

来るといふ点に注目せねばならない。すなわち Si はセミキルド鋼の脱酸剤として Al よりも適しているの、Al 脱酸セミキルド鋼は元来本筋ではない。

高アルミナ耐火物を取鍋に使用すれば黒点が減少することも示されたが、この場合でも Si のみの脱酸では充分でなく、若干の Al を併用する必要があり Si/Al=2 位にすれば黒点の発生はほとんど認められなくなるようであり、しかもこの程度の脱酸ならば Al 脱酸に比べて作業的に脱酸度ははるかに安定する。しかしながら高アルミナ煉瓦は極めて高価であること、および溶鋼による侵食は少いが、熱容量が大きいので、鍋付きが多くなりしかも表面にガラス層が出来難いので、この鍋付きが剝離し難く、結局取鍋の寿命があまり長くない欠点がある。従つて取鍋の内面層のみに高アルミナ煉瓦を使用すること、あるいは介在物に最も関係の深い場所を見出して、そこにだけ高アルミナ煉瓦を使用することなど今後なお検討すべき点が多い。

従つて現在の段階では問題となる鋼種のみに関り S% を極力低下せしめるほか Al を主脱酸剤として用い、黒点の発生に問題ない程度に少量の Si を併用して、いくらからでも脱酸度の不安定性を防ぐべきこととなる。Ca を併用して介在物性状を変えて浮上しやすくすることも試みたが、結果は必ずしも満足すべきものでなかつた。また Ti を使用する実験も試みたが、Ti の脱酸力は Al

と Si の中間にあり、得られた結果も中間的なものであつた。しかし今後さらに Al と Ti の併用などについても検討が加えられるべきであろう。

V. 結 言

(1) セミキルド鋼塊のサルファープリントに黒点として現れる巨大な珪酸塩は脱酸度を強くすることによつても減少する。この場合 Si 脱酸の時は Al 脱酸の場合に比べてその傾向は弱い。

(2) 取鍋耐火物を高アルミナ質とすれば、上述の介在物は顕著に減少する。この場合 Si を主脱酸に使用してよいが、黒点発生を完全に防止するには添加すべき Si/Al が約 2 位になる程度に若干の Al を併用する必要がある。

(3) これらの実験結果によつて前報で推察した黒点発生機構、すなわちその原因となる珪酸塩介在物は脱酸生成物のみならず、耐火物に基因するところが大きいということが立証された。

本実験の一部は製鋼部、冶金管理課および炉材研究室の絶大な御協力によつて実施されたものである。

(昭和 36 年 9 月寄稿)

文 献

- 1) 加藤 健, 他: 鉄と鋼, 48 (1962) 2, 117
- 2) 加藤 健: 鉄と鋼, 43 (1957) 10, 1104

一次冷却におよぼす諸因子の影響について*

(鋼の連続鑄造に関する研究—V)

牛 島 清 人**

Effect of Some Factors on Primary Cooling.

(Study on continuous casting of steel—V)

Kiyoto USHIJIMA

Synopsis:

In the previous report (Tetsu-to-Hagané, 45 (1959) 12, p. 1341), experiments were carried out on effects of the primary cooling, in other words cooling of billets in molds, and on the surface of billets. The importance of setting the primary cooling under the optimum conditions were confirmed.

In this report, at first the mechanism of the primary cooling is considered, and then effects of some factors on the primary cooling are investigated experimentally. Experimental results are summarized as follows.

Majority of the primary cooling is conducted by heat transfer from the surface of the billet

* 昭和 36 年 4 月本会講演大会にて発表 ** 住友金属工業株式会社製鋼所

to the mold cooling water through the mold wall.

Main factors influencing the primary cooling are the casting speed of the billet and the time of the use of a mold.

On the other hand, the casting temperature and the quality of steel only slightly influence the primary cooling.

Basic data obtained from these experiments presumably have a great meaning in considering the ideal primary cooling later.

I. 緒 言

前報¹⁾においては、一次冷却すなわち鑄型内における鑄片の冷却が、鑄片表面部の性状によぼす影響について研究を行ない、一次冷却を適切なる条件下に設定することの重要性を述べた。鑄片表面の性状を直接左右することの一次冷却の機能をより深く把握することは、いうまでもなくさらに合理的な一次冷却方法を見出す際にも極めて重要な基礎資料を得ることが出来るものとする。

しかるに鋼の連続鑄造における一次冷却の機構については従来も^{2, 3}の報告²⁾がなされているが、これに関与する諸因子の影響についてまで系統的な実験を行なつたものはない。

本報告においてはまず一次冷却の機構を考察し、これに基づいてさらに一次冷却に関与する諸因子の影響について系統的な実験を行なつた結果について述べる。

本実験においては、エルー式塩基性電気炉(公称8t)で溶製したキルド鋼を、強制往復運動鑄型式垂直型鋼連続鑄造機に鑄込み鑄片とした。

II. 一次冷却の機構

鑄型内における鑄片からの熱の放出すなわち一次冷却は Fig. 1 に示すごとく垂直方向には鑄込面の湯面から上方に発散される輻射、および鑄片内部を下方に向う伝導があり、水平方向には鑄型を通して鑄型の冷却水に達する伝達がある。後者はさらに鑄片と鑄型との接触が保たれている時期の大きな伝達と、鑄片と鑄型との接触が失われた後の小さな伝達とに区分することが出来る。

これら大別して3つの冷却過程の中、垂直上方に発散される輻射と垂直下方に向う伝導とは次のごとき計算によつて極めて小さいものであることがわかる。

1. 湯面から上方に発散される輻射と鑄片内部を下方に向う伝導による冷却

湯面から垂直上方に発散される輻射熱量が、Stefan-Boltzmann の法則に従うとすると、輻射熱量 Q_1 は(1)式で表わされる。

$$Q_1 = C \cdot F \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \dots\dots (1)$$

ここに C: 溶鋼の輻射係数 ($1.39 \text{ kcal/m}^2\text{h}(\text{°K})^4$)³⁾

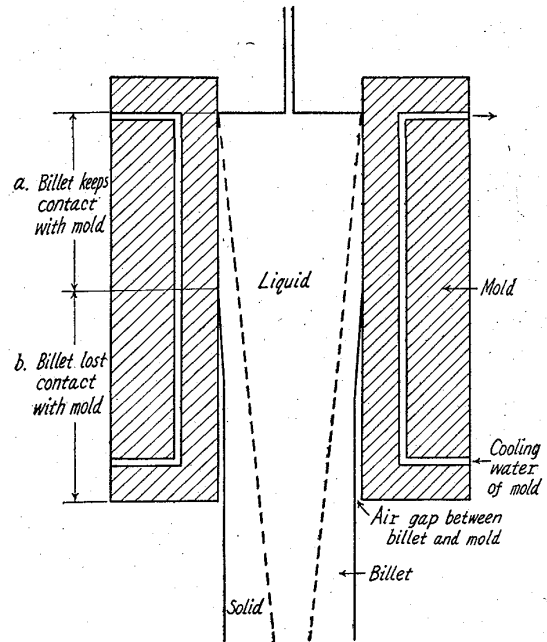


Fig. 1. Relationship between a billet and a mold.

F: 湯面の面積 (m^2)

T_1 : 湯面の絶対温度 (°K)

T_2 : 輻射熱を吸収する表面の絶対温度 (°K)

いまかりに 130mm ϕ 鑄片を 1000mm/mn の鑄込速度で鑄込む場合について Q_1 を算出すると

$$F = 0.0169 \text{ m}^2$$

$$T_1 = 1773 \text{ °K} (1500\text{°C})$$

$$T_2 = 273 \text{ °K} (0\text{°C})$$

であるから $Q_1 = 1190 \text{ kcal/h}$ となる。

一方鑄込速度 1000mm/mn は 130mm ϕ 鑄片では 130kg/mn に相当するから、鋼単位重量当りの輻射熱量 q_1 は

$$q_1 = 1190/130 \times 60 = 0.15 \text{ kcal/kg of steel}$$

となり極めて小さい。

次に鑄片内部を垂直下方に伝導する熱量は、鑄片外層部の凝固殻中を伝導するものと鑄片内部の溶鋼中を伝導するものとに分けられる。後者の溶鋼中には攪拌による対流現象もあり計算が困難であるので、かりに鑄片内部も完全に凝固しているとし、湯面での平均温度を 1500

°C, 鑄型下端での平均温度を 1200°C とする. またこの間の距離を 0.6m であるとする. かかる温度勾配を有する物体の中の伝導熱量 Q_2 は次式で表わされる.

$$Q_2 = \alpha \cdot F \cdot (t_1 - t_2) / l \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに α : 鋼の熱伝導率 (29 kcal/m h °C)⁴⁾

F: 伝導面積すなわち鑄片の横断面の面積 (m²)

t_1 : 湯面における鑄片の平均温度 (°C)

t_2 : 鑄型下端における鑄片の平均温度 (°C)

l : 鑄型内の鑄片の長さ (m)

いまかりに 130mm ϕ 鑄片を 1000mm/mn の鑄込速度で鑄込む場合について Q_2 を算出すると

$$F = 0.0169 \text{ m}^2$$

$$t_1 = 1500^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 1200^\circ\text{C}$$

$$l = 0.6 \text{ m}$$

であるから $Q_2 = 245 \text{ kcal/h}$ となる.

一方鑄込速度 1000mm/mn は 130mm ϕ 鑄片では 130 kg/mn に相当するから, 鋼単位重量当りの伝導熱量は q_2 は

$$q_2 = 245 / 130 \times 60 = 0.03 \text{ kcal/kg of steel}$$

となりこれも極めて小さい.

後に述べるごとく水平方向に鑄型壁を通して鑄型冷却水に伝達される熱量は 130mm ϕ 鑄片を 1000mm/mn の鑄込速度で鑄込む場合約 30 kcal/kg of steel である. ゆえに湯面から垂直上方に発散される輻射と鑄片内部を垂直下方に向う伝導とはともに極めて小さい量であることが明らかである.

そこで鑄片の主要な一次冷却過程である, 鑄型を通して鑄型の冷却水に達する熱の伝達について次に考察する.

2. 鑄片表面から鑄型の冷却水への伝達による冷却

鑄型内における鑄片と鑄型との関係は Fig. 1 に示すごとくである. すなわち鑄型の上部 (a) においては, 鑄片と鑄型との接触が保たれているから, 鑄片の含有する熱は表面から直接鑄型を通して鑄型の冷却水に達する. 冷却水に伝達された熱は冷却水とともに鑄型外に運び去られる. 次に鑄型の下部 (b) においては, 鑄片の含有する熱は表面から一旦この鑄片と鑄型との空隙を通過する. この間は輻射およびその空間に存在する気体または液体の伝導によつて鑄片から鑄型への熱の伝達が行なわれる. しかる後に熱は鑄型を通して鑄型の冷却水に伝達せられ, 冷却水によつて鑄型外に運び去られる.

ゆえに鑄片から鑄型の冷却水への熱の伝達は次式によつて表わされる.

$$Q_3 = F \cdot k \cdot (t_1 - t_2) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに F: 伝熱面積 (m²)

k : 熱貫流率 (kcal/m²h °C)

t_1 : 鑄片表面の温度 (°C)

t_2 : 鑄型冷却水の温度 (°C)

ただしここで熱貫流率 k は, 鑄片と鑄型との接触が保たれている時期すなわち鑄型の上部において

$$k_1 = 1 / (1/\alpha + 1/\alpha' + S/\lambda) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに α : 鑄片表面から鑄型への熱伝達率

(kcal/m²h °C)

α' : 鑄型から鑄型冷却水への熱伝達率

(kcal/m²h °C)

S : 鑄型の肉厚すなわち鑄型内面から水冷孔表面までの距離 (m)

λ : 鑄型の熱伝導率 (kcal/m h °C)

また鑄片と鑄型との接触が失われた後の時期すなわち鑄型の下部において

$$k_2 = 1 / (1/\alpha + 1/\alpha' + S/\lambda + S'/\lambda') \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに S' : 空隙すなわち鑄片と鑄型との間隙の厚さ (m)

λ' : 空隙の熱貫流率 (kcal/m h °C)

で表わされる. いうまでもなく $k_1 > k_2$ である.

さて (3) 式において F は鑄片と鑄型との接触が保たれている時期の伝熱面積 F_1 と接触が失われた後の伝熱面積 F_2 とからなるが (4) 式および (5) 式からも明らかごとく F_1 が大きくなるほど Q_3 が大となる. 言い換えれば鑄片と鑄型とが接触を失う時期が遅いほど, 鑄片から鑄型冷却水へ伝達される熱量すなわち一次冷却が大となる. 鑄片と鑄型との接触は, 鑄片外層部の凝固殻の内側への収縮が外側へのクリープに打勝つた時に失われる. この鑄片の外層凝固殻の収縮とクリープとは凝固殻の厚さと温度ならびに湯面からの垂直距離によつて決まる. 故に鑄込温度ならびに鑄片が鑄型内を通過する速度すなわち鑄込速度を変化せしめることによつて鑄片と鑄型との接触面積をい換えれば一次冷却量に変化するべきである. また鑄込温度の変化は鑄片表面の温度 t_1 を変化せしめるから $(t_1 - t_2)$ が変化し, したがつて Q_3 が変る. このほか, 鑄型内面は高温の鑄片に接触するので何らかの変化が起り, 伝熱面積を変化せしめることも予測せられる. また鑄込まれる鋼種の差は鑄片表面から鑄型への熱伝達率 α を変化せしめることが予測せられる.

すなわち一次冷却は鑄込温度, 鑄込速度, 鋼種, 鑄型使用回数などの諸因子の影響を受けるものと考え. そこで次にこれら一次冷却に関与する諸因子の影響について実験を行なつた.

III. 一次冷却に関する諸因子の影響

一次冷却すなわち鋳型内における鋳片の冷却は上述のごとき機構によつて行われることが明らかとなつた。そこでここでは一次冷却に関する諸因子が一次冷却に対して、それぞれどのような影響をおよぼすものであるかを実際の鋳込条件の下で解明した。

すなわち 130mm φ 鋳片の鋳込においてまず鋳込中の一次冷却の変動範囲を明らかにした。次に鋳込温度、鋳込速度、鋼種、鋳型使用回数などの一次冷却に関する諸因子を変動せしめた場合に、これらが一次冷却におよぼすそれぞれの影響を明らかにした。

鋳型は純銅製塊状鋳型を使用した。鋳込温度は懸堰内に Pt-PtRd 熱伝対を挿入して測定した。鋳込速度はピンチ・ロールの回転速度を測定して求めた。また一次冷却によつて失われる熱量は、鋳型冷却水の流量および給水管ならびに排水管内の温度差を測定し、両者を掛け合せることによつて求めた。

1. 鋳込中の一次冷却の変動

Si-Mn ばね鋼 (0.55/0.65% C, 1.50/1.80% Si, 0.70/1.00% Mn) 5 溶解を 130mm φ 鋳型に鋳込んだ。その際それぞれの溶解の鋳込時間約 60mn の間、鋳込温度、鋳込速度などを始めとして一次冷却ならびに二次冷却の諸条件をほとんど一定に揃えた。おもな鋳込条件は Table 1 に示す通りである。

その結果それぞれの一次冷却は Fig. 2 のごとくであつた。

すなわちいずれの溶解の鋳込においても、約 60mn 間の鋳込中の一次冷却の変動は極めて小さく、最大 2.7 kcal/kg of steel, 平均 2.2 kcal/kg of steel (±3.5%) である。いい換えれば鋳込中の一次冷却の変動はほ

Table 1. Casting conditions of the experiment on the variation of the primary cooling during casting.

Heat No.	Mold No.	Number of the use of a mold	Casting temperature (°C)	Casting speed	
				(mm/mn)	(kg/mn)
A 1	5	19	1510~1495	1140	145.7
A 2	6	24	1485~1475	1100	140.6
A 3	7	3	1455~1450	1230	153.7
A 4	7	10	1530~1525	1060	132.6
A 5	8	11	1505~1495	1230	150.0

Note: Even if linear casting speed (mm/mn) is the same, the weight casting speed (kg/mn) differs from each other because of their difference of mold cavity size.

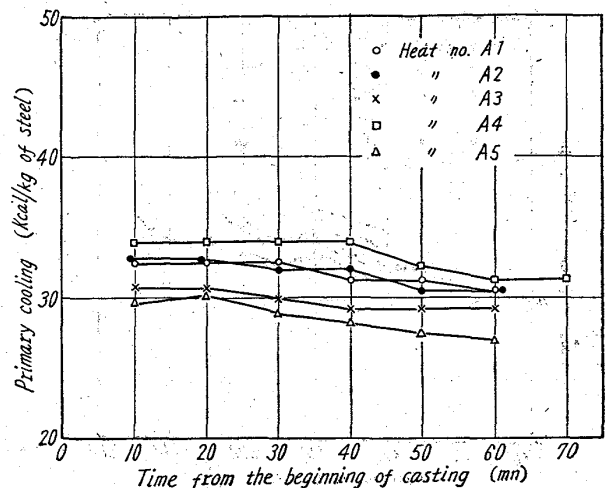


Fig. 2. Variation of the primary cooling during casting.

とんどないことが明らかである。

2. 鋳込温度の影響

Si-Mn ばね鋼 (0.55/0.65% C, 1.50/1.80% Si, 0.70/1.00% Mn) 5 溶解を 130mm φ 鋳型に鋳込んだ。その際それぞれの溶解の鋳込において、鋳込速度を始めとして一次冷却ならびに二次冷却の諸条件をほとんど一定に揃え、鋳込温度のみを 45~70°C の間に変動せしめた。おもな鋳込条件は Table 2 に示す通りである。

その結果それぞれの一次冷却は Fig. 3 のごとくであつた。

すなわち鋳込温度の低下に伴つて一次冷却は若干減少する。その減少量は鋳込温度が 45~70°C 低下する間に最大 4.6 kcal/kg of steel, 平均 3.4 kcal/kg of steel である。しかしながらこの一次冷却の平均減少量 3.4 kcal/kg of steel は前述の鋳込中の一次冷却の変動量 2.2 kcal/kg of steel を考慮すると極めて小さいものであることがわかる。いい換えれば鋳込温度の一次冷却におよぼす影響は、温度の低下とともに一次冷却を減少せしめるが、その減少量は極めて小さいものであることが明らかである。

Table 2. Casting conditions of the experiment on the effect of the casting temperature on the primary cooling.

Heat No.	Mold No.	Number of the use of a mold	Casting temperature (°C)	Casting speed	
				(mm/mn)	(kg/mn)
B 1	4	10	1530~1460	1060	137.7
B 2	6	5	1525~1480	1060	135.4
B 3	5	34	1530~1460	1140	145.7
B 4	5	42	1525~1455	1140	145.7
B 5	7	14	1550~1485	1060	132.5

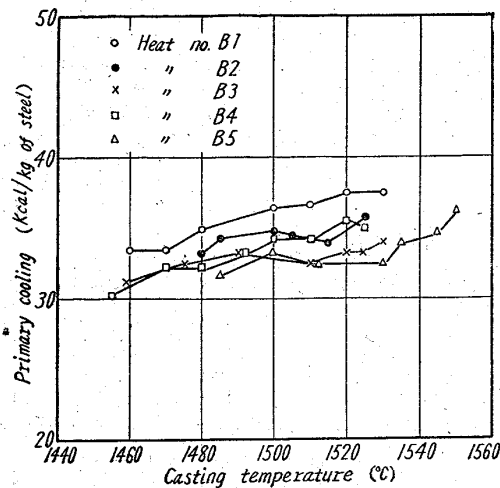


Fig. 3. Effect of the casting temperature on the primary cooling.

3. 鑄込速度の影響

低炭素鋼, 中炭素鋼および Si-Mn ばね鋼計 6 溶解を 130mm φ 鑄型に鑄込んだ. その際それぞれの溶解の鑄込において, 鑄込温度を始めとして一次冷却ならびに二次冷却の諸条件をほとんど一定に揃え, 鑄込速度のみを 63.6 kg/mn (500mm/mn) から 196.9 kg/mn (1550 mm/mn) に変動せしめた. 供試せる鋼の化学成分およびおもな鑄込条件は Table 3 に示す通りである.

その結果それぞれの一次冷却は Fig. 4 のごとくであった.

点線は単位時間 (mn) 当りの一次冷却, 実線は鋼単位重量 (kg) 当りの一次冷却を示す.

すなわち鑄込速度が 63.6 kg/mn から 196.9 kg/mn まで増大するに従つて, 単位時間当りの一次冷却は 3700 kcal/mn から 5360 kcal/mn まで増大する. しかしながら鋼単位重量当りの一次冷却は, 逆に 58.2 kcal/kg of steel から 27.2 kcal/kg of steel まで減少する. いい換えれば鑄込速度の一次冷却におよぼす影響は極めて大きく, 速度の増大とともに単位時間当りの一次冷却を増大せしめる. これは鑄型内の鑄片の下降速度が増加

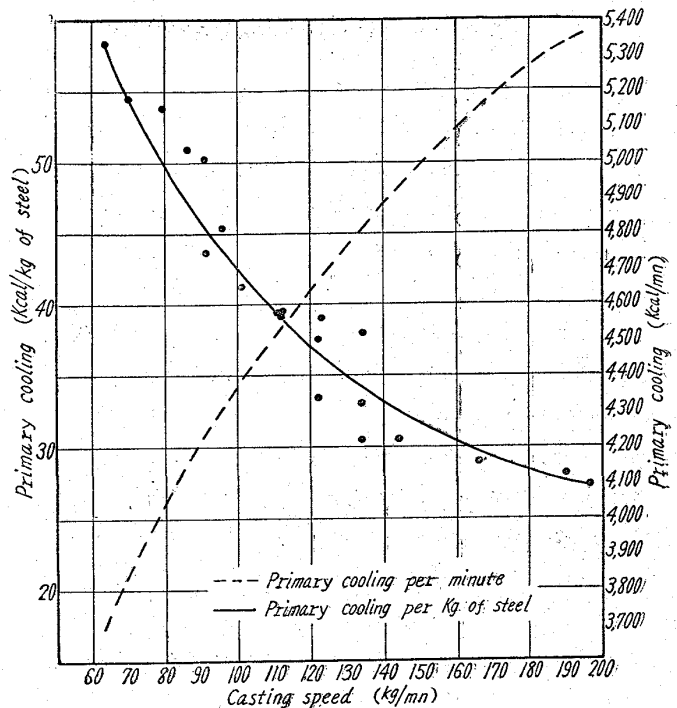


Fig. 4. Effect of the casting speed on the primary cooling.

し, 鑄片がクリープによつて鑄型との接触を保つ距離, すなわち前述一次冷却の機構で考察した F_1 が増大するために (3) 式の一次冷却 Q_3 が増大するからであると考え. ただしこれらの値は鋼単位重量当りの一次冷却に換算すると逆に減少することが明らかである.

4. 鋼種の影響

低炭素鋼 (0.18% C) 中炭素鋼 (0.51% C) 高炭素鋼 (0.98% C) Si-Mn ばね鋼, 軸受鋼および 18-8 ステンレス鋼をおのおの 1 溶解ずつ 130mm φ 鑄型に鑄込んだ. その際一次冷却ならびに二次冷却の諸条件をほとんど一定に揃え, 鑄込速度のみを若干ずつ変動せしめた. 供試せる鋼の化学成分は Table 4 に示す通りである.

またおもな鑄込条件は Table 5 に示す通りである.

その結果それぞれの一次冷却は Fig. 5 のごとくである.

Table 3. Casting conditions of the experiment on the effect of the casting speed on the primary cooling.

Heat No.	Chemical composition (%)			Mold No.	Number of the use of a mold	Casting temperature (°C)	Casting speed	
	C	Si	Mn				(mm/mn)	(kg/mn)
C 1	0.15	0.20	0.39	2	33	1540~1520	680~500	86.4~63.6
C 2	0.18	0.24	0.41	2	34	1575~1550	880~1060	111.6~134.6
C 3	0.58	0.26	0.43	2	55	1520~1485	550~760	69.8~96.6
C 4	0.51	0.27	0.45	2	57	1465~1455	800~970	101.5~123.2
C 5	0.64	1.61	0.76	2	59	1480~1450	720~1060	91.5~134.6
C 6	0.60	1.61	0.77	3	27	1455	1060~1550	134.6~196.9

Table 4. Chemical composition of steel in the experiment of the effect of the quality of steel on the primary cooling. (%)

Heat No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
D 1	0.18	0.24	0.41	0.017	0.010	0.17	—	0.10	—
D 2	0.51	0.27	0.45	0.007	0.008	0.20	—	0.24	—
D 3	0.98	0.32	0.40	0.013	0.009	0.20	—	0.22	—
D 4	0.58	1.45	0.87	0.015	0.009	0.18	—	0.19	—
D 5	0.98	0.26	0.39	0.015	0.008	0.17	—	1.34	—
D 6	0.05	0.80	1.06	0.037	0.005	0.13	9.76	18.28	0.12

Table 5. Casting conditions of the experiment of the effect of the quality of steel on the primary cooling.

Quality of steel	Heat No.	Mold No.	Number of the use of a mold	Casting temperature (°C)	Casting speed	
					(mm/mn)	(kg/mn)
Low-C steel	D 1	2	34	1570~1560	880~1060	111.6~134.6
Medium-C steel	D 2	2	57	1465~1455	800~900	101.5~123.2
High-C steel	D 3	2	28	1510~1490	970~1060	123.2~134.6
Si-Mn spring steel	D 4	2	26	1540~1530	800~970	101.5~123.2
Bearing steel	D 5	2	29	1520~1510	880~1060	111.6~134.2
18-8 stainless steel	D 6	1	70	1540~1530	880~1230	111.6~156.1

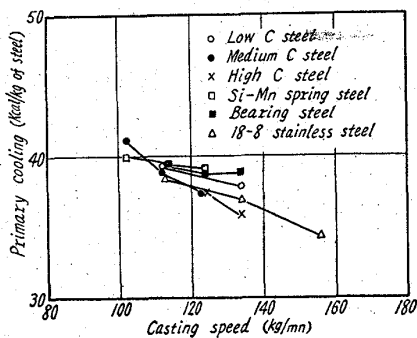


Fig. 5. Effect of steel quality on the primary cooling.

すなわち鋼種が異なることによつて一次冷却は、同一鑄込速度において最大 2.7 kcal/kg of steel の差異を生ずる。しかしながらこれは前述の鑄込中の一次冷却の最大変動量 2.7 kcal/kg of steel に等しく鋼種の差が一次冷却におよぼす影響は、全くないかあるいはあるとしても極めて小さい。いい換えれば鋼種の一次冷却におよぼす影響はほとんどないことが明らかである。

5. 鑄型使用回数の影響

Si-Mn ばね鋼 (0.55/0.65% C, 1.50/1.80% Si, 0.70/1.00% Mn) を 5 本の鑄型にそれぞれ数 10 溶解鑄込んだ。その際鑄込温度、鑄込速度などを始めとして一次冷却ならびに二次冷却の諸条件を出来るだけ一定に揃えた。おもな鑄込条件は Table 6 に示す通りである。

その結果それぞれの鑄型の一次冷却は Fig. 6 のごとくであつた。

すなわち鑄型使用回数の増加とともに一次冷却は減少

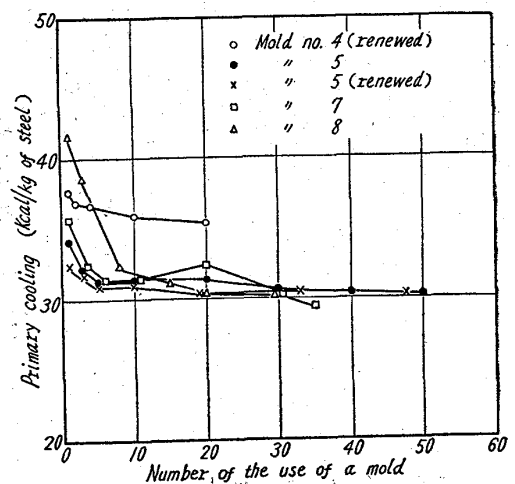


Fig. 6. Effect of the number of the use of a mold on the primary cooling.

する。その減少量は使用の初期約 5 回までが顕著であり、以後はほとんど減少しない。また新鑄型 (番号 5, 7 および 8) の一次冷却の減少量が平均 7.2 kcal/kg of steel であるのに対して 1 回削正後の鑄型 (番号 4 および 5) では平均 2.0 kcal/kg of steel である。いい換えれば鑄型使用回数の一次冷却におよぼす影響は新鑄型の場合使用の初期約 5 回までに約 20% の一次冷却の減少をもたらす、以後はほとんど影響をおよぼさない。また削正後の鑄型においては使用回数の一次冷却におよぼす影響はほとんどない。ここで鑄型の削正とは、一寿命使用完了した鑄型の内面を数 mm 削正し、平滑となし改めて使用に供することをいう。

Table 6. Effect of the number of the use of a mold on the primary cooling.

Heat No.	Mold No.	Number of renewal of the mold	Number of the use of a mold	Casting temp. (°C)	Casting speed	
					(mm/mn)	(kg/mn)
E 1	4	1	1	1500	1060	137.7
E 2			2	1470	1060	137.7
E 4			4	1485	1060	137.7
E 10			10	1510	1060	137.7
E 20			20	1475	1060	137.7
F 1	5	0	1	1490	1060	132.6
F 3			3	1485	1060	132.6
F 5			5	1495	1060	132.6
F 10			10	1470	1060	132.6
F 20			20	1490	1060	132.6
F 30			30	1485	1060	132.6
F 40			40	1510	1060	132.6
F 50			50	1490	1060	132.6
G 1			5	1	1	1490
G 3	3	1470			1060	135.4
G 5	5	1480			1060	135.4
G 10	10	1500			1060	135.4
G 19	19	1500			1060	135.4
G 33	33	1500			1060	135.4
G 45	45	1495			1060	135.4
H 1	7	0	1	1480	1060	132.6
H 3			3	1450	1060	132.6
H 5			5	1495	1060	132.6
H 10			10	1480	1060	132.6
H 20			20	1505	1060	132.6
H 30			30	1465	1060	132.6
H 35			35	1515	1060	132.6
J 1	8	0	1	1490	1060	129.1
J 3			3	1485	1060	129.1
J 8			8	1495	1060	129.1
J 15			15	1475	1060	129.1
J 20			20	1455	1060	129.1
J 30			30	1495	1060	129.1

6. 鑄型内面の変形

上述の5の実験において、使用中、鑄型に何らかの変化が起ることによつて一次冷却が減少することが明らかである。そこで上述の実験に使用した鑄型について数10回使用後の内面の寸法を測定し、使用前の寸法測定結果と比較した。

寸法測定はおのおのの鑄型について鑄型の上部から下部にいたる13段の点における相対する面の中心距離および鑄型の上部ならびに下部におけるおのおの3位置の相対する面の距離について行なつた。

その結果の1例を図示するとFig. 7のごとくである。

すなわち使用前ほとんど平滑であつた鑄型の内面が、数10回使用の後には、鑄込中の湯面に相当する上部が内面に張出し、下部は逆に外側に拡り、鑄型内面には下拡りのテーパを生ずる。このテーパは新鑄型では最大

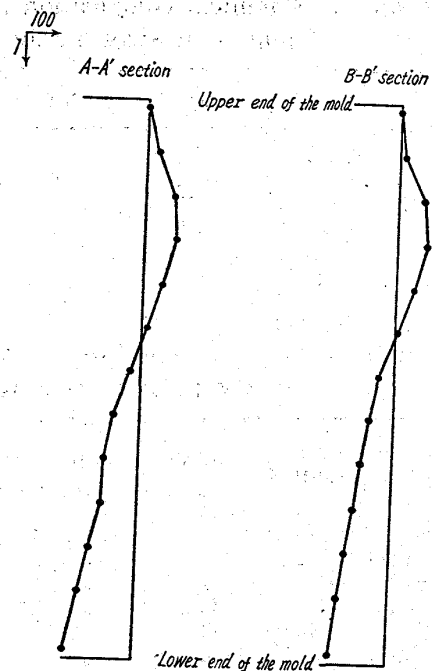


Fig. 7. Deformation of the inner surface of a mold after use (mold No. 8, after 32 times of casting).

2.46/1000, 平均 2.01/1000 であり、削正後の鑄型では最大 0.64/1000, 平均 0.52/1000 であることがわかつた。

5. で述べたように、鑄型使用回数の増加とともに新鑄型においては一次冷却が減少する。これは鑄型内面が高温の鋼と接触することによつて変形し、鑄片との接触を早期に失う。故に前述の一次冷却の機構で考察した F_1 が減少し、その結果 (3) 式の一次冷却 Q_3 が減少するからであると考えられる。

またこの鑄型内面の変形は新鑄型の寿命完了後、削正によつて変形した表面を除去すると、次の使用時には極めて小さくなり、したがつて一次冷却の減少もほとんどなくなる。

7. 総括

以上の実験によつて、一次冷却に関与する諸因子すなわち鑄込温度、鑄込速度、鋼種、鑄型使用回数などが一次冷却におよぼす影響を解析した。

その結果次のことが明らかとなつた。すなわち

(1) 鑄込温度および鋼種の一次冷却に対する影響はほとんどないか、あるいはあるとしても極めて小である。

(2) 鑄込速度を増大せしめると、鑄型内の鑄片の下降線速度が増大し、鑄片がクリープによつて鑄型との接触を保つ距離が増大する。従つて単位時間当りの一次冷却が増大する。しかしながら鋼単位重量当りの一次冷却は、鑄込速度の増大とともに減少する。

(3) 鑄型使用回数が増加すると、新鑄型においては特にその使用の初期において鑄型内面の変形が起り鑄片との接触が早期に失われることによつて一次冷却が減少

する。しかしながら一旦内面を削正した後の鑄型においてはかかる変形も著しく小となり一次冷却の減少もほとんどない程度となる。

IV. 結 言

鋼の連続鑄造における一次冷却の機構を考察し、かつ鑄込温度、鑄込速度、鋼種、鑄型使用回数などの諸因子が一次冷却におよぼす影響について実験を行なった。その結果、一次冷却の機構とこれに関与する諸因子の影響を明らかにした。

一次冷却は主として鑄片表面から鑄型を通して鑄型冷却水へ達する熱の伝達によつて行われる。一次冷却に顕著な影響をおよぼす因子は鑄込速度ならびに鑄型の使用回数であつて、鑄込温度および鋼種の相違はほとんど影響をおよぼさないかまたは影響をおよぼすとしてもその大きさは極めて小さい。鑄込速度の増加は鑄片と鑄型との接触面積を増大せしめるので単位時間当りの一次冷却を増大せしめるが鋼単位重量当りの一次冷却は逆に減少する。鑄型の使用回数の増加は特に新鑄型の使用初期において鑄型内面の変形が起ることによつて鑄片と鑄型との接触面積を減少せしめ、この結果一次冷却を減少せしめる。

以上鋼の連続鑄造における一次冷却の機構をより深く

把握するとともに一次冷却に関する基礎資料を得ることが出来た。これらの結果は後報に述べることと、さらに合理的な一次冷却法の研究に際して重要な数値を与えるものである。

終りに本研究に御懇切な御指導を賜つた東京大学教授工学博士梶山正孝先生に深甚の感謝を捧げます。また本研究を指示され、結果の発表を御許可下さいました小出秋彦常務取締役ならびに工学博士里井孝三郎常務取締役に深甚なる敬意を表します。また研究の遂行に当り絶えず御鞭達戴いた吉井重雄小倉製鉄所長に深謝の意を表するとともに、直接御指導戴いた理学博士大中都四郎第二製造部長兼技術部長に深く感謝する次第であります。

(昭和 36 年 9 月寄稿)

文 献

- 1) 明田義男, 佐々木寛太郎, 牛島清人: 鉄と鋼, 45 (1959) 12, p. 1341
- 2) 例えば H. KRÄINER u B. TARMANN: Stahl u Eisen, 69 (1949) Nr. 23, p. 813;
または J. SAVAGE & W. H. PRITCHARD: J. Iron & Steel Inst.(U.K.), 178 (1954) Nov., p. 269
- 3) A. I. BROWN: Introduction to Heat Transfer, (1958), p. 55
- 4) A. SCHACK: Der Industrielle Warmeiibergang, (1940), 付表

球状黒鉛鋼ロールの研究*

音谷登平**・益子美明***

Study on Nodular Graphite Steel Rolls.

Tohei OTOTANI and Yoshiaki MASUKO

Synopsis:

In order to improve the resistance to fire cracking and wear of steel rolls for primary hot-rolling mills, such as blooming, slabbing and roughing mills, without reduction of their strength and toughness, some characteristics of cast iron must be accompanied with the properties of steel rolls.

It was, therefore, undertaken to apply nodular graphite steel to rolls for primary mills to realize the above idea. One of the authors has recently developed nodular graphite steel, with use of a special Fe-Ca alloy, this steel having free nodular graphite even in as-cast state.

The characteristics of nodular graphite steel were first investigated mainly from the metallurgical point of view, and its promising applicability to rolls was clarified.

The trial manufacture of actual rolls with nodular graphite steel was next performed for several mills.

* 昭和36年10月本会講演大会にて発表 ** 東北大学金属材料研究所 工博

*** 住友金属工業株式会社製鋼所 工博