

Table 3. EPMA Identification of non-metallic inclusions that constitute sand marks.

Ferroalloys and deoxidizers	Testing position	Elements					
		Al	Si	Mn	Ca	Mg	Ti
Si-Mn, Fe-Si, Al	M I	+++	++	+++			
〃	M II	+++	++	++			
〃	T I	+++					
〃	M I	++	+++	++			
Fe-Si, Fe-Mn, Al	B I	+++	++	++	+	+	
Fe-Si, Fe-Mn, Ca--Si-Mn	B II	+++		+	+++		
〃	T I	+++		+	+++		
〃	B I	+++			+++	+	
〃	B II	+++			+++		
Si-Mn, Ca-Si-Mn	M I	+++	+		+++		
Si-Mn, Fe-Ti, Al	T I	+++	++	++			+++
〃	M I	+++	++	++			+++
〃	M II	+++	++	++			+++
〃	B I	+++	++	++			+++
〃	B II	+++	++	++			+++
〃	B III	+++	++	++			+++

Note T: Ingot top I: D-6 (surface) +++: strong
M: Ingot middle II: 2/3D ++: medium
B: Ingot bottom III: 1/2D +: weak
(D: diameter of specimen)

Table 4. Chemical compositions of scum, slag and refractory.

Sample	Composition (%)	T. Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO
Scum		2.7	2.2	54.0	9.4	23.6	0.9	0.8
Slag		12.4	12.1	14.9	3.8	7.8	47.8	5.4
Eroded layer of refractory		—	—	57.1	16.5	26.9	0.8	—
Not eroded layer of refractory		—	—	90.4	2.4	0.1	0.2	0.1

は注入中の介在物の浮上が防げられ、また下広鑄型の場合には、浮上していく介在物が凝固界面に捕えられやすいために地キズ成績が劣化するものと考えられる。

5. 結 言

150 t 塩基性平方において、機械構造用炭素鋼を溶製し、溶製条件と地キズの関係について調査を行ない、次のことが明らかになった。

(i) 地キズ成績は溶鋼中の酸素が支配的な要因となつていと考えられ、1次脱酸生成物が地キズの主要原因となつている。

(ii) 上注法よりも下注法、下広鑄型よりも上広鑄型の方が地キズは少ない。これは鑄型内での溶鋼の流れ、および凝固条件によつて支配されるためと思われる。

文 献

- 1) 小池, 野田: 鉄と鋼, 42 (1956) 10, p. 962
- 2) 河合, 木村: 鉄と鋼, 43 (1957) 9, p. 1053
- 3) 成田, 他: 鉄と鋼, 46 (1960) 10, p. 1221
- 4) 成田, 他: 鉄と鋼, 47 (1961) 3, p. 521
- 5) 小田, 他: 学振 19 委 7353. 介在 116
- 6) 泉田 : 鉄と鋼, 52 (1965) 13, p. 1834

フェロマンガンおよびシリコマンガンの連続金型鑄造*

石川島播磨重工業技術研究所

田知本一雄・鴨志田次男

Continuous Casting of Nut-Size Ferromanganese and Silicon-Manganese in Metal Mould

kazuo TACHIMOTO and Tsugio KAMOSHIDA

1. 緒 言

製鋼作業で脱酸用または合金用として用いる高炭素フェロマンガンをシリコマンガンをトリベに添加する傾向がますます大きくなつてきているが、短時間内に溶鋼に均一に溶解させるため、あるいは歩留りを一定にするため、または添加用のシュートがつまるなどの事故を防止するために、これらフェロアロイのサイズにしてたとえば 20 mm 上~40 mm 下というような厳しい制限が要求されている¹⁾。したがって高炭素フェロマンガンについ

* 第 73 回講演大会にて発表 講演番号 81 昭和 42 年 7 月 17 日受付

てみると、メーカーの全出荷量のうち約 50% が 20~50 mm サイズ、またはこれを含むサイズであつて²⁾、この割合は LD 法による粗鋼生産高の増加とともに増大していくものと考えられる。

これに対してフェロアロイメーカーは平板状の鋳塊を作り、これを人力または機械力で破碎したのち篩分けを行なつて需要に応じているが、その際発生するアンダーサイズは人力破碎の場合で約 7~8%、破碎機による場合は約 20% にもものぼるといわれている。また人力によるときは多数の作業員を必要とするので、これらが企業合理化のネックとなつていのがフェロアロイ工業の現状である。

このような小サイズ品を金型鑄造しようとする試みがこれまでしばしば行なわれてきたが、いずれもクラックによつて鑄造品が破碎するのを防止することができず³⁾、鑄造不可能であるとさえいわれており⁴⁾、わずかに一部のメーカーにおいてオリビンサンドによる砂型鑄造⁵⁾が小規模に実施されているにすぎない。その理由について考えてみると、(1) これらマンガン系のフェロアロイは鑄造後の冷却中にクラックを発生しやすく、破碎しやすい性質を持つてゐるが、工業的に許容できる範囲までアンダーサイズの発生率を低くする鑄造条件が見つかりなかつたこと、(2) サイズが 20~40 mm あるいは 20~55 mm 単重が約 200~300 g 前後の小塊を短時間内に工業的規模で鑄造する装置が開発されていながつたことが大きな理由としてあげられるであろう。

筆者らはこれらのフェロアロイの小サイズ品の金型鑄造の問題を取り上げ、実験室研究によつてアンダーサイズの発生を少なく、製品歩留りのよい鑄造条件を見出し、この結果を基にして工業化試験機を製作し、実際の製造現場の作業の中で工業化試験を行ない、おおよそ満足すべき成績を得ることができたのでその概要を報告する。

2. 実験室研究

2.1 小塊形状

小塊形状の選定の要件として、

(1) 単重約 200~300 g 程度の小塊を 5~10 t サイズで鑄造できること、(2) その鑄込時間はトリペ内の溶湯の温度降下を考慮に入れて短時間であること、(3) 小塊体で鑄造できないときは破碎などの分離方法が簡単で、容易であること、(4) 小塊の分離工程でアンダーサイズの発生が少ないこと、(5) 金型から鑄造品が容易に離型すること、などが考えられるので、これらの点を考慮しながら種々の形状の金型を作製して実験を行なつた結果、一定間隔に適當な寸法・形状のノッチをつけた棒状鑄造品とすれば上記の要件を満足し、一定形状の小塊⁶⁾を歩留りよく製造できることがわかつた。

2.2 分離方法

上記形状の鑄造品とすれば簡単な落下によつてノッチの部分で個々の小塊に容易に分離する

ので、いわゆるシャッターテストによつて一定高さから落下させ、落下ごとの小塊分離状況、アンダーサイズ発生率を調査して適當な鑄造条件を見つけることにした。

2.3 鑄造条件

小塊形状、鑄込み温度、冷却条件などの鑄造条件を要因として、落下テストのアンダーサイズ発生率、分離におよぼす影響を調査し、あわせて Si 含有量の変化による影響を調査した。また工業化のため金型の塗布剤、塗布方法ならびに分離のための落下をあたえる方法についても試験を行ない、工業的に許容しうるアンダーサイズ発生率とするための適當な条件を見出すことができた⁷⁾。

Fig. 1 は落下試験成績の 1 例であるが、連結していた小塊の落下ごとの分離の進行状態およびアンダーサイズ発生率を示している。

3. 工業化試験

実験室の基礎的な試験結果に基づき、20~40 mm サイズ品を鑄造する工業化試験機（能力約 1.5 t/回）を製作したが、設計にあつてとくに注意した点は、

(1) 深さ約 30 mm、幅約 40 mm の鑄溝に「静かに早く」注入できるような金型形状と注入方法、(2) 実際操業ではタップ温度がかなりの範囲に変動しているので溶湯温度が低くとも注入ができるような注入方法および注入装置、(3) 金型移動速度を 10 m/min 程度にしても

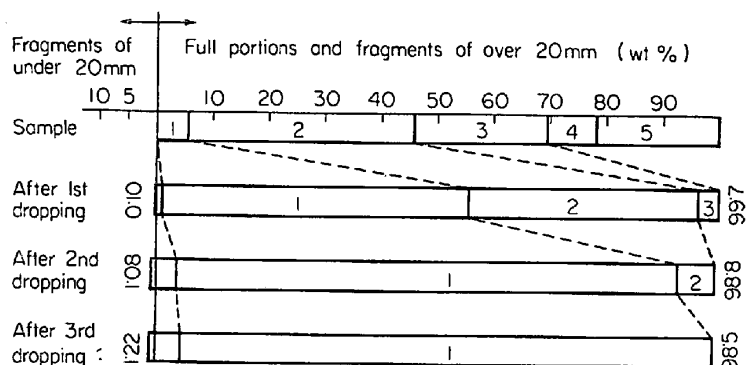
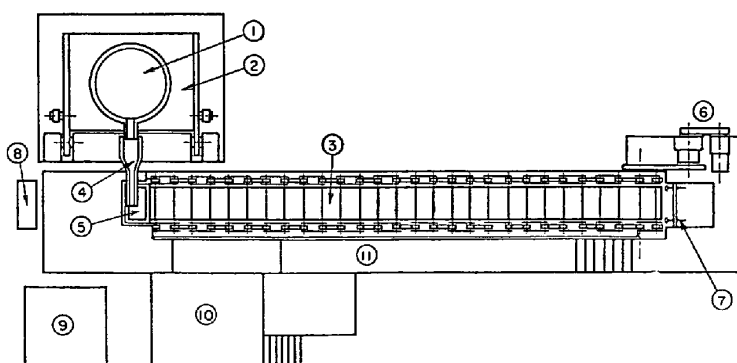


Fig. 1. Results of drop test of high carbon ferromanganese castings (size : 20~40 mm sieve).

Height of dropping : 1800 mm Wt of sample : 11956g

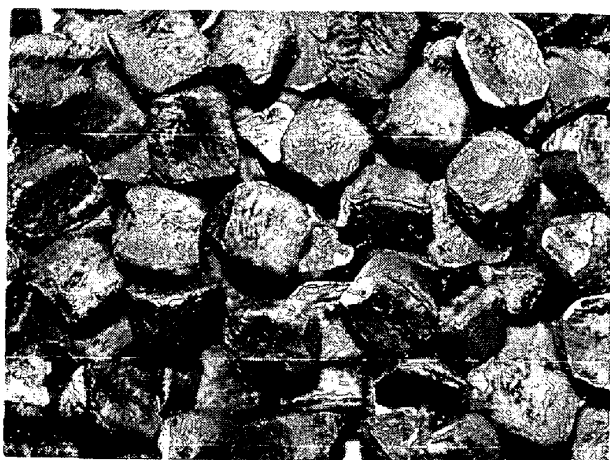


1 Ladle, 2 Ladle tilting equipment, 3 Moulds, 4 Runnet, 5 Pouring basin, 6 Driving motor and gear, 7 Hammering equipment, 8 Mould wash spraying equipment, 9 Hydraulic unit for ladle tilting equipment, 10 Operating room, 11 Platform.

Fig. 2. Schematic plan of the semi-industrial casting apparatus.

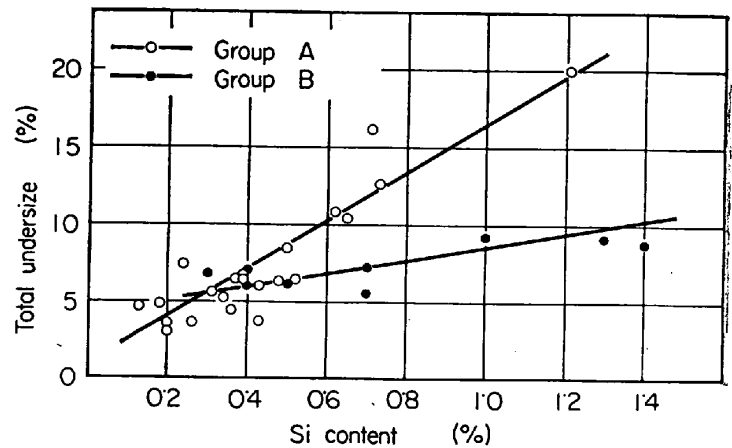
機械に振動を生じないような構造、(4) トリベの傾動と金型移動速度との制御、少なくともトンサイズの鋳込みテストができる能力とすること、などであつて、さらにトラックで分割輸送できる構造・大きさの装置とすることとし、実際の製造現場に持ちこんで、(1) 性能の確認、(2) 機械運転上の要因によるアンダーサイズ発生率変化の調査、(3) 注入方法および金型形状・寿命などの改善のための実験ならびに(4) 操業上のトラブル調査・対策の検討実施などを行なつた。Fig. 2 は工業化試験機の概要を示している。

次のその 2, 3 の結果について報告する。Fig. 3 は高炭素フェロマンガング JIS 1 号・2 号品のアンダーサイズ発生率を示している。図の A 群では約 40 タップ、B 群では約 20 タップについて試験したが、そのうち成績の判明しているデータだけを記載してある。縦軸の total undersize とは鋳造品の分離工程で発生したアンダーサイズと、鋳造の際発生したアンダーサイズ、すなわち鋳放品のアンダーサイズとの合計である。この工業化試験機において鋳放品のアンダーサイズ発生率は B 群の実績によれば約 3~3.8% の範囲にあつたので、分離工程だけを考えたアンダーサイズ発生率は僅少であることがわかる。total undersize 発生率は Si 含有量と有意な相関があること、注入から離型までの時間の長短がアンダーサイズ発生率に影響することが認められる。分離方法の相違の影響は図の Si 含有量の低いところで、B 群のデータが A 群のデータより多少高い値を示していることによつて認められるようである。Fig. 4 はこの工業化試験機で鋳造可能な高炭素フェロマンガング溶湯を示している。界域 I では注入は容易であつたが、界域 II ではやや困難で、注入中に注入樋の湯口を掃除する必要があつた。また界域 III では注入が困難で、たびたび湯口を掃除してもついに溶湯が流出しなくなり、注入を中止しなければならなかつた。1240~1250°C のような低温度でも注入速度を大きくすれば、注入が可能になる。Fig. 5 は工業化試験機によつて鋳造した



(× 1/3)

Photo. 1. Products obtained by semi-industrial casting machine. High carbon ferromanganese of 20~40mm size.



Separation procedure of connected portions;

Group A : trommel $\xrightarrow{+40\text{mm}}$ tumbler

Group B : sieve $\xrightarrow{+20\text{mm}}$ tumbler

Fig. 3. Relation between silicon content of 20~40 mm size high carbon ferromanganese and total undersize. Time from pouring to take-out of Group A is longer than that of Group B.

シリコマンガング JIS 2 号・3 号品の total undersize の発生率を示している。この場合の鋳放品のアンダーサイズ

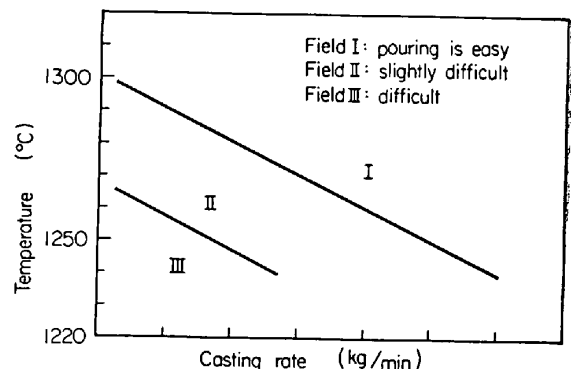


Fig. 4. Castability of high carbon ferromanganese. Relation between temperature of melt in pouring trough and casting rate.

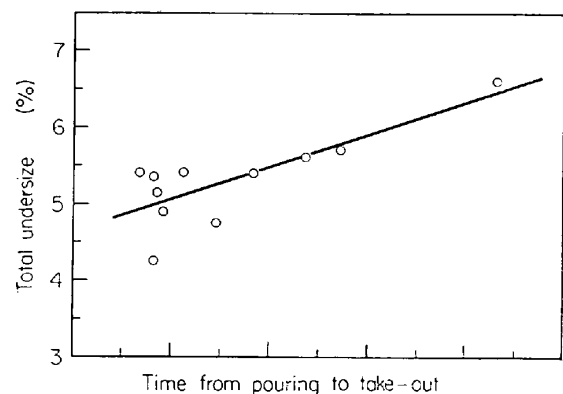


Fig. 5. Relation between time from pouring to take-out of 20~40 mm size silicon-manganese and total undersize.

発生率は約 2~3% の範囲にあつたから、分離工程におけるアンダーサイズ発生率は高炭素フェロマンガンの場合と同様に僅少であることがわかる。Photo. 1 は高炭素フェロマンガンの小塊を示している。

以上のごとく 20~40 mm のような小サイズ品でもアンダーサイズの発生少なく製造できることが確認された。

4. 言 結

高炭素フェロマンガンのおよびシリコマンガンの小サイズ品の金型鑄造について

(1) 実験室研究によつて小塊形状、鑄造品形状を定め、一定の分離条件のもとで、アンダーサイズ発生率を小さくする鑄造条件を求めた

(2) これらの結果に基づいて製作した工業化試験機による現場試験においても満足すべき成績が得られ、従

来不可能といわれてきた 20~40 mm サイズのごとき小サイズフェロマンガンのおよびシリコマンガンの金型鑄造は工業的にも可能であることが確かめられた。

文 献

- 1) 縄田ほか：鉄と鋼，50 (1964) 3, p. 180~183
- 2) フェロアロイ工業合理化対策委員会：フェロアロイ工業合理化対策，第 5 部，昭和38年12月，p.32
- 3) たとえば，江原浩介：フェロアロイ，No. 4, 昭和25年，p. 14~15
- 4) 前掲，フェロアロイ工業合理化対策，第 6 部，昭和38年12月，p. 92
- 5) 特許出願公告，昭36-12104，昭36-12253
- 6) 意匠登録 第252605号，第267427号，第267428号，
- 7) 特許出願中