

- 8) P. KOZAKEVITCH: Rev. Mét., 57 (1960), p. 149.
- 9) 斎藤, 川合: 鉄と鋼, 38 (1952), p. 12.

621.946.628:620.192.39
:669.14-412

(117) 鑄塊気孔の生成機構について

八幡溶接棒 工博石崎敬三

Mechanism of Formation of Ingot Blow Holes.

P.541~543
Dr. Keizo ISHIZAKI.

I. 緒言

ビールの泡には浮上して空中に放散するものもありコップ壁に付着しているものもある。ビールを冷却凝固せしめたとき、気孔となり得るのは後者のみで前者はいかに多くても気孔とはなり得ないであろう。

リム鋼塊の気孔については HULTGREN らりの詳細な研究があるが、浮上するガス気泡と鋼塊に残留するいわゆる気孔との関係に対する考察は充分でないと思われる。ここにはその批判の形で著者の考察を述べるが、その内容はある程度一般の金属の鑄造組織にも適用できると思われる。

II. 考察結果

HULTGREN らは最初に「気泡は固体鋼に付着すると仮定する」といつているが、この仮定は十分に検討する必要がある。平面固体 m 上の液滴 l がガス相 g 中にある時接触角 θ_{lg} はつぎのように示される。 γ を各相間の界面張力として、(Fig. 1 (a))

$$\gamma_{mg} = \gamma_{ml} + \gamma_{lg} \cos \theta_{lg} \dots\dots\dots (1)$$

逆に気泡が液相と接する平面固体上に付着している時その接触角 θ_{gl} は、(Fig. 1 (b))

$$\gamma_{ml} = \gamma_{mg} + \gamma_{lg} \cos \theta_{gl} \dots\dots\dots (2)$$

したがって、

$$\theta_{gl} + \theta_{lg} = \pi \dots\dots\dots (3)$$

θ_{gl} (以後 θ_0 とする) は金属およびガスの種類、組成、温度により定まる物理的な数値であり、問題の気孔発生時に温度はその金属の凝固温度であるから定数と考えてよい。気泡が金属の凝固壁に付着するか否かは θ_0 により定まり、 $\theta_0 = \pi$ であれば凝固中にガスがどんなに発生しても鑄塊は健全である。逆に $\theta_0 = 0$ であれば少量のガスでも全部気孔として残留するであろう。

次に HULTGREN は明示していないが、その気泡の形状を見ると突出部が半球状になったときに気泡は浮上することを暗黙のうちに考えているようである。一方気孔の生長方向は突出した気泡の接触線における切線方向であるように説いている。これが両方とも真であれば気孔は

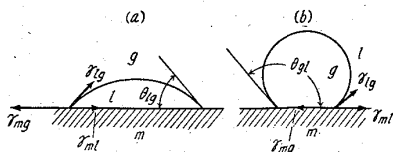


Fig. 1. Contact angle of liquid drop or gas bubble on the solid plane.

成長することは出来ない筈である。この困難をさけるためには気孔の開口部付近の凝固面の形を考えなくてはならない。

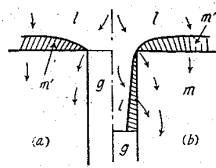


Fig. 2. Solidification of liquid metal near the blow hole.

いま Fig. 2 (a) に示すように凝固面にトンネル状の気孔があり、その開口部を接触角 $\pi/2$ のガス気泡が凝固面に連続した平坦な面をなすように塞いでいたとする。ガスで満たされた気孔は熱の不良導体と考えられるから、矢印の熱流から想像されるように、気孔の開口部付近の凝固速度は遅れて図のような孔に向う傾斜面が出来る筈である。もし気泡が (b) のようにトンネル内に入りこめばトンネル内部では溶鋼からの熱の供給が少なく、トンネルの周囲より冷却されるから図のように内部に入るほど凝固速度は大きいであろう。結局気孔の開口部は常に内側に向け丸みを帯びていると思われる。

この丸み (曲半径 R で表わす) は Fig. 3 に示すように θ_{gl} が小さいほど大きいであろう。Fig. 4 には $\theta_{gl} = 90^\circ$ のとき気泡が突出しないでも接触線が開口部の丸み部にわずかに乗るだけで気孔は成長しこれよりわずかに引こむことにより収縮に向うことを示している。

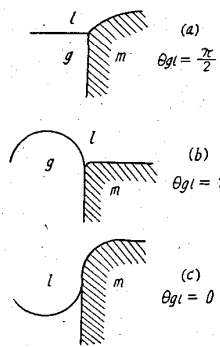


Fig. 3. Shapes of gas bubble with various contact angles, seating in the closing and growing in the blow hole.

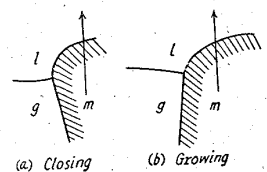


Fig. 4. Shapes of gas bubble with a contact angle 90° , seating in the closing and growing blow hole.

このように気泡は突出した形にならないでも拡大成長することが可能であるとすると気泡の浮上は起こり得ないと思われる。rim hole contour line は拡大成長しつつある rim hole の前方の気泡が、突出しすぎたときに上向きの溶鋼の流れにより、洗い流され気泡中に溶鋼が入りこみ、このよう

な過程が繰返されて生じたものであるといわれている。その特徴はその中心線を通る平面で縦断すると、Fig. 5 に示すように朝顔型に開く contour line は上下とも次第に上方に曲つており上方の凝固線がほとんど垂直

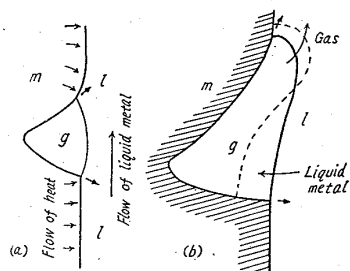


Fig. 5. Mechanism of formation of rim hole contour line.

になつたときに切れて (気泡浮上) いることである。HULTGREN はこのような線の歪みを気泡の浮力によると考えている。

上述の考えをこれに適用すれば、溶鋼の上向きの流れは気孔付近の熱流に対する気泡の影響を下方では小にし、上方では大にするため、気孔のふちのRは下方では上方より小になる。したがつて Fig. 5 に示したように膨張しつつある気泡の接触線は下方では拘束されるが、上方では緩い傾斜面をたつて進み、したがつて気孔は斜め上方に生長することになる。気泡がさらに生長して気孔の内部圧力が、溶鋼の静圧力より小になれば、下部接触線は逆に気孔の内面にたどりこみ、気泡と溶鋼と入れかわることによつて一つの rim hole contour line が完成される。

rim channel は気泡が一部残留したもので、rim hole はさらにほとんど気泡の浮上がなくガスの発生量と凝固速度が釣合つた場合に相当する。

もしこの場合 θ_{gl} がこの場合より小さければ、気泡は Fig. 3 (c) のように気泡中に引込んでおり、その断熱作用の影響は比較的少いから、開口部のRは上下で大差なく、気孔は円錐形に近い成長を続け浮上の時期は遅れるであろう。すなわち管状気孔の開始時期は溶鋼の θ_{lg} によつて定まると思われる。

以上の考察は (1), (2) 式に定義されるような平面上の静力学的な接触角が凝固しつつある凝固面に適用できると仮定した場合の結果であつて、この仮定自体検討を

要する点が多いが3相間の3つの界面張力の実在することは明らかであり、これと気泡のあり方について理論および測定の両面よりの研究が必要と考えられる。このような研究の進展により鑄造および溶接工業界における気孔の防止につき新しい局面が開かれるであろう。

IV. 結 言

金属凝固面におけるガス相の付着しやすさに着目し、鋼塊気孔の生成機構について考察しつぎの結論を得た。

1. 金属の凝固面における気泡の接触角 θ_{gl} は (2) 式により定義され金属液固相・ガス相により定まる物理的な常数と考えられる。気孔の生成には凝固中のガス発生は必要条件ではあるが十分条件でなく発生したガスの接触角 θ_{gl} が小さく、いわば濡れやすくなければ気孔となつて止まり得ない。

2. 気孔の開口部付近はガスの熱伝導が不良のため内側に向いた丸みがある。このことにより気泡は凝固面より突出しなくても成長できる。

3. 溶鋼の流れは開口部の丸みに影響し、気泡の凝固面上のたどり易さが変わることであり気孔の生長方向が気泡が浮上し易いようになることが rim hole contour line の主因である。浮上の時期はガスの凝固面に対する接触角 θ_{gl} により支配される。

文 献

- 1) HULTGREN and PHRAGMEN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 135, 19 Iron and Steel Div., p. 133.