

Fig. 3. Distribution of extracted inclusions in ingots.

点が鋼塊高さにおいてほぼ一致していることもあり、少なくとも両者の発達程度に強い相関が認められることは、頭部気泡の生因に関して前項で述べた推定の裏付けになるものと思われる。

### 3.3 大型非金属介在物

スライム法により抽出した大型介在物の布分を Fig. 3 に示す。鋼塊中心部およびリム-コア境界部では底部に介在物が集積し、1 mm 以上の大型のものも見られた。リム層内ではやはり底部側で多いが中心部に比べると少なく、200 $\mu$  以下である。いずれも Mn(Fe)-silicate を主成分とするもので、極軟リム鋼の大型球状介在物と同様に、耐火物の溶損物と MnO-FeO が集合したもので、リングアクションが弱いために、スカムとして浮上しきれなかつたものであろう。

上注と下注を比較すると、下注の方が抽出介在物が多く、湯道煉瓦の溶損の影響があると考えられる。極軟リム鋼の鋼塊中心底部で抽出介在物量は普通 30 mg/kg-steel 以上であり、また、濃厚偏析部付近の介在物量は非常に多いので、これに比べると中炭リム鋼の大型介在物の害は少ないといえるが、加工の方法も異なるので注意を要するものであろう。

## 4. 結 言

1) ソリッドスキン厚さは注入速度により変化するが、C% による変化も明らかであり、C% に応じて適当な注入方法、注入速度を選ぶことが必要である。

2) 鋼塊頭部側のリム層内にも気泡の発生が見られ、C% の高いものほど出やすい。頭部気泡発生範囲の広さは逆U偏析の発達程度と関係があり、両方とも頭部の凝固の進行に伴ってリム層前面の湯流れが変化することに関係があると考えられる。

3) 鋼塊中間部に気泡のない範囲がある。また、底部

の管状気泡は良く発達している。

4) 偏析程度は極軟鋼より低く、逆U偏析の様相がいくらか異なるが、根本的には極軟と同様のものと考えられる。

5) 底部側の大型介在物は、極軟と同様の成因によるもので、量は一般に少ないが、下注鋼塊では上注鋼塊より幾分多い。

## 文 献

- 1) 森永, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 2, p. 166
- 2) 森永, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 6, p. 894
- 3) 小平 勇: 研究報告“線付鋼塊の研究”, (1937)
- 4) 石原重利: 製鉄研究, No. 205 (1953), p. 327
- 5) 浅野, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 1871
- 6) 芳賀, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 1893

621.74.047:669.14,018.24

## (94) 軸受鋼の連続 casting

(铸造条件の検討—I)

八幡製鉄, 光製鉄所

太田隆美・工博村山周治・今田 武

○佐々木清和・原淵孝司・久保田守彦

Continuous casting of Bearing Steel.

(Study on continuous casting standards of bearing steel—I)

Takayoshi OHTA, Dr. Shūji MURAYAMA,

Takeshi IMADA, Kiyokazu SASAKI,

Takashi HARABUCHI and Morihiko KUBOTA.

## 1. 緒 言

光製鉄所においてはすでに報告されているように<sup>1)~3)</sup>連続 casting 法によるステンレス鋼のスラブおよびブルームの製造を行なっている。一方、連続 casting 適用鋼種の拡大を基調とし、成品々質の向上および製造工程の簡略化によるコスト低減を目的とし、1962年10月、連続 casting による軸受鋼ブルームの製造試験を開始した。その後各種製造技術上の問題について検討を加え、遂に1963年6月、世界で初めて、本格的な生産移行に成功し、現在まで何ら支障なく連続 casting ブルームを素材とした軸受成品を製造している。

軸受鋼の連続 casting においては、特に表面性状の向上、内面欠陥の防止および正確な鑄片形状の維持が重要な問題となる。これら諸問題の解決に当つては、適正な casting 諸条件の設定が不可欠ではあるが、同時に連続 casting に適した精錬作業の確立および後工程での適切な作業基準の検討が要求される。第一報では、特に連続 casting 条件との関連において、旋削歩留りおよび成品の表面特性の向上につながる鑄片の表面性状および断面形状の改善について調査検討を行なつたので、その結果の概要について報告する。

## 2. 調査対象鋼種および鑄片寸法

調査対象鋼種は SUJ-2 でその成分を Table 1 に示す。鑄片寸法は、170 $\phi$ 、200 $\phi$ 、230 $\phi$  であり、軸受鋼管製造工程は Table 2 に示した通りである。当初は分塊工程を省略した四角ブルーム-鍛造工程で出発したが、その後検討改善を加えた結果、八角形、変八角形を経て

Table 1. Chemical analysis of SUJ-2.

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Al
JIS.	0.95~1.10	0.15~0.35	<0.50	≤0.025	≤0.025	≤0.20	1.30~1.60	≤0.25	—
Aim.	0.95~1.03	0.25~0.35	0.30~0.45	≤0.015	≤0.015	≤0.10	1.40~1.55	≤0.10	0.020~0.025

Table 2. Production processing of bearing steel tube.

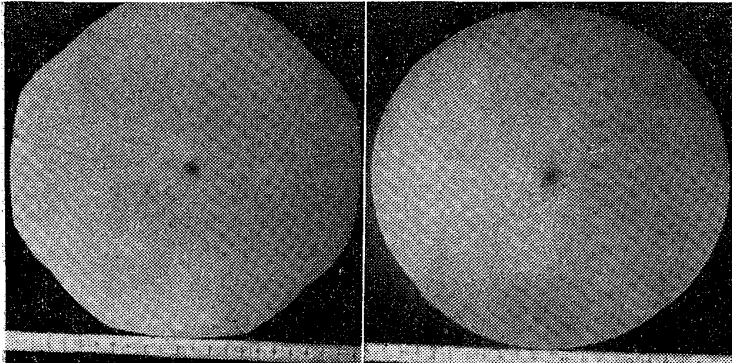
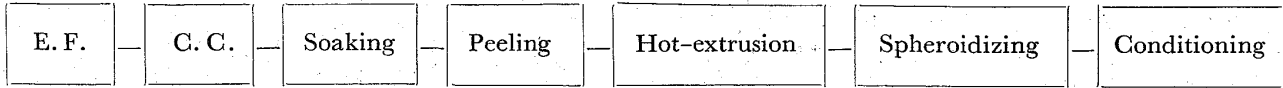


Photo. 1. Macro structure of continuously cast blooms of bearing steel (as cast).

丸形断面のブルームに移行し、現在では連铸ブルームを中間加工工程なしに直接熱間押し出し素材として使用している。

Photo. 1 に連続铸造による軸受鋼ブルーム (変八角形および丸型) の横断面マクロ組織の代表例を示す。

3. 調査方法および調査結果

鋼片の表面性状におよぼす要因としては、溶鋼の性状 (ガス、介在物)、铸込温度、引拔速度、冷却条件、潤滑剤、铸型内面特性、オシレーション等が考えられる。この中特に大きな影響をおよぼす铸込温度と引拔速度について次に述べるごとく調査検討を加え、さらに铸型添加剤として特殊フラックスの開発に成功した。また断面性状の向上については主としてピンチロール加圧力の影響を調査した。

3.1 铸込温度と表面欠陥との関係

一定期間内に铸造した 200φ の軸受鋼について铸込温

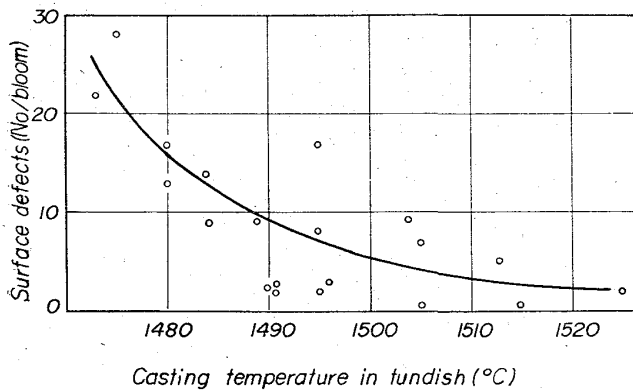


Fig. 1. Relation between casting temperature and surface defects.

度の異なる 20 チャージを任意に選びだし、旋削後の表面欠陥を磁粉探傷法によりチェックし、铸込温度と表面欠陥との関係を示したものが Fig. 1 である。

この結果はモールド内湯面観察結果とよく一致し、铸込温度が高くなる程、表面欠陥の数は減少する。したがって铸込温度は表面欠陥に関する限りできるだけ高くすべきである。しかし、上限はブレイクアウト発生危険温度により制限をうけ、軸受鋼の場合はこれが 1540°C であり、現標準における目標铸込温度は 1500~1520°C である。なお軸受鋼の場合、铸込温度が 1460°C 以下になるとタンディッシュ・ノズル閉塞発生率は急激に上昇する。

3.2 引拔速度と表面欠陥との関係

引拔速度の異なる 10 チャージについて、各チャージ铸込初期 (铸込開始後 5 min)、中期 (铸込開始後 30 min)、末期 (铸込開始後 55 min) に相当するブルームより横断マクロ試料に認められる表面欠陥の最大深さを各チャージ毎に平均し、引拔速度との関係を示したものが Fig. 2 である。なお他の铸造条件は標準範囲内に収まった。

この結果から引拔速度の増加にしたがい表面欠陥の深さは急激に減少し、また表面欠陥の個数も減少する。ただし引拔速度が増大すると縦割れ、およびピンチロール部での内部欠陥発生率が増大する。現標準は一般に推奨

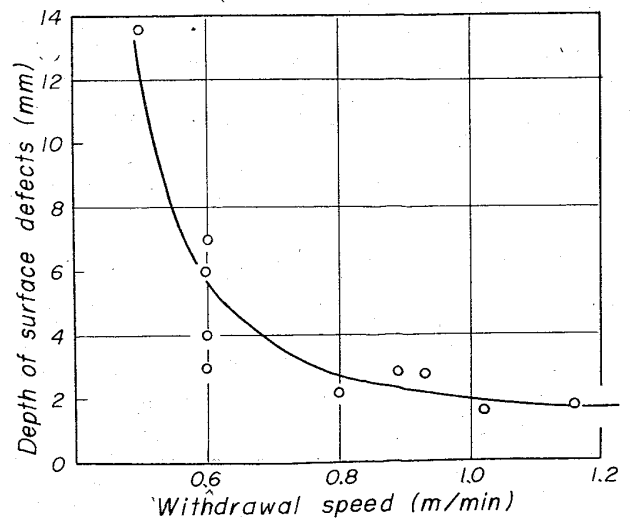


Fig. 2. Relation between withdrawal speed and depth of surface defects.

されている引抜速度範囲の下限にあるが、これは鑄造する鋼種(軸受鋼は割れに対する感受性はかなり大きい)および設備(冷却帯長さおよびピンチロールまでの長さ等)等の条件により個々に制約をうける。

3.3 表面欠陥におよぼす特殊添加剤の影響

表面欠陥に影響をおよぼす要因の中で鑄込温度および引抜速度について上述したが、これらの要因のコントロールに制約条件があり、これ以外にも鋼中ガス特に鋼中水素および溶鋼の流動性等の要因があり、旋削後問題を生じさらに旋削代の減少の課題がある。

この表面欠陥については、ガスによる欠陥を除いてはモールド内湯面の酸化皮膜およびスラグ状物質が鑄片表面に付着あるいは捲込まれたものである。この湯面のスカム分析結果は、 $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  が90~97%を占めている。この酸化皮膜を分解するとともに、流動性の非常に良好なものに滓化し、鑄片表面に均一に分布させ、さらに発生ガスにより溶鋼の空気酸化を防ぐ働きも有する物質の研究開発を進めた。同種の目的をもつたものに“Thermofin”等が市販されているが、これらよりもすぐれた特殊添加剤の開発に成功した。この特殊添加剤(固形、粉状、液状)の添加効果を調査するために10チャージにわたり(添加チャージと無添加チャージは交互に行なつた)試験を行なつた。各チャージ、全ブルームとも3段階の旋削試験を行ない、表面残留欠陥をチェックした。この関係を示したのがFig.3である。

この結果130g/tの添加により表面欠陥が激減することがわかつた。なおこの試験材は製管され、この特殊添加剤による悪影響は認められなかつた。以後軸受鋼その他の鑄造に使用している。

3.4 ピンチロール加圧力と内部微小割れおよび鑄片変形との関係

ピンチロール加圧力は小さければスリップ事故を生じ

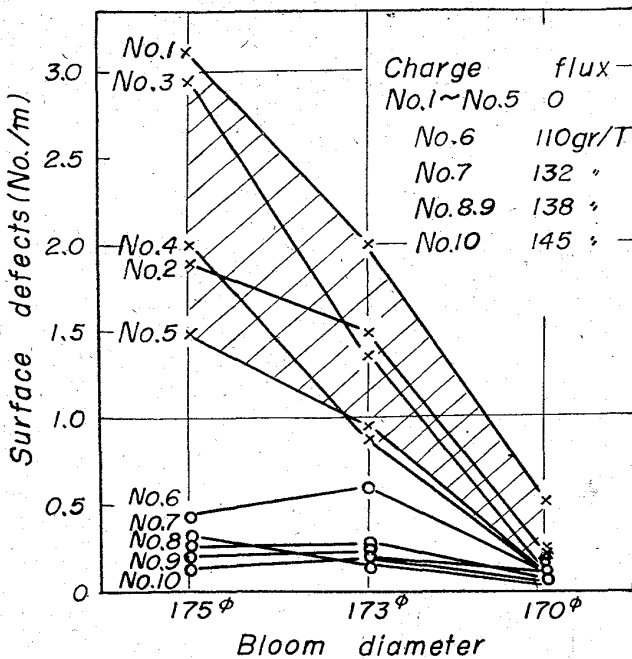


Fig. 3. Effects of special mold flux on surface quality.

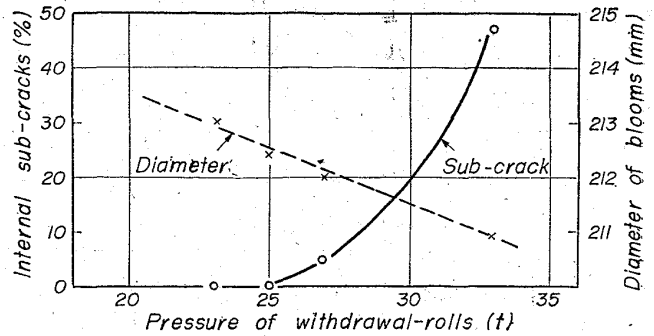


Fig. 4. Relation between internal sub-cracks and withdrawal-roll pressure.

また過大になると内部割れおよび鑄片断面形状の変形をもたらす、特に丸鋼の場合旋削段階における丸鋼の有利性が減少する。軸受鋼鑄片内部に微小な割れが発生し、この要因解析の結果ピンチロール加圧力の影響が認められた。

そこでモールド内での抵抗、ローラーエプロン内での抵抗、ピンチロールと鑄片との摩擦係数およびスラブシート抵抗等を調査し、これに基づき設備の一部改造を行ない、単位加圧面積当りの加圧力の減少を可能にし、ピンチロール加圧減少試験をSUJ-2, 200φにおいて20チャージ実施した。各チャージ内で4段階に加圧力を減少し、各段階1個ずつマクロ試料を採取し、この加圧力と内部微小割れおよびピンチロール接触面間の鑄片寸法との関係を示したものがFig.4である。

この結果ピンチロール加圧力を2対合計で25t以下にすることにより、鑄片内部に発生していた微小割れを防ぐとともに、鑄片断面の変形(平均寸法-最小寸法)を1mm以内に抑えることができた。

4. 結 言

熱間押出用軸受鋼素材鑄造において、特に重要な問題の一つである鑄片表面欠陥および鑄片断面形状について鑄込温度、引抜速度、特殊添加剤添加量およびピンチロール加圧力との関係を実際操業における試験データにより明らかにした。

なお軸受鋼の連続鑄造ブルームの内面性状の改善については、凝固の調整(特に二次冷却)が極めて重要であるが、この問題については第二報で報告する予定である。

文 献

- 1) 西郷: 鉄と鋼, 49 (1963) 7, p. 1022
- 2) 太田, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 873
- 3) 太田, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, p. 2101