

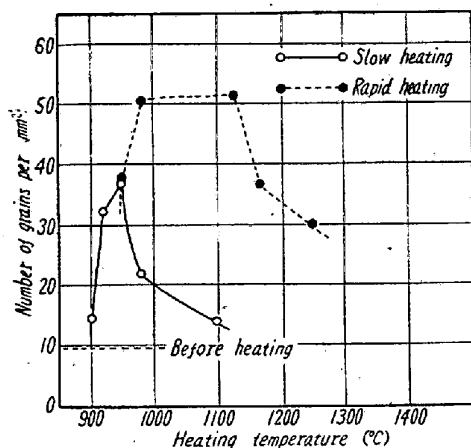


Fig. 4. Change of the grain size of the annealed specimen caused by A_3 transformation.

きないので、急熱による結晶粒微細化が $\alpha \rightarrow \gamma$ 変態によつて決められたか、あるいは $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態によつたか、また以上二つの変態がともに働いたかは明かにできない。しかし両試料ともに $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態は同一条件の焼入れによつているので両者の差異の大部分は $\alpha \rightarrow \gamma$ のさいの加熱速度の差異に基づくことは考えられる。

IV. 総 括

極軟鋼薄板の熱処理とくにその加工材の再結晶に伴なう諸性質の変化、また A_3 変態におよぼす加熱速度の影響を調べ、つぎの結果を得た、

(1) 加工材が、硬度、引張諸性質において軟化を終了する温度は、再結晶終了温度と一致し、急熱によつて

約 100°C 過熱される。

(2) 再結晶粒度は、急熱した場合の方が小さく、また再結晶直後の顕微鏡組織は、徐熱急熱ともにいちじるしい混粒を示す。

(3) X線回折写真によつて、再結晶後の試料の方向性を調べた結果、急熱した場合の方がより random な方位を持つ結晶粒の多いことが判つた。

(4) A_3 変態終了温度は急熱によつて約 30°C 過熱され、変態後の結晶粒度は、急熱の場合の方が小さくなった。

終りに貴重な試料を提供して頂いた、八幡製鉄株式会社に感謝致します。(昭和 35 年 8 月寄稿)

文 献

- 1) 作井誠太, 他: 鉄と鋼, 44 (1958), 136
- 2) " : " , 45 (1959), 39
- 3) 小崎正秀: 日本金属学会誌, 9 (1943), 349
- 4) U. YOSHIDA: Mem Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. 19 (1936) 69
- 5) 作井誠太: 応用物理, 16 (1947), 87
- 6) SACHS et al: Z. Physik., 62 (1930), 592
- 7) GENSAMER et al: Trans. Met. Soc., Amer. Inst Min., Met & Pet. Eng., 125 (1937), 501
- 8) K. V. GRIGOROV: The Physics of Metals and Metallography, 7 (1959), 147
- 9) 作井誠太: 日本金属学会分科会報告, 第 18 輯 (1955)
- 10) 小野健二, 他: 日本金属学会講演概要, 1958年春
- 11) P. DUWEZ: California Institute of Technology, Private Communication

軸受用高炭素クローム鋼管における地疵の解析*

三 好 栄 次**

Macroscopic Non-Metallic Inclusions in Tubes of High-Carbon Chromium Ball-Bearing Steel.

Eiji Miyoshi.

Synopsis:

Macroscopic non-metallic inclusions are usually inspected by naked eyes on the surface of tubes cut by the lathe. Sometimes there are many small inclusions whose length is ranged from 0.1 mm to 0.4 mm, but whose width is quite thin. The accuracy of this inspection was discussed here.

At first, the accuracy caused by the individual inspector, the variance between the different inspector and the variance inspected at different times by the same inspector were tested. The results proved that the variance was large enough to cover the commercially permissible number.

* 昭和 31 年 10 月本会講演大会にて発表 ** 住友金属工業株式会社中央技術研究所

The macroscopic non-metallic inclusions are compared with the number of non-metallic inclusions counted through a microscope. The former were proved to be about 10% of the latter. This means the uncertainty of this method of inspection. This should be paid attention from the commercial point of view.

I. 緒 言

現在高炭素クローム鋼による軸受用鋼管は従来素材として使用されていた丸鋼材と同様の性質を要求されている。しかし鋼管においては従来の丸鋼材とはいろいろの点で異なつた状態を示すのでそれぞれの事項について再検討の必要がある。地疵に関係して軸受用鋼管の特徴は圧延比が大きいことである。この結果地疵そのものは巾が細くなり、また従来認められなかつたような微細な地疵が多数あらわれることがあつてその判定がはなはだ不安定となる。また結晶偏析と判断されるものが認められることがある。地疵はその観察の条件によつて結果に相異を招くことも確められている。またその形が大きく明瞭なものは別として鋼管に多く認められる微細な地疵については観察方法の当然の結果として観察者の個人差の多いものである。したがつてほかの一般の試験法と同様に地疵の判定にあたつては観察方法の限界を理解したのちに客観的な判断を下すことが必要となる。地疵についてはこのような観察方法の限界について十分に検討された例はない。またこの変動の大きい原因の一つとして鋼管に認められる微細な地疵の正体および発生の状態が十分明らかになつていないためである。本研究は地疵の観察結果の変動を検討し、さらに地疵の原因を考察してこの種の解析方法の客観性を検討した結果である。

II. 地疵観察結果の変動について

地疵の観察結果に影響を与える要因としては材料の硬度、材料の結晶偏析の程度、切削条件、観察者の個人差、観察者個人内の変動が考えられる。観察者の個人差、観察者個人内の観察結果の時期的な変動などは観察方法の精度を示すものである。丸鋼の地疵検査においては地疵そのものの数が少なく明確であるが鋼管では数が多く、しかも小さいものが多いので見誤る率も多くなる。このため地疵検査そのものの客観性も問題となるがこれは暫く置いてまず鋼管の地疵検査の観察精度について検討した。

1) 実験方法

供試材料は同一溶解に属するもので Stiefel-Mannesmann 製管機により製管後冷間引抜した鋼管である。外径 64mm, 内径 46mm, 肉厚 9mm で化学成分としては C 1.02%, Si 0.26%, Mn 0.41%, P 0.017%,

S 0.005%, Cu 0.17%, Cr 1.51% である。各実験項目ごとに1本の鋼管を使用した。

検査のための表面の仕上は切削速度 60~80m/mn, 切込深さ 0.2mm, 送り 0.2mm, バイトのすくい角はすべて一定という条件で実施した。この中で切削速度は上記の範囲内で実験項目によつて多少変化する。

試験片の大きさは長さ 170mm で切削した長さは 150mm である。切削面の外径方向の位置は外面および内面から 2mm の深さの位置である。

検査方法として通常は欠陥部に符号を付し、これを後刻集計する。しかし検査員相互の影響を見るためには符号をつけることは適当ではない。また符号をつけずに全面を検査することも不可能である。このため切削面を小さい部分に区割してその一つの区割内での地疵を記憶して記録する方法をとつた。この小区域の大きさは地疵の数と記憶し得る能力とによるがこの方法による誤差を減ずるためできるだけ小さい方がよい。この実験では縦方向に巾 2cm の間隔で筋をつけた。

各検査員は同一試料を繰返し3回検査した。1回の検査ごとに試料を検査員から取り上げて各試料に対する記憶を妨げた。その順序は繰返しをも含めて乱数表により決定した。また検査に当つては検査員の観察に客観性を与えるように真空中に封入した標準試験片を置き、これとしばしば比較しながら検査を実施した。

2) 同一検査員による同一物の観察結果に対する変動

検査員3名は熟練者を選んだ。試験片の数は外表面付近検査用3本、内表面付近検査用4本である。繰返し実施した3回についてそれぞれの検査員別に平均値、標準偏差、変動係数を計算した結果を Table 1 に示す。

この結果より明らかなように3名の検査員の中で比較的安定した結果を示しているO検査員においても繰返しによる変動はいちじるしく、とくに微細疵については変動係数 30% におよぶことがわかる。またこの結果では長い地疵に対する変動係数が大きく示されているがこれは地疵の数の絶対値が少ないことがおもな原因と考えられ、統計的処理を施すことが無理であることがわかる。

3) 検査員の個人差に関する実験結果

上記と同じ実験結果に対して砂疵長さごとに検査員および試験片を要因として行なつた分散分析結果を Table 2 に示す。この結果からつぎのことが認められた。

(1) 検査員による個人差はいちじるしく、とくに地

Table 1. Statistical analysis of counting of macroscopic non-metallic inclusions which showed the variance due to the inspector.

Inspected outside surface	Length of inclusions mm	Inspector	a ₁			a ₂			a ₃		
			$\bar{X}$	σ	$\sigma/\bar{X}\%$	$\bar{X}$	σ	$\sigma/\bar{X}\%$	$\bar{X}$	σ	$\sigma/\bar{X}\%$
0.1~0.4	O	H	30.0	4.58	15.2	40.3	6.03	15.0	31.3	6.11	19.5
		K	63.7	20.11	31.6	51.7	3.11	6.0	46.7	14.29	30.6
		K	25.0	8.89	35.6	18.3	2.08	11.4	21.0	5.57	26.6
0.5~0.9	O	H	4.3	1.07	24.9	6.7	1.53	22.8	5.3	1.53	28.9
		K	10.3	2.08	20.2	15.0	7.81	52.1	19.3	3.41	17.7
		K	6.7	1.53	22.8	3.7	2.08	56.2	5.3	3.79	71.5
>1.0	O	H	1.7	0.66	38.8	4.0	1.00	25.0	4.0	2.00	50.0
		K	5.0	0	0	5.0	1.00	20.0	4.3	0.66	15.3
		K	0.7	0.58	83.0	4.3	2.52	58.7	3.0	0	0

Inspected inside surface	Length of inclusions mm	Inspector	b ₁			b ₂			b ₃			b ₄		
			$\bar{X}$	σ	$\sigma/\bar{X}\%$	$\bar{X}$	σ	$\sigma/\bar{X}\%$	$\bar{X}$	σ	$\sigma/\bar{X}\%$	$\bar{X}$	σ	$\sigma/\bar{X}\%$
0.1~0.4	O	H	81.3	27.92	34.4	69.7	5.03	7.2	64.0	9.64	15.1	136.0	15.39	11.3
		K	65.7	20.04	30.0	119.3	27.30	22.9	85.3	33.18	38.9	131.0	18.73	14.3
		K	51.0	36.51	71.6	47.0	8.66	18.4	41.7	15.63	37.6	87.0	24.52	29.2
0.5~0.9	O	H	7.7	3.41	44.3	6.7	1.16	17.6	10.7	3.12	29.2	16.0	5.00	31.2
		K	18.7	8.02	42.9	38.0	12.49	32.8	24.0	11.79	49.2	43.0	10.00	23.2
		K	3.7	3.12	84.3	11.3	2.08	18.8	6.7	2.89	43.2	6.7	0.58	8.7
>1.0	O	H	0	0	0	0.3	0.58	193.3	1.0	0	0	0	0	0
		K	4.0	1.73	43.2	9.3	2.31	24.9	5.3	4.04	76.2	7.0	1.73	24.7
		K	0.7	1.16	165.7	2.7	2.08	77.2	0.3	0.58	193.3	0.3	0.58	193.3

Note: a₁, a₂, a₃, b₁, b₂, b₃, b₄ show the mark of test pieces.

Table 2. Statistical analysis of variance in macroscopic non-metallic inclusions in the same sample due to the inspectors.

Outside surface	0.1~0.4mm				0.5~0.9mm				>1.0mm			
	SS	df	V	F	SS	df	V	F	SS	df	V	F
1	4858	2	2429	20.40**	555	2	278	19.80**	22	2	11	5.5**
2	195	2	98	—	41	2	21	—	19	2	10	5*
3	2627	22	119	F ₂₂ ² =5.72	313	22	14	F ₂₂ ² =5.72	40	22	2	F ₂₂ ² =3.44
Total	7675	26		(1%)	909			(1%)	81			(5%)

Inside surface	0.1~0.4mm				0.5~0.9mm				>1.0mm			
	SS	df	V	F	SS	df	V	F	SS	df	V	F
1	12088	2	6044	10.8**	4021	2	2011	34.6**	191	2	96	32**
2	17123	3	5708	10.2**	745	3	248	4.28*	40	3	13	4.3*
3	16778	30	559	F ₃₀ ² =5.39	1749	30	58	F ₃₀ ² =3.32(5%)	98	30	3	F ₃₀ ² =3.32(5%)
Total	45989	35		(1%)	6515	35		(1%)	329	35		(1%)

Note: SS: Sum of square, df: degree of freedom, V: variance, F: F-value

* Significant in 5% level, ** Significant in 1% level

1: Inspectors, 2: Tubes, 3: error

疵が小さく数の多い場合に認められる。

(2) 1本の鋼管内においても位置によつて地疵数に有意な差が認められる。

長い地疵は数が少なく、鋼塊の中でも一様に分布するものではなく、小さい面積に対しては任意的に発生する性質のものであるから同じ1本の鋼管内でも発生状況に差のあるのは当然考えることである。微細な地疵は数も多いので統計的観察を実施しやすいものであるが同時に小さいために見誤りも大きいと考える。

要するに本分析の結果は個人差も大きい上に同一鋼管内においても少なからぬ変動を伴うものであることがわかった。

4) 同一人の検査に対して検査時期が異なる場合の変動

切削条件、検査要領などはほぼ一定であるが検査時期が異なる場合における同一検査員の観察結果に生ずる変動について検討した。これは同一検査員が繰返し検査する場合と同じ意味を持つものであるが時間的間隔が離れている場合である。

検査員としては上記実験の結果、比較的安定な結果を生ずるO検査員が実施した。この結果は時期が異なるばかりではなく試料も同一鋼管から採取したものばかりではない。同一溶解であることには変りはない。

この結果を切削条件に基づいて群別したものをTable 3に示す。この結果から検査結果の変動の大きいことがわかる。この中には既述の試験片による変動も含まれているのでTable 1の結果よりも大きい。

5) 実験結果に対する考察

本実験において地疵に符号をつけることなく検査した点に問題がないわけではないが地疵検査結果には変動が大きく、個人差あるいは個人内においても機会ごとに変動を伴うことが認められた。また1本の鋼管内においても変動が多いことがわかった。この事実は地疵検査に

よる鋼質の判定はこの変動を越えた相異に対してのみその優劣を判断し得るものであつてこの変動内の差では結論的なことはいえないことがわかる。

III. 地疵の顕微鏡的観察

製管時に発生する表面疵や煉瓦の捲き込み疵などのような成因のわかつた地疵は別にして鋼管内に認められる比較的小さい地疵についてはその成因が十分に研究されていない。地疵は通常長さのみについて観察されるので圧延比の大きい材料では小さい欠陥も引伸されて細く長くなっている。これらはいうまでもなく鋼中に含まれている広義の異物あるいはなんらかの不連続部分であることは疑ない。これが切削にさいして表面にあらわれるものである。非金属介在物に基因すると考えて見た場合顕微鏡的に観察される介在物に比べて地疵として表われる数は遙かに少ないものである。このため地疵として表われる介在物の特性を知るため地疵とそれを顕微鏡的に観察した結果を比較する実験を実施した。

1) 実験方法

(1) 供試材 含有する非金属介在物の傾向の異なる3鋼塊の材料を使用した。これらの化学成分はTable 4に示すとおりである。各鋼塊の特徴としては alumina 系, silicate 系, sulphide 系の介在物にそれぞれ富むものである。

(2) 段削試料について地疵検査を行ない、各試験片、各段ごとに地疵と判定された欠陥の周囲に符号を付し、鏡面研磨後もその位置を明確にできるようにした。この符号を付する数は地疵が80コを越える場合は無作為的に80コを選び、80コ以下の場合には全数を検鏡することとした。

(3) 地疵検査後円筒状のまま鏡面研磨し、地疵そのものを顕微鏡により観察し、介在物の種類、長さ、厚み別に分類した。この場合介在物の種類は形状と色沢によ

Table 3. Variance due to the chances by the same inspector in counting of macroscopic non-metallic inclusions included in the same heats of ball-bearing steel tubes.

	Out diameter	Cutting speed on a lathe	n	The ranges in length of each macroscopic non-metallic inclusions											
				0.1~0.4mm			0.5~0.9mm			1.0~1.9mm			>2.0mm		
				$\bar{X}$	s	s/ $\bar{X}\%$	$\bar{X}$	s	s/ $\bar{X}\%$	$\bar{X}$	s	s/ $\bar{X}\%$	$\bar{X}$	s	s/ $\bar{X}\%$
A	60(Out)	71.5	8	26.7	12.02	45.1	12.9	9.05	70.1	2.8	1.91	68.3	0.8	0.71	88.8
B	60(Out)	50.8	8	32.3	20.46	63.4	15.0	3.55	23.6	3.8	2.32	61.1	0.6	1.06	176.8
C	56(Mid.)	71.5	18	40.1	14.04	35.0	15.1	6.39	42.4	3.8	2.00	52.7	0.3	0.47	156.6
D	56(Mid.)	50.8	18	44.4	21.56	48.6	16.1	8.32	51.7	3.4	2.06	60.6	0.4	0.59	147.5
E	50(In)	59.6	12	86.9	31.12	36.0	10.3	4.51	43.8	2.0	1.00	50.0	0.3	0.47	156.6

n = number of tests, $\bar{X}$ = mean value due to the chances, s = standard deviation.

Table 4. Chemical analyses of the samples tested.

		Chemical compositions (%)															Number of test pieces
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Al (Soluble)	Sn	O ₂	N	
Alumina rich heats	A	1.03	0.33	0.49	0.012	0.006	0.15	1.47	0.09	0.05	0.01	tr	0.003	0.022	0.0051	0.0094	10
Silicate rich heats	B	1.04	0.27	0.44	0.011	0.005	0.14	1.42	0.08	0.04	0.013	tr	0.002	0.019	0.0046	0.0114	8
Sulphide rich heats	C	0.99	0.32	0.42	0.011	0.007	0.14	1.30	0.10	0.08	0.01	tr	0.001	0.024	0.0037	0.0076	22

つて分類し、のちに腐食法により確認した。また空孔または不明となつたものは別に記録した。

(4) 段削試料の各段にほぼ相当する面を鋼管の表面に平行に平面に切削研磨ののち全面積について通常の介在物検査と同様の方法で観察した。その結果それぞれ種類、長さ、厚さ別に類別した。

(5) 上記の結果に基づいて地疵検査結果と顕微鏡による検査結果を比較した。

2) 実験結果

(1) 地疵の顕微鏡的観察結果

地疵をそのままの状態顕微鏡により観察した例を Fig. 1 に示す。地疵はいずれも介在物が存在しており、その状態に各種の場合のあることがわかる。さらにこれを円筒のままで鏡面研磨して地疵の数と介在物の種類の関係を長さあるいは厚さ別に分類した。その結果を Table 5, Table 6 に示す。長さ 1.0mm 以下、厚さ 9 μ 以下のものが多い。また地疵の約 40% は空孔あるいは消失して介在物の認められないものであるが Fig. 1 に認められるように介在物が存在していたものであることは疑いない。介在物そのものが細く、厚さ 9 μ 以下のものが多いことおよび鏡面研磨のさい切削の凹凸は落してしまうのでこの部分のみに存在する介在物は研磨によつて落下してしまうことは考えうることである。また空孔および消失するものの介在物の種類に対する比率は 3 鋼種に対してほぼ同数であるので介在物の種類によつて偏向する傾向はないと考える。したがつてこれらの不明となつたものが観察された介在物と同じ割合で存在していたと仮定することは無理ではない。したがつて初めに地疵検査によつて観察されたものの中における介在物の種類別の数を求めることができ、さらにこれを標準面積に換算したときの数を Table 7 に示す。

(2) 顕微鏡による非金属介在物検査結果

鋼管内で表面に平行な平面で切削して通常の非金属介在物検査を行ない、長さ別、種類別に分類した結果を

Table 8 に示す。この結果を地疵検査の結果と比較するために検鏡面積から地疵検査の標準面積に換算した数値を Table 7 に併記した。

この結果から非金属介在物が地疵として現出すると考えた場合その比率を示すと Table 9 となる。この結果からわかるようにそこに存在する非金属介在物の 20% 以下が地疵として表われるに過ぎない。地疵のうち空孔あるいは消失したものをすべて介在物であると仮定したがもしこれを除外して考えるならば現出率はさらに低下して 10% 以下となるであろう。また介在物の種類によつてとくに高率に現われるという傾向も認められない。要するに長い介在物が存在するにもかかわらず地疵として現われる率ははなはだ低いものである

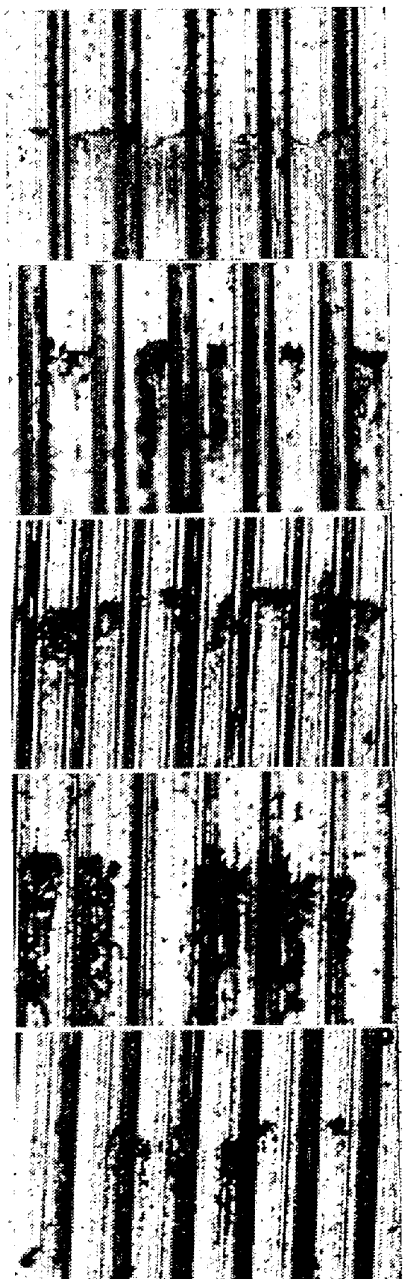


Fig. 1. Micrographies of some macroscopic non-metallic inclusions on the surface cut by the lathe. $\times 40$ (2/3)

ことがわかった。

3) 実験結果に対する考察

地疵そのものを鏡面研磨したのはその介在物の種類を確認し、地疵として現われやすい傾向を持つ特定の介在物の存在を調べるためであり、鋼中に存在する介在物と地疵として表われる介在物の比率を比較することであつた。したがつて観察された地疵のすべてを鏡面研磨しなかつたけれども無作為的に選んだのでこの目的のためには十分であることがわかる。

本実験の結果地疵はすべて非金属介在物に基づくという結論はできなかった。しかし外観上の観察からなにか介在物の存在することが推定し得る。また空孔は研磨の結果中の非金属介在物が脱落した場合と考えられる。この空孔および消失したものが非金属介在物であると考えても無理のないものであることが観察された。

IV. 考 察

本研究により地疵検査の結果は鋼管に認められるような小さい疵に対してははなはだ変動の大きいものであること、さらに鋼中に存在する非金属介在物のごく一部が地疵として現われるものであることがわかった。

一方地疵は切削条件によつていちじるしく変化するものでたとえば切削速度が小さいとその数が多く現われ、

Table 5. Counted number of macroscopic non-metallic inclusions classified by their kinds and lengths.

Mark of heats	Inclusions		Alumina	Silicate	Sulphide	Holes*	Dis-appearance
	Length(mm)						
A	>0.1~0.4		43	15	3	14	
	>0.4~1.0		15	15	0	5	
	>1.0~2.0		7	3	0	4	
	>2.0		0	0	0	0	
	Total	n %	65 36.5	33 18.6	3 1.7	23 12.9	54 30.3
B	>0.1~0.4		10	44	41	36	
	>0.4~1.0		4	17	0	6	
	>1.0~2.0		0	0	0	0	
	>2.0		0	0	0	0	
	Total	n %	14 5.7	61 24.9	41 16.8	42 17.2	85 35.5
C	>0.1~0.4		75	28	694	279	
	>0.4~1.0		37	17	229	102	
	>1.0~2.0		1	1	19	16	
	>2.0		0	1	3	1	
	Total	n %	113 6.2	47 2.6	945 51.8	457 25.0	263 14.4

Note: * Holes is guessed the inclusions disappearing by polishing.

Table 6. The same results with Table 5 classified by their kinds and thicknesses.

Mark of heats	Inclusions		Alumina	Silicate	Sulphide	Holes *	Dis-appearance
	Thickness(μ)						
A	6		42	9	3	4	
	9		19	13	0	6	
	12		4	11	0	13	
	Total	n %	65 36.5	33 18.6	3 1.7	23 12.9	54 30.3
B	6		9	29	41	15	
	9		5	22	0	9	
	12		0	10	0	18	
	Total	n %	14 5.7	61 24.9	41 16.8	42 17.2	85 35.5
C	6		30	30	497	51	
	9		59	7	392	127	
	12		24	10	56	279	
	Total	n %	113 6.2	47 2.6	945 51.8	457 25.0	263 14.4

Note: * Holes are presumed to be the inclusions disappearing by polishing.

速い場合は少なく現われる。このため地疵検査においては切削条件を一定にして実施する慣習となつている。しかし現実にはこれらの条件は完全に一定にすることは困

Table 7. Comparison between macro-and micro-scopical inclusions counted in the same tubes.

Mark of heats	Counted inclusion	Outside surface				Inside surface			
		Macroscopic inspection		Microscopic inspection		Macroscopic inspection		Microscopic inspection	
A	Alumina	5.9 N	65%	298 N'	81.0%	5.7 N	63%	787 N'	72.3%
	Silicate	3.1	34	49	13.3	2.7	30	153	14.1
	Sulphide	0	1	21	5.7	0.6	7	148	13.6
	Total	9	100	368	100	9	100	1088	100
B	Alumina	2.3	12	19	7.0	4.6	12	86	15.1
	Silicate	11.0	58	159	59.9	14.8	39	166	29.3
	Sulphide	5.7	30	88	33.1	18.6	49	317	55.6
	Total	19	100	266	100	38	100	569	100
C	Alumina	2.7	5	48	9.3	13.5	13	79	7.2
	Silicate	5.4	10	64	12.3	1.0	1	233	21.1
	Sulphide	45.9	85	407	78.4	89.4	86	790	71.7
	Total	54	100	519	100	104	100	1102	100

N, N' = number of inclusion converted into the standard area (70×70mm²)

Table 8. Counted number of non-metallic inclusions through a microscope classified by their kinds and lengths.

Mark of heats	Situations		Outside surface			Inside surface			Inspected area	
	Inclusions		Alu- mina	Sili- cate	Sul- phide	Alu- mina	Sili- cate	Sul- phide	Outer side surface	Inner- side surface
	Length (mm)									
A	>0.1~0.4		327	53	24	668	125	128	5490 mm ²	4220 mm ²
	>0.4~1.0		7	0	0	10	4	0		
	>1.0		0	2	0	0	3	0		
	Total	n %	334 81.0	55 13.3	24 5.7	678 72.3	132 14.1	128 13.6		
B	>0.1~0.4		21	179	99	77	147	283	5523 mm ²	4380 mm ²
	>0.4~1.0		0	0	0	0	2	0		
	>1.0		0	0	0	0	0	0		
	Total	n %	21 7.0	179 59.9	99 33.1	77 15.1	149 29.3	283 55.6		
C	>0.1~0.4		71	86	597	132	387	1323	7242 mm ²	8511 mm ²
	>0.4~1.0		0	9	4	5	17	49		
	>1.0		0	0	0	0	0	0		
	Total	n %	71 9.3	95 12.3	601 78.4	137 7.2	404 21.1	1372 71.7		

難であつて、これがまた検査結果の変動となつて現われるであらう。さらに材料の条件たとえば硬度によつても地疵の現われ方が異なつて来ることがわかつてゐる。このような従来の経験とあわせて本研究の結果から地疵検査そのものは客観性に乏しいものと考えられる。もちろん巾の厚い、大きい地疵については恐らく疑問の余地はないであらう。しかし本研究に提供されたように圧延比が高く、小さい非金属介在物が細く長く延ばされて地疵

として現われる場合に対して従来の地疵検査法は不適当と考えなければならない。地疵検査は本来鋼質の良否を検査する一手段として広範囲を切削して肉眼的な不純物や欠陥を概観し、散発的に存在する欠陥を検出するものである。したがつて本来は地疵の個数を調べて精細な論議をする種類のものではないと考える。

このほか鋼質を判定する方法に顕微鏡による非金属介在物の検査法がある。これはここで対象としている程度

Table 9. Percentage of the revealed inclusions by the macroscopic method among the total inspected by a microscope.

Mark of heats	Outside surface			Inside surface		
	Alu-mina	Silicate	Sul-phide	Alu-mina	Silicate	Sul-phide
A	2.0	6.3	0	0.7	1.8	0.4
B	12.1	6.9	6.5	5.3	8.9	5.9
C	5.6	8.4	11.3	17.1	0.4	11.3

の大きい非金属介在物の観察に対してはもつとも確実なものと考えてるが広範囲の検査面を得ることは容易ではない。しかし対象としている小さい地疵は散発的に存在するものではなく、顕微鏡試料の研磨面には少なからず存在するのが通例である。したがって地疵検査で対象としている小さい地疵は本来地疵検査の分野ではなく寧ろ顕微鏡による非金属介在物検査の分野に属するものと考え

さらにこれらの鋼質試験の結果が実用上の実績との関連性が明確になっているならばこの検査の厳密性も意味を持つて来ると考えるが現在の段階では地疵検査は鋼質の極端な場合の判定に使用される程度の意味しかないであろう。

V. 結 言

軸受用高炭素クローム鋼管においてしばしば問題となる地疵検査に関してその検査精度と実体とを検討し、地疵検査は方法的に矛盾のあるものであることを示した。この種の性質はむしろ顕微鏡的観察を実施すべきものであつて地疵検査は鋼質の概要を知る程度に止めるべきであることを論じた。

終りに臨み、本研究遂行に当り、いろいろ御鞭達を賜つた住友金属工業株式会社鋼管製造所長を初め、会社上司の方々に、また直接実験に協力せられた川野和男氏に対し厚く感謝致します。(昭 35 和年 7 月寄稿)

軸受鋼 SUJ 3 ころ材に発生する白雲状に見える微小砂疵について*

出 口 喜勇爾**・松 本 嘉 猷**

On the Fine Sand Marks With a Cloudy Appearance in Roller-Bearing Steel SUJ 3.

Kiyoji Deguchi and Yoshimichi Matsumoto.

Synopsis:

Investigations were made on the character and mechanism of the occurrence of fine (extra small) sand marks which appeared in bearing-steel SUJ 3 molten by an acid furnace.

Further comparative tests of acid and basic furnace products were carried out.

1) The fine sand marks appeared only in acid furnace products and the appearance of fine sand marks depended on cutting conditions. When the cutting speed was fast and the edge angle of bite small, the fine sand marks can be distinguished well.

2) In the comparative tests, it was found that normal sand marks in basic furnace products were more numerous than in an acid furnace but A and B-type inclusions in the former were much less than in the latter and A-type inclusions were chiefly sulphide system and B-type alumina.

3) The fine sand marks are caused by numerous A and B-type inclusions and partly by the fiber structure, and not the same as normal sand marks.

I. 結 言

結果を報告する。

軸受鋼 SUJ 3 ころ材の地疵検査を行なうさいに、あたかも白雲がたなびいたごとく見える微小砂疵が発生したことがあつたので、これの本性について調査研究した

II. 発 生 状 況

* 昭和 34 年 3 月本会講演大会にて発表

** 日本特殊鋼株式会社