82.36	1.88	0.37	1.50	
	Middle	Center	0.0138	8.26	85.90	3.08	0.38	2.64								
		Periphery	0.0125	12.20	82.22	3.57	0.65	1.38								
	Bottom	Center	0.0108	11.10	85.95	1.11	0.40	1.11								
		Periphery	0.0152	30.52	66.70	1.14	0.31	0.61								
SS 099	0.97	0.24	0.41	0.025	0.015	1.36	0.20	Top	Center	0.0133	4.83	88.75	1.95	0.63	3.06	
								Periphery	0.0132	5.00	90.00	3.07	1.15	0.29		

また下注法においては一般に鋼塊の底部外側に、すなわち鑄型と定盤とに囲まれた隅角部に非金属介在物量が多いと言われるが、本実験においても熔番 SS 021 鋼塊の底部外側のサンド量は他の箇所の一般的傾向と趣を異にし、外側のサンド量は中心部のそれより多量で他に比べてその値が格段と高い。しかるにこの場合においても第 I 報²⁾ II の統計的調査その他の例によると底部には地疵が少い。この理由も地疵は全非金属介在物量と単純に比例するものにあらずして、その個々の大きさに大きく影響されるものであり、鋼塊におけるこの部分の冷却速度は他に比べて迅速なるために非金属介在物の形状が小さいためであろうと推定される。このことは第 IV 報の鋼塊の非金属介在物の形状の調査と一致する。

IV. 地 疵 の 状 況

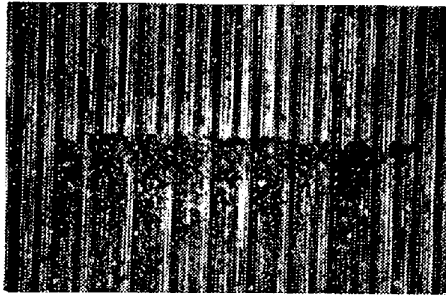
250 kg 下注鋼塊から圧延した 75 mm φ 軸受鋼を、1.5

mmR の剣バイトで切削速度 550 r.p.m. 送り 0.1 mm で (直径 - 5) mm に切削した面にあらわれる地疵を、そのまま 30 倍の拡大鏡で詳細に観察すると、長さ 1 mm 以上の大きい地疵はほとんど凡て非金属介在物をはさんでいる。また長さ 0.5 mm 以下の地疵もその大部分のものは介在物をもっているが、中には介在物の存在不明のものもある。

切削面における長さ 1 mm 大の地疵をそのまま 60 倍に拡大して写したものを Photo. 1 に示し、切削面における地疵の典型的な模様を Fig. 3 に示す。

また Photo. 2, Fig. 4 のように長さ約 2.5 mm の地疵と 0.7 mm 位の地疵と大小 2 つの地疵がきわめて近接して存在するものもある。

長さ約 2.5 mm、巾約 60 μ の地疵は明らかに介在物をもっているが、長さ約 0.7 mm、巾約 6 μ の小地疵は検鏡下においても介在物の有無が明瞭でない。もし鋼



×60 (2/3)

Photo. 1. The sand mark at turning surface.

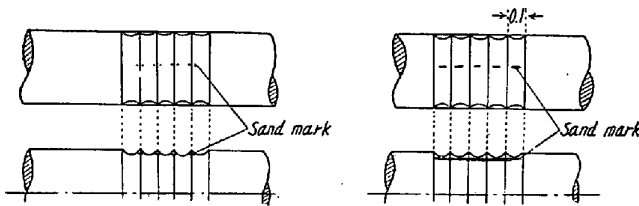


Fig. 3. Typical sand marks at turning surface.



×100 (2/3)

Photo. 2. Large and small sand marks, of which the distance are very narrow.

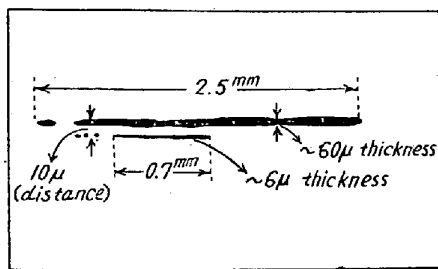
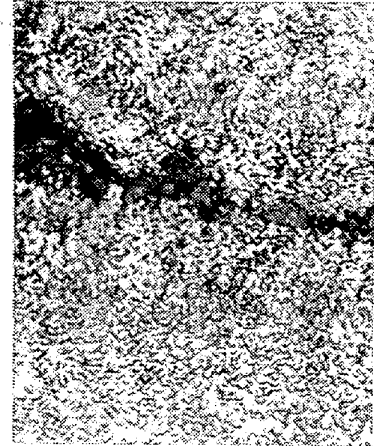


Fig. 4. General review of Photo. 2.

塊において大きい地疵の方は気泡かあるいは介在物を吸着した気泡であり、小さい地疵は単純気泡であつたとすると、この両者が圧延されて 10μ の間隔であるような近接した位置で、熔鋼中で別々に存在することは困難であると考えられる。すなわちかかる状態にある小地疵の原因は一応非金属介在物と見做すのが順当であろう。

圧延比の大きい細物鋼材 ($30\text{mm}\phi$) における 0.4mm 以下の小さい地疵はもちろん、大きい地疵の中にも30倍の拡大鏡では純然たる割れ疵 (すなわち単純気泡の未圧

着物) か、介在物をもつたものかを確認することの困難な場合が多い。かかる介在物の無いかに見える小さい地疵を切り出し、疵を残したまま研磨後500倍の顕微鏡で見ると Photo. 3 のごとく明らかに介在物を有し、その介在物の周辺の球状化セメントイトは異状なく普通の組織である。



×500

Photo. 3. $L \sim 0.3\text{mm}$ sand mark.

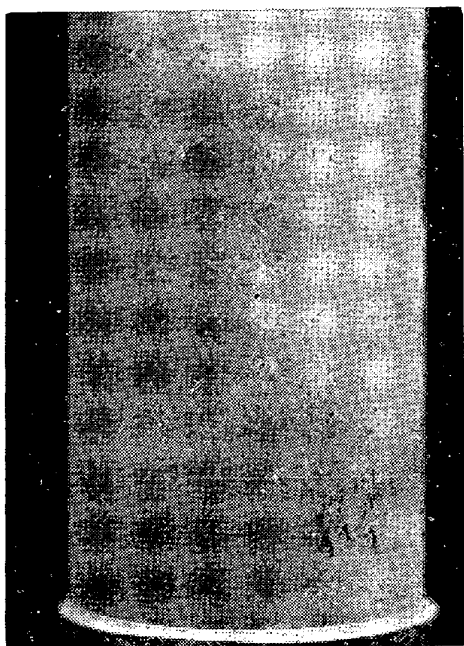
また軸受鋼材を地疵検査用に切削加工後 (∇)、水で (1:1) に薄めた王水に約 10 秒間腐蝕して水洗、乾燥し75倍の双眼顕微鏡で地疵部を見ると非金属介在物の存在が明瞭に認められるもの、また介在物の脱落した跡が見られるものが多い。とくに圧延比の少ない、例えば圧延比 4~5 の、250kg 鋼塊から $95\text{mm}\phi$ に圧延した地疵のあまりのびていないものではほとんど介在物が脱落せずに残存し、切削面で地疵と認められた箇所には全部非金属介在物を嚙んでいるものもある。

以上の実験より、地疵の主原因は一応非金属介在物であろうということが略々明確である。

V. 特殊な形の地疵

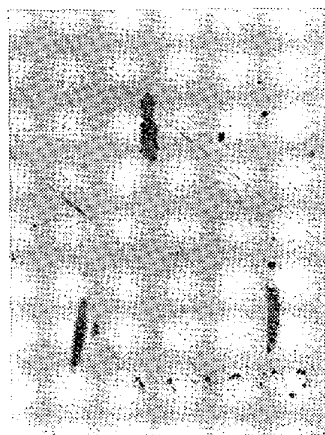
250kg 下注軸受鋼塊から $75\text{mm}\phi$ の成品に圧延した軸受鋼、(熔番 FF 235, 0.98% C, 0.29% Si, 0.39% Mn, 0.016% P, 0.014% S, 1.41% Cr, 0.35% Cu) に普通の地疵とちがった地疵が多数あらわれた。すなわち疵見検査において切削面をそのまま見ると、地疵の部分はかすかに光沢があり、30倍の拡大鏡の下でも光沢のみで割れとか非金属介在物は全く見られない。これを (1:1) の王水中で約2分間腐蝕して水洗後乾燥すると少し巾のある舟型の疵としてかなり明瞭に見られる。それを Photo. 4 に示す。

この舟形の地疵箇所をバフ研磨すると研磨面にかすかに光沢のないものが丁度疵の箇所にあつて、これを 600倍に拡大したものが Photo. 5 でその1個、1個は明瞭



(Chemical composition: 0.98% C, 0.29% Si, 0.39% Mn, 0.016% P, 0.014% S, 1.41% Cr, 0.35% Cu)

Photo. 4. Special sand mark of bearing steel.



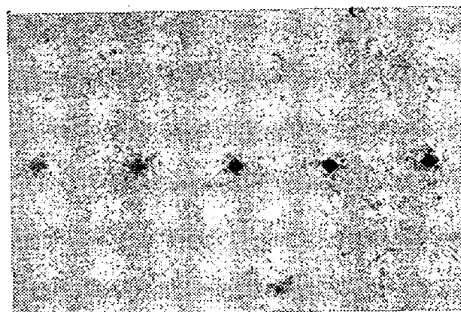
×600 (2/3)

Photo. 5. Inclusion of the special sand marks.

に硫化物であることが認められる。

この試料を 5% HCl アルコール溶液で腐蝕すると疵の部分は Photo. 6 のごとくやゝ白く見え、この白く見える部分を 500~600 倍以上に拡大すると巨大セメンタイトの集中が見られ地の部分と明瞭に区別できる。またこの疵(巾約 0.3mm 長さ約 1.2mm)の附近の硬度を荷重 200g のマイクロビッカース硬度計で測定した結果を Fig. 5 に示す。地の部分の硬度は約 223 で疵の箇所は約 242 であつて硬度においても約 20 の差がある。

この鋼材の製造工程の中には鋼塊における 1200°C 5 時間加熱のソーキング工程のごとき成分を拡散均一化する



×100 (2/3)

Photo. 6. The structure, which is etched by 5% HCl alcohol solution, of the special sand mark and its hardness is measured by microvicker's hardness tester.

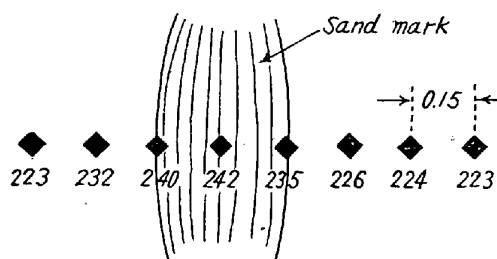


Fig. 5. Hardness of the special sand marks and its matrix.

る操作があるにも不拘、セメンタイトの濃度差のきわめて大なる偏析が残存し、またこの特殊地疵のある鋼材をさらに 1200°C 5 時間加熱したが依然としてセメンタイトはほとんど拡散せず、また地疵と認められることにも変りがない。

鋼塊におけるソーキング、さらに鋼材におけるソーキング操作を経てなお巨大セメンタイトの拡散消失のないことから、かかる P, S の局部偏析部の C の拡散は極度に困難なものであることがしられる。

このような偏析は P, S の逆偏析によるもので、この局部偏析による“偏析地疵”は一般にやや大型のものが多く巾の大きいものが多い。またチャージ全体にわたる。しかしその現出頻度はむしろ稀である。

VI. 総 括

以上を要約すればつぎのごとし。

(1) 鋼塊の押湯部を圧延したのものには地疵が無数にあり、鋼塊本体との間には地疵数および地疵の大きさに確然とした境界がある。

(2) 鋼材の地疵の集中した部分の全サンド量はほかの箇所の全サンド量より高い。

(3) 一般に鋼材および鋼塊の中心部は外周部より全サンド量が多い。

(4) 検鏡によると大きい地疵はほとんどすべて非金属介在物をはさんでいる。小さい地疵もまた同様である。

(5) 高炭素鋼には稀にいわゆる“非金属介在物”のない所の、P、Sの偏析による地疵の発生することもある。

る。(昭 33—3 月寄稿)

文 献

1) 河合正雄, 木村弘: 鉄と鋼, 44 (1958) No. 6

2) 河合正雄, 木村弘: 鉄と鋼, 44 (1958) No. 7

18-4-2 型高速度鋼の性質におよぼす C の影響について*

山中直道**・日下邦男***・北原正信***

INFLUENCE OF CARBON ON THE PROPERTIES OF 18-4-2 TYPE HIGH SPEED STEEL

Naomichi Yamanaka. Dr. Eng., Kunio Kusaka and Masanobu Kitahara

Synopsis:

To investigate the influence of the carbon on the properties of 18-4-2 type high speed steel which were used for forming or finishing cutting tool, the authors measured the critical temperature, Ms point, quenched and tempered hardness, retained austenite, dimensional change, toughness and mechanical properties at high temperature.

The results obtained were as follows:

(1) The critical temperature and Ms point were lowered with the carbon addition and the beginning curve of the isothermal transformation was moved to long time side with the carbon addition.

(2) The quenched hardness was raised with the austenitizing temperature in the lower carbon content and was lowered as the carbon increased to more than 0.76%. For obtaining the fully quenched hardness, the austenitizing time needed about 1 or 2 minutes for 16φ × 10mm specimen. The tempering hardness as the secondary hardening was raised with the carbon addition and with the quenching temperature elevated.

(3) The quantity of retained austenite measured by the magnetic method increased with the carbon addition. During the tempering, decomposition of the retained austenite was occurred at about 500°C rapidly and all amount of them was entirely decomposed between 575°C to 600°C

(4) The toughness measured by the static bending test decreased with the carbon addition and the impact strength at elevated temperature also decreased with the carbon addition. The tensile strength, elongation and reduction of area at elevated temperature were hardly affected by the carbon addition, but were affected by the tempering and testing temperature.

I. 結 言

18-4-2 型高速度鋼は標準 18-4-1 型よりも V が高いため摩耗抵抗, 切削能力において優れている。そのためリーマー, ブローチ, 螺子切ホップその他成形工具, 仕上工具として用いられ, とくに高速度軽切削の仕上工具として摩耗抵抗の大なることを必要とする場合に適する。吾々はこの型の高速度鋼について炭素量を細く変化させその性質をしらべた。高速度鋼における C 量と V 量との関係についてはすでに種々の実験結果¹⁾が報告されているが, 吾々は C 量を 0.62~1.10% まで変化させ

て試料を作り, 実験をおこなった。供試材は Table 1 に示すごとき成分のもので, 35KVA 高周波誘導電気炉で 7kg 鋼塊を熔製し, 中延鍛造後これを 13φ mm に圧延して使用した。

II. 実 験 結 果

(1) 変態点

本多式膨張計を用い約 2°C/mn の加熱および冷却速

* 昭和 31 年 4 月本会講演大会にて講演

** 特殊製鋼株式会社 工博

*** 同 研究所