

Fig. 3. Segregations formed: Time interval t_1-t_2 .

(80) 鑄型形状が鋼塊の隅角割れ疵におよぼす影響

The Effect of Mold Design on the Corner Crack in Ingot

S. Qgawa, et alii.

富士製鉄 釜石製鉄所 工成広清士
 工武林英夫
 工〇小川清一郎
 工戸田陽一

I. 緒言

従来当所で使用しているA鑄型(下広6t型)は鋼塊の隅角に縦割れが発生しやすくこれが圧延された鋼片にも欠陥を残すので、この疵を防止するため鑄型の設計変更を行う目的で当所のA型に類似の鑄型を比較試験しこの中で最も良好な成績をあげたC型に近似のcorner RをもつてA型を改造しA-1をつくつて使用したがこれは縦割れ疵の減少とならずかえつて小さい割れ疵が増加した。さらにA-1型のcorner部分の肉厚を厚くし

の如くに各偏析も逐次形成される。

V. 結言

前報で述べた観察結果にもとづいて大型鋼塊の主要3偏析の成因を、凝固の進行に合せて総合的に説明することを試みた。

たA-2型を製作使用した結果割れ疵は前2者に比較して激減した。

鑄型の設計は優良鋼塊製造上非常に大切なことであるが造塊作業における各種因子に影響されるため理論的な鑄型設計の基準となるものはなく主として過去の経験によつて行われている状態である。

本報告はA, A-1, A-2鑄型のcornerの小さいな差異が縦割れ疵発生率を何故変化させたかを確かめ今後の鑄型設計の参考とするためにdumping testを行い注入初期の鋼塊凝固状況を比較調査した結果をまとめたものである。

II. 縦割れ発生率と鑄型の形状

各所で使用されている mold 中 corner R の異なるもの3種を semi-killed 鋼 SS 材について注入順序, mold 別に 30 回の繰返し実験を行つた。この結果を Table 1 に示す。注入順序は 5% で有意, mold 間は 1% で高度に有意であつた。なお注入順序と mold との間には交互作用はない。[註] 分散分析に際しては元の data を $\sqrt{X+1}-2$ の変換を行い分布を正規に直して行つた。

以上の結果よりC型が最も良好であつたのでC型のcorner Rに近似の値を当所 mold A に取入れることにした。所で mold 製作上外側の形状をそのままとし内部だけを変更することは非常に簡単にできるので先づA-1型を試作し使用、ついで外側端部も一部改造したA-2型を作つた。この形状比較を Fig. 1 に示す。これ等3種の鑄型を前例の如くにして調査した結果は Table 2 の如くである。なおこの実験迄に各種解析を行いその中で特に大きかつた鋼中Sについて2つに層別して検討した。Aに比較しA-1型は殆ど差異なく疵点数はやゝ減

Table 1. Evaluation of corner crack and its statistical analysis.

Ingot mold	Corner R mm		Evaluation of corner crack			Factor	S.S.	φ	V	F ₀	F _{0.05}	F _{0.01}	
	Top	Bottom	Mean	Upper limit	Lower limit								
A	70	110	5.81	7.24	4.52	Pouring order mold	16.0	8	2.00	2.25*	1.98		
B	50	85	2.03	3.00	1.19		83.5	2	41.75	46.91**	3.04	4.71	
C	55	65	0.67	1.43	0.08		5.3	16	0.33	0.37	1.69		
Pouring order	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Interaction Between-class (Variation) Error V	104.8	26	
Mean	3.28	4.15	3.54	3.12	2.24	2.50	1.89	1.54	1.56		217.1	243	0.89
Upper limit	5.35	6.40	5.66	5.15	4.06	4.38	3.62	3.24	3.20		321.9	269	
Lower limit	1.62	2.31	1.81	1.49	0.85	1.01	0.64	0.35	0.32				

Table 2. The effect of ingot mold on evaluation of corner crack in ingot.

S content	Ingot mold	A	A-1	A-2
S < 0.035	\bar{X}	0.90	0.73	0.06
	σ	0.95	0.90	0.24
S > 0.036	\bar{X}	2.13	1.24	0.30
	σ	1.36	0.95	0.20

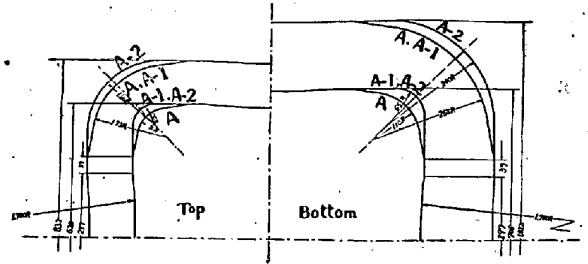


Fig. 1. Corner design of ingot mold.

Table 3. Chemical composition and test conditions.

Ingot mold	Chemical composition			Pouring time mn	Time to dumping after pouring mn	Ingot height mm
	C	Mn	S			
A	0.24	.41	.030	2.33	5.75	1,000
A-1	.21	.41	.024	2.47	5.87	1,500
A-2	.27	.39	.029	2.40	5.67	950

少しだが疵の数はむしろ増加する傾向にあつた。A-2は非常によい結果をえた。

III. Dumping test

Table 2 の結果からその差異を見るため各 Ingot を 5 分経過して dumping test を行つた。熔鋼は各 Ingot 共若干差異がある。

IV. 実験結果および検討

試験鋼塊は凝固の厚さを測定するためまず中央断面を縦方向に切断して上下方向の凝固層を測定しつぎに底面より 200 mm 間隔に横方向に切断して横断面の凝固厚さを調べた。

(1) 凝固状況

i) A型：鋼塊全長にわたつて corner の凝固厚さが面に比べて 5~10mm 少い。

ii) A-1型：鋼塊底部では corner は面より厚いが中央部附近では corner の方が薄くなつている。

iii) A-2型：凝固状況は A-1 型と大体似たものであるが面と corner の差がさらに少くなりほぼ一様に凝固が進んでいる。

常識的に考えられることは鋼塊の corner は冷えやすいため面に比べて急速に固まるということである。しかし上述のごとく A あるいは A-1 型に注入された鋼塊では注入後 5 分経過したときの凝固が面より corner の方が遅れている。この原因としてはつぎのように考えられる。まず鑄型に湯が注入されると skin が急速に固まり温度降下に伴つて収縮し始める。一方鑄型も熱を吸収して膨脹するから鑄型内面と鋼塊 skin とが分離していわゆる air gap ができる。この air gap は鋼塊の周囲全体に同時にできるのではなく corner が特に早

い。このため corner からの熱抽出が極度に悪くなり凝固速度が低下するものと考えられる。A-1, A-2 型は A 型に比較して内面の corner 半径が小さく曲線部分が短くなつている。このため corner にできる air gap の大きさおよび長さが小さく熱抽出速度が A 型ほどには衰えないから corner が厚くなるものと思われる。このことから鑄型内面の corner R を小さくすることは、corner に丈夫な skin を早く作る利点がある。なお A-1 型は corner の肉厚がうすいため冷却効果が悪く A-2 型に比較して凝固速度が低下したものと考えられる。

(2) corner の状況

dumping test を行つたこれ等の鋼塊のうち A, A-1 型には corner の縦割れがすでに発生していた。この割れは肉眼的には表面から 5 mm 位であるがマクロエッチを行うと 20~50 mm まで進行しており、結晶粒界に沿つていくつにも割れている。この sulphur print

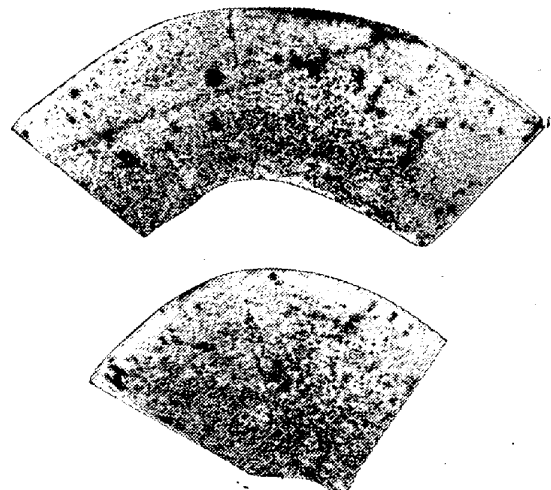


Fig. 2. Sulphur print of ingot corner

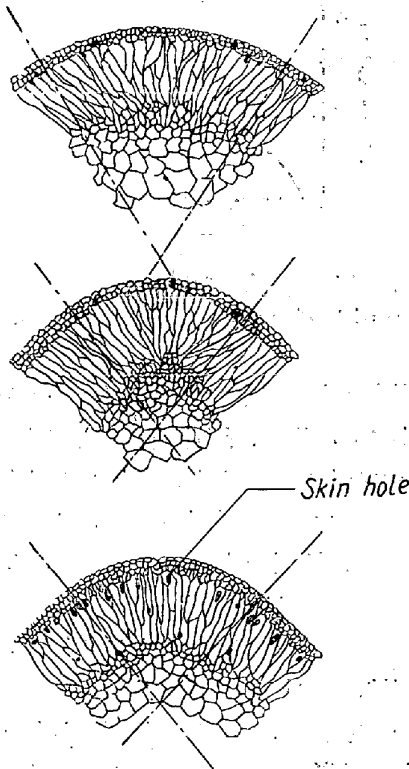


Fig. 3. Structure of ingot corner.

を Fig. 2 に示したが割れに沿つて sulphur の偏析が認められた。

つぎに各鋼塊 corner の結晶構造を調べてみた。Fig. 3 は各鋼塊の底から 500mm の高さの横断面の結晶状況を示したものである。Fig. 3 の A および A-1 では corner 附近の柱状晶の方向が鑄型面に垂直でなく corner の方に傾いており chill 層も若干薄くなつてゐることが認められた。このことから A-2 型では A および A-1 型に比較して corner での熱抽出効果が強く丈夫な skin を作るものと考えられる。

(81) 鋼塊凝固時の空隙形成について
On the Air Gap Formation During
Ingot Solidification

J. Imai, et alius.

八幡製鉄所, 技研 理 堀 川 映 二
工 今 井 純 一

I. 緒 言

鋼塊の凝固時に鋼塊と鑄型との間にできる空隙は、鋼塊の凝固時間を支配する重要な因子である。われわれは鋼塊表面、鑄型内表面間の温度差の変化を熱電対を用いて測定し、更にこの熱流の変化に理論的な検討を加え

た。その結果、鋼塊と鑄型の分離は鋼が鑄型壁に接触した瞬間にできる微小空隙の形成と、その後の凝固の進みによる鋼塊の収縮と鑄型の膨脹のために起る分離との 2 段階にわけられ、熱の流れの変化に大きな影響を与えるのは後者の方で、その時の熱流の変化の状況は

$$Q(t) = \theta\alpha \left\{ 1 - \phi \left(\frac{A}{\sqrt{t}} \right) \right\}$$

$$= \frac{\alpha}{C_2 \rho_2 \sqrt{k_2 \pi}} \int_0^t \frac{Q(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau \text{ (詳細は本文にあり)}$$

によつて説明され、この熱の流れに影響する鋼塊、鑄型の分離時間に鑄型予熱温度が影響を与えることを明らかにした。

以上の検討の結果、鋼塊の凝固時間の評価の近似度を現段階よりさらに一層上げうる見透しがついた。

II. 実 験

当研究所試験電弧炉で熔製した普通炭素鋼を、高さ 470mm, 平均内径 180mm 中, 肉厚 60mm の鑄型に下注し, 100kg Open Top 鋼塊を作り, 鋼塊および鑄型の温度測定を行つた。

本実験では、鑄型温度を 40°C ~ 230°C の間に变化させ、その他の造塊条件はできるだけ一定にして測定を行つた。

III. 実験結果およびその検討

(i) 鋼塊表面および鑄型内表面の温度変化

鋼塊表面および鑄型内表面の温度測定結果を Fig. 1-(a) に、鋼塊表面および鑄型内表面の温度差の変化を Fig. 1-(b) に示す。

鋼塊表面の温度は、熔鋼が測定点を通つた後 6 秒を経過すると、1300°C 位となり、その後 1~2mm 間に 1150°C ~ 1200°C になりその後は徐々に温度が下がるが、鑄型内表面の温度が急激に下降する頃に約 5°C 程度温度が上がる。その後の温度降下は非常に緩慢で凝固終了時には 1000°C ~ 1180°C である。

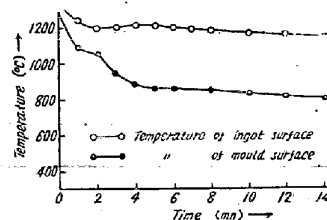


Fig. 1-a. The temperature of ingot surface and mould surface.

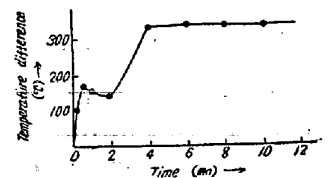


Fig. 1-b. Temperature difference between ingot skin and mould surface.

鑄型内表面の温度は、熔鋼が測定点を通つた瞬間には、鋼塊表面の温度と見合う程度迄上がるが、通過後 1~