

講演論文*

炭素鋼の地疵についての考察**

川崎製鉄千葉製鉄所

工博 太田豊彦・飯田義治・野中 浩

小川治夫・岡野 忍

Consideration on Sand Marks of Carbon Steel

Dr. Toyohiko ŌTA, Yoshiji IIDA, Hiroshi

NONAKA, Haruo OGAWA, Shinobu OKANO

1. 緒 言

鋼材の地キズに関しては、今までも多くの研究が行なわれており^{1)~6)} またいくつかの地キズ減少対策が述べられているがそれらは必ずしも一致しているとは言いがたい。すなわち地キズの主要原因となつていものは溶製条件によつてかなり変わるものと考えられる。

今回われわれは 150 t 塩基性平炉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種々の調査を行ない、地キズを減少させるための要因を明らかにすることができたのでそれらについて以下に述べる。

2. 実験条件

われわれが実験を行なった鋼の組成は、0.15~0.55% C, 0.20~0.30% Si, 0.50~0.70% Mn の範囲のものであり、(1) 脱酸剤の使用法、(2) 注入方法、(3) 鋳型形状、(4) 注入流の雰囲気の影響について調査した。なお地キズの測定は、鋼塊を 250×250 mm 角のブルームに圧延後、鋼塊の頭部・中部・底部相当の所から長さ 200 mm のサンプルを採取し、それを 70 mm φ の棒に鍛造後 JISG-0556「鋼材の地キズ測定法」にもとづき 3 段階りを行なった。地キズの測定値はかなりバラツキが大きいので、1 チャージ 3 本以上の鋼塊から試験片を採取し、その平均値をもつてそのチャージの地キズ成績とした。このようにしてチャージの地キズ成績を表わした場合、ブルームを 70 mm φ に鍛造したものの地キズ成績と、同じブルームを 90~100 mm φ に圧延した棒鋼での地キズ成績がよく対応していることがわかった。

3. 実験結果

3.1 精錬条件と地キズ成績

溶鋼組成が同一のものについて精錬方法と地キズの関係について調べた結果を Table 1 に示す。この表での地キズ成績は精錬方法 A の場合を 1.0 とし、精錬方法 B, C, D はそれに対する割合で示した。

この場合種々の要因が交絡していて、どれが主要因になつていのかは明らかでないが、精錬中の Mn を高目に保持し、炉内での予備脱酸の量を増し、出鋼終了後の静置時間を少し延長することにより、鋳型内溶鋼中の酸素もかなり減少し、地キズも半分程度まで減少していることがわかる。

Fig. 1 に精錬方法を一定にした場合の溶鋼中炭素と地キズの関係および炭素と酸素の関係について示した。地キズ成績と炭素の間には高度の相関関係が認められ、また地キズ成績が悪いものは酸素が高く、溶鋼中酸素が地キズ成績を支配する要因の 1 つであることは明らかである。

3.2 造塊条件と地キズ成績

精錬方法が全く同一のものであつても、過塊方法が不適当であれば当然地キズ成績は悪化する。地キズ成績に影響を与える造塊時の要因は沢山考えられるが、それらのうち特に大きな影響を与えると思われた。(i) 注入時の雰囲気 (ii) 注入方法 (iii) 鋳型形状の 3 つについて検討した。これらの実験結果を Table 2 にまとめて示した。

3.2.1 注入時の雰囲気

注入中に起こる空気酸化の影響を明らかにするため、大気中注入のものと、N₂ ガス雰囲気中注入のものについて比較した。鋼種は 0.35~0.45% C のものであり、注入は上注法で行なった。雰囲気調整は、中心に穴をあけた鉄板で鋳型上面に蓋をし、この穴とノズル下端との間を鋼管で結び、鋳型内および鋼管内に N₂ ガスを吹き込む方法によつて行なった。また鋳型内は注入前に N₂ ガスを吹き込んで、空気を N₂ ガスで置換しておいた。こ

Table 1. Relation between steelmaking method and sand mark index.

Steelmaking method	Mn content during refining period	Ferroalloys and deoxidizers		Killing time	Sand mark index	Oxygen content in mould
		Furnace	Ladle			
A	Low	Si-Mn	Fe-Mn Ca-Si-Mn	Short	1.0	about 100 ppm
B	High	Fe-Si	Fe-Mn Ca-Si-Mn	Long	0.5	about 60~70 ppm
C	"	Si-Mn	Fe-Si Al	"	0.4	"
D	"	Fe-Si	Fe-Mn Al	"	0.4	"

*原稿は旧寄稿規程において受付けたものであります

** 第 73 回講演大会にて発表 講演番号 109 番 昭和 42 年 6 月 26 日受付

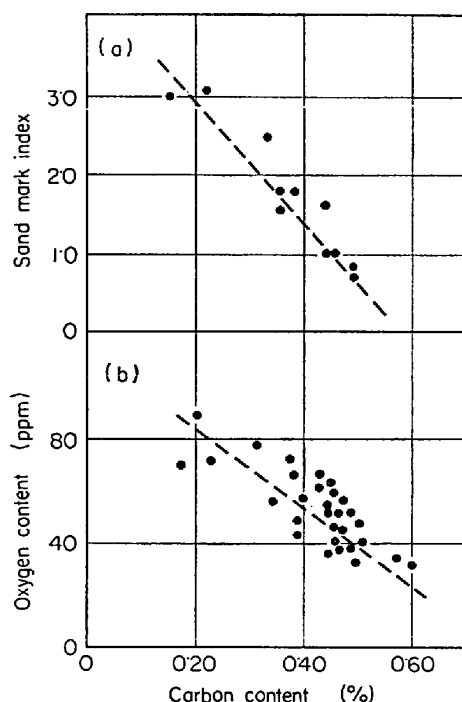


Fig. 1. (a) Relation between carbon content and sand mark index.
(b) Relation between carbon content and oxygen content in the mould.

Table 2. Relation between sand mark index and ingot making process.

Ingot making process		Sand mark index
Pouring atmosphere	in air	1.0
	in N ₂	1.1
Mould type	Big-end-down	1.0
	Big-end-up	0.7
Pouring method	Top pouring	1.0
	Bottom pouring	0.5

のような方法で溶鋼の空気酸化を極力防いだが、Table 2にみるとおりその効果は全くなく、少なくとも0.35% C以上の鋼種については、空気酸化によつて地キズ成績が劣化することはないと考えられる。

3.2.2 法入方法

0.40%Cの鋼種につき、上注法と下注法の比較を行なった。上注法と下注法ではノズル径および注入時間が若干異なるが、それ以外の条件はすべて同一とした。下注法を採用することにより地キズが半減している。この場合0.40%Cの鋼種であるから、注入法による地キズ成績の差は、空気酸化によるものとは考えがたく、鑄型内溶鋼の流れの差によるものと予想される。

3.2.3 鑄型形状

0.35~0.45%Cの鋼種につき上注法の場合に、7 tの上広鑄型と、同じく7 tの下広鑄型での地キズ成績の比較を行なった。結果はTable 2に示されるとおり幾分上広鑄型の方が地キズ成績がよかった。

4. 考 察

地キズ部には大型の酸化物系非金属介在物が存在していることは多くの研究者の意見が一致している。われわれの場合においても、数10例の地キズ部を顕微鏡観察した結果それらと同様、酸化物系の非金属介在物が認められた。しかしながら、それら介在物の組成は用いた脱酸剤(合金剤)の種類によつて異なっている。すなわち脱酸剤としてSiMnおよびAlを用いた場合にはAl-Si-MnまたはAl-Si系の酸化物であり、Caは検出されない。一方Fe-SiおよびCaSiMn(Alを8%程度含む)を用いた場合には、地キズ部の介在物はほとんどがCa-Alを含む酸化物であつた。またSiMn, AlおよびFeTiを用いた場合には地キズ部の介在物には必ずTiとAlが含まれており、その他の元素としてSiまたはSi-Mnが含まれている。これらをまとめてTable 3に示した。地キズの原因の1つとして、溶鋼中にスラグが混入し、それが鑄型内にまで残り凝固時にトラップされることが考えられる。しかしこれが地キズの主要原因となつていなければ使用する脱酸剤の種類に関係なく、地キズ部の介在物の組成はほぼ同一のものとなるはずであるから、スラグが溶鋼に混入したものが地キズの主要原因であるとは考えられない。

さて、スカムが地キズの原因となつていと言われている。そこでSiMnおよびAlを用いて脱酸した鋼塊の頭部に浮上したスカムを採取しその組成を調べた。その結果とスラグ、造塊用耐火物およびそれと溶鋼との反応生成物の組成とをまとめてTable 4に示した。これよりスカムはスラグとは全く別個な組成であり、造塊用耐火物と溶鋼との反応生成物に非常に類似していることがわかる。しかしながら、耐火物と溶鋼との反応生成物が地キズの主要原因であるとするならば、CaSiMn脱酸の場合において地キズ部の組成がほとんどCa-Alの酸化物のみであることが説明できなくなる。

なお、前述したように、空気酸化が地キズの支配的な要因になつていとは考えられない。

一方地キズの分布は鋼塊の表面層に多く(地キズ発生割合は、地キズ試験片のI段目:II段目:III段目は1.0:0.2:0.3である。)しかも鋼塊表面層は凝固速度の速い部分である。つまりこの部分の介在物は、凝固時に生成したのではなく、凝固前にすでに介在物として存在していたと考えた方が妥当である。しかも出鋼時の酸素量と地キズ成績が対応し、脱酸剤の種類によつて地キズ部の組成が変わることなども考え合わせれば、この場合地キズの主要原因は1次脱酸生成物と考えられる。

次に造塊法によつて地キズ成績に差があらわれる原因について考えてみる。炭酸カリウム水溶液に樹脂粒を混合した。上注および下注法の模型実験によると、上注の場合下向の注入流のために鑄型内で浮上してきた樹脂粒が底部にまで運ばれかなり均一に分布する。しかし下注の場合上向の流れと共に樹脂粒が運ばれ鑄型内樹脂粒が非常に少ない。またステアリン酸およびコルク粉末を用いて行なつた実験では、上広鑄型では鋼塊表面近くのコルク粉末が少ないのに対し、下広鑄型ではかなり多い。これは下広鑄型の場合コルク粒が浮上中に凝固界面で捕えられやすいためであろう。このように上注法の場合に

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

フェロマンガンの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の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の

* 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