

Fig. 1. Photographs showing the nucleation and growth of spangles.



No. 1 ← 2 × 0.0625 s → No. 2 ← 2 × 0.1625 s → No. 3 ← 4 × 0.0625 s → No. 4

Fig. 2. Photomicrographs showing the crystallization of hot-dip coated zinc melt on the sheet iron.

晶について線成長量と時間との関係を示すと Fig. 3 のようである。また前者の場合には核生成速度をも求めた。その1例を示すと Fig. 4 のようである。肉眼的観測結果によれば、純 Zn の成長速度は最も小さく添加される Al あるいは Sn 量が増加するとその速度は増加する。また核生成速度の時間的経過は Fig. 4 に見られるようにタンマンが示した過冷度と核数との

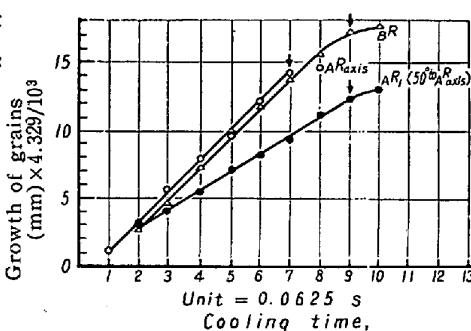


Fig. 3. Linear growth as a function of time.

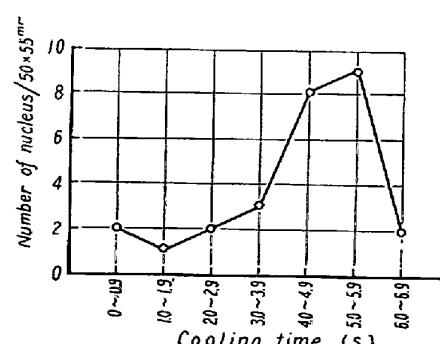


Fig. 4. Number of nucleation as a function of time

関係を示す曲線とよく一致した。顕微鏡的観測においては測定範囲の過冷度 (330~370°C) では平均結晶成長速度はほとんど等しくなつた。このことはタンマンの成長曲線から十分理解できる。

これらのことに関して詳しく報告するとともに考察を試みたいと考えている。

#### (64) コンセルアーク熔解せる軸受鋼の性質について

神戸製鋼所、神戸研究部

理○八木 芳郎・栗原 正男

On the Characteristics of "Cons-el"  
Arc Melted Bearing Steels.

Yoshiro Yagi, Masao Kurihara.

#### I. 緒言

ペアリング鋼 SUJ-2 のコンセルアーク熔解を試み、まず現在一般に行われている確性試験を行つて空気中熔解材との比較を行つた所、コンセル材の優秀性が認められたのでその結果を報告する。

#### II. 供試材

普通の大気中熔解材と、これを電極としてコンセルアーク熔解したものを試料とした。鋳塊の寸法をそろえるために、大気中熔解材としては、この寸法は必ずしも好ましくはないが頭部約 190 mm φ、底部約 130 mm φ、高さ約 600 mm の鋳塊を得、コンセルアーク材としては同一チャージの鋳塊を鍛造して電極とし、130 mm φ の水冷鋼るっぽ中に再熔解して約 130 mm φ × 250 mm の鋳塊を得た。

またコンセルアーク熔解すれば一般に Mn が減少するためその含有量が普通程度のものと、規格値の上限に近いものの 2種類の大気中熔解材を使用した。Table 1 に大気中熔解材およびコンセルアーク材の化学成分を示す。

Mn の含有量がコンセルアーク熔解により減少しているが Mn 含有量の多いものの方が減少の度合がいちじるしく結果的には、2種のコンセルアーク材の Mn 含有量はほぼ同様になっている。

つぎに大気中熔解材のガス分析試験を行つた結果を Table 2 に示す。酸素、水素は N. R. C. ガス分析装置により行い、窒素はケルダール法により行つた。いずれもコンセルアーク熔解により相当の減少が認められてい

Table 1. Chemical compositions of test materials. (%)

Kind of test materials	Designation	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Sn
Air melted (normal Mn content)	A	1.01	0.29	0.35	0.015	0.008	1.40	0.11	0.05	0.019
Cons-el arc melted (normal Mn content)	AC	1.00	0.29	0.29	0.013	0.008	1.38	0.11	0.05	0.014
Air melted (a higher Mn content)	B	1.02	0.31	0.48	0.014	0.009	1.48	0.11	0.05	0.016
Cons-el arc melted (a higher Mn content)	BC	1.02	0.30	0.31	0.012	0.008	1.46	0.10	0.05	0.014

Table 2. The results of gas analyses of test materials. (%)

Test materials	N	O	H
A AC	0.0090	0.0047	tr.
	0.0071	0.0030	tr.
B BC	0.0089	0.0042	tr.
	0.0060	0.0015	tr.

る。

ついでこのインゴットを 45 mm  $\phi$  に鍛伸し A および

B のそれぞれ頭部、底部、AC、BC の頭部より試料を採取し、諸種の試験を行つた。

### III. 各種試験結果

#### (1) 非金属介在物試験

コジセルアーク熔解材は空気中熔解材に比し、非金属介在物が減少する。結果の一例を示せば Table 3 のごとくである。

A 型、B 型いずれも減少しているのが認められる。

#### (2) 肉眼組織検査

試料を焼準後、ペアリング協会検査規定にしたがい、

Table 3. Non-metallic inclusions of air-melted and "cons-el" arc-melted bearing steels.

Designation	Type A			Type B	
	Cleanliness	Average thickness	Maximum length	Cleanliness	Average thickness
A AC	0.57	3 $\mu$	50 $\mu$	1.97	4 $\mu$
	0.15	3 $\mu$	20 $\mu$	1.42	4 $\mu$
B BC	0.42	3 $\mu$	30 $\mu$	1.92	4 $\mu$
	0.22	3 $\mu$	30 $\mu$	1.50	4 $\mu$

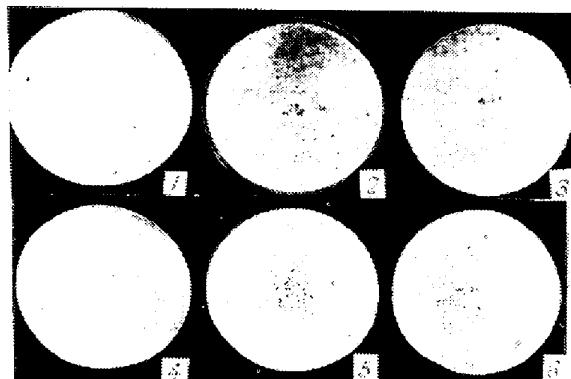
Table 4. The results of macrostructure inspection.

Designation	Position	Segregation	Dendrite	Pinholes	Remarks	
A A AC	Top of ingot	Bad	Good	Bad	Pit	Pit
	Bottom of ingot	Excellent	Good	Bad		
	Top of ingot	Excellent	Good	Good		
B B BC	Top of ingot	Bad	Good	Bad	Pit	Pit
	Bottom of ingot	Excellent	Good	Bad		
	Top of ingot	Excellent	Bad	Good		

Table 5. Hardness of test pieces for compressive breaking test after tempering.

Designation	Corresponding part of ingot	Hardness of test pieces after tempered						Average
		1	2	3	4	5	6	
A	Top	63.3	62.2	62.2	62.0	62.2	62.2	62.4
A	Bottom	62.8	62.8	63.4	62.4	62.8	62.6	62.8
A-C	Top	62.9	62.5	62.2	62.5	62.3	62.3	62.5
B	Top	62.9	62.8	62.4	62.3	62.3	62.0	62.4
B	Bottom	62.5	62.2	62.0	62.4	62.3	62.8	62.4
B-C	Top	63.0	62.4	62.2	62.5	62.2	62.3	62.4

強酸腐食してそのマクロ組織を観察した。その結果を Fig. 1 に示すが、コンセルアーク材にはほとんど欠陥が認められない。同様試料を某社にて判定せる結果を Table 4 に示す。



(1) AC Cons-el arc melted (top)  
 (2) A Air melted (top)  
 (3) A Air melted (bottom)  
 (4) BC Cons-el arc melted (top)  
 (5) B Air melted (top)  
 (6) B Air melted (bottom)

Fig. 1. Macrostructures of air-melted and Cons-el arc-melted bearing steel.

Table 6. Compressive breaking strength Cons-el arc-melted and air-melted bearing steels.

Designation	Corresponding part of ingot	Strength (kg)			
		1	2	3	Average
A	Top	4300	3600	4450	4120
A	Bottom	4300	5650	5150	5030
AC	Top	5860	6120	7200	6390
B	Top	6350	5800	5400	5850
B	Bottom	5670	5330	5360	5450
BC	Top	6450	6200	7100	6580
Spec.		4900			

Table 7. Results of surface defects inspection.

Designation	Corresponding part of ingot	Numbers of defects							
		1 st stage (40φ × 70)				2 nd stage (22.5φ × 70)			
		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
A	Top	28	5	0	0	17	2	1	0
A	Bottom	34	1	0	0	13	1	0	0
AC	Top	4	0	0	0	2	0	0	0
B	Top	16	2	1	0	7	2	0	0
B	Bottom	13	0	0	0	6	1	0	0
BC	Top	5	0	0	0	3	0	0	0
Spec.		27	5	1		15	3	1	

### (3) 顕微鏡組織

供試材を球状化焼鈍せる組織はいずれも良好で、両者に差は認められない。またオーステナイト結晶粒度も両者ほぼ同様であった。

### (4) 圧壊試験

球状化焼鈍せる 45 mm φ 丸棒から日本ベアリング協会検査規準に定められた圧壊試験片を切出し焼入、焼戻しを行い、圧壊試験を行つた。

圧壊試験片の寸法は外径 40 mm × 内径 20 mm × 高さ 10 mm である。焼入は 845°C にて 30mn 保持後油中に焼入れ、ついで 170~180°C にて 2 h 保持後空冷した。焼戻しカタサは Table 5 に示すごとく各試料いずれもほとんど同様の値を示している。

上記試料を用いて圧壊試験を行つた結果を Table 6 に示す。圧壊試験片の強度はほとんど同様であるにもかかわらず、圧壊値には明瞭な差がありコンセルアーク材が大きな値を示している。

### (5) 地キズ試験

球状化焼鈍せる試料の段削り地キズ試験を行つた。その結果を Table 7 に示すが、コンセルアーク材の改善がいちじるしく、とくに 0.5 mm 以上の地キズは認められていない。

## IV. 結 言

大気中熔解材およびこれを電極としてコンセルアーク熔解炉にて再熔解せるベアリング鋼 SUJ 2 についてまず一般的な確性試験を行つた。その結果

1) 大気中熔解材として Mn 含有量の比較的多いものと普通程度のもの 2 種類を選びそれをコンセルアーク熔解した所、Mn 含有量の大なるものほど減少がいちじるしく、コンセルアーク熔解せる両者はほとんど同様の含有量となつた。今回行つた試験結果ではこの程度の Mn 含有量の差異の影響はないようである。

2) コンセルアーク熔解により酸素、窒素量は明瞭に減少している。また、非金属介在物の減少も認められた。

3) 肉眼組織試験ではコンセルアーク材の方がはるかに良好で、とくに偏析ピンホールの改善がいちじるしい。

#### 4.) 圧壊試験

同一硬度に熱処理した試料の圧壊試験結果はコンセルアーク材が明らかに大きい値を示す。

5) 地キズ試験結果はコンセルアーク材が良好でとくに 0.5 mm 以上の地キズはコンセルアーク材には認められない。

6) 球状化処理せる試料の顕微鏡組織はいずれも良好で差異は認められなかつた。

以上のごとく、全般的にコンセアーケ熔解による材質の改善はいちじるしいものがあるが、実際使用に際してこれがいかに影響するかが最大の問題で動的試験を現在実施中であり、この結果が出れば改めて報告したい。

### ‘65) ガス腐蝕法による軸受鋼高温組織の観察

愛知製鋼

工 荒川武二・工○小田昭午・工修山本俊郎  
Observation of Micro-Structure of Bearing Steel at Elevated Temperature by Gas Etching.

Takeji Arakawa, Shogo Oda, Toshiro Yamamoto.

#### I. 緒 言

軸受鋼については、現在ますます材質の向上が要求され、種々検討が加えられているが、セメンタイトの球状化組織が品質に大きな影響を与える一要素であることが認められている。そこで本鋼種の球状化熱処理の過程、および球状化焼鈍後、焼入温度に保持した場合の組織を直接観察することを試みた。鋼の高温組織を直接観察する方法として、高温顕微鏡を用いる方法が最近わが国でも広く利用されているようであるが、従来の装置では表面起伏現象、あるいは熱腐蝕現象等を利用して観察しており、セメンタイトの挙動等、地の組織を観察することは不可能である。筆者らは腐蝕性ガスを用いて高温組織を現出し、球状化熱処理過程におけるセメンタイトの挙動および焼入温度に保持した場合の組織を観察した。

#### II. 試 料

本実験に使用した試料は、JIS 規格 SJUJ 2 に属する

軸受鋼で圧延材より 10 mm 立方程度に削出し作製した。化学組成は以下のとくである。

Table 1. Chemical composition (%) of specimen.

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0.98	0.24	0.33	0.012	0.017	0.13	0.07	1.45

#### III. 高温組織の現出法

Fig. 1 はこの実験に用いた装置である。大部分は硬質ガラス製であり、反応管は透明石英管を用いた。実験に先立ち、あらかじめガス留（容積約 600 cm<sup>3</sup>）に腐蝕性ガスを充填しておく。Fig. 1 に HCl ガスの発生装置も示した。まずコック (B) を開き、コック (F) を閉じてガス留およびポケットコック (D) からコック (A) 間の空気をコック (C) および (E) を通じて水銀拡散ポンプ及び回転ポンプで排気した後、コック (C) を閉じておく。一方、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> と NaCl との反応により HCl ガスを発生せしめ、conc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> の乾燥瓶 2 本を通し、三方コック (A) により HCl ガスを NaOH 溶液に吸収せしめて大気中に逃がす。これを数分間続けてガス発生器とコック (A) 間の空気を完全に HCl ガスに置換する。その後コック (A), (B) を通じてガス留に HCl ガスを充填する。

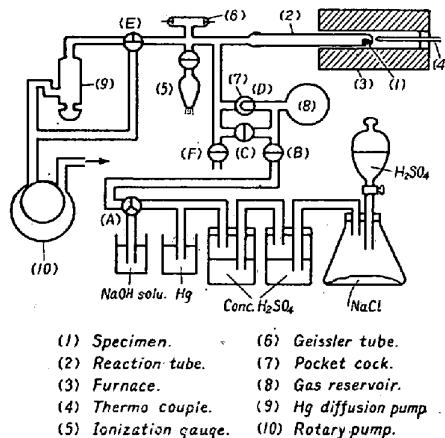


Fig. 1. Apparatus of gas etching.

試料の一面をバフ研磨した後反応管に挿入し、排気してガイスラー管の色がなくなつてから電離真空計で測定し 10<sup>-5</sup> mmHg に達した後、反応管を加熱炉に入れる。所要温度に所要時間保持後、排気系から遮断してポケットコック (D) (容積 1.2 cm<sup>3</sup>) を回転させ、腐蝕性ガスを反応管に導入する。一定時間腐蝕させた後腐蝕性ガスを排気し反応管を加熱炉から出す。冷却後取出して顕微鏡観察する。