

テルル添加による鋳物の表面硬化に就いて

中島三郎* 岡村栄次** 上島駿雄***

Chilling of Cast Iron Surface by Addition of Tellurium Metal

By Saburō Nakajima, Eiji Okamura and Toshio Ueshima
Kawasaki Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Although a few reports have been made available here and abroad concerning a novel method of surface hardening of cast iron which employs the metal tellurium, they commonly lack in comprehensiveness of the data to be applied in practice. This urged the writers to carry out for themselves a series of experimental research on the new method of surface hardening in their factory.

The article relates of their laborious experiments which ended in a well-earned success.

〔I〕 緒 言

鋳鉄の表面硬化の方法としては、現在、焰焼入、高周波焼入等が行われているが、金属 Te を添加して、鋳鉄の表面を白鉄化させる事により硬くする新しい方法が最近内外で発表されている。

然しこれを現場作業へ応用する為には、これ等の文献資料のみでは、不明の点多々あつたので本実験を行った。

又その結果を現場作業に応用して、良好なる製品の完成をみる事が出来たので報告する次第である。

〔II〕 実験方法

テルル添加により、鋳物の表面を白鉄硬化させるためには、添加方法、熔湯温度、添加後の経過時間、熔湯成分、硬度、チル深さ (Chill)、組織、造型等の影響を明らかにするため、それぞれの試験目的に応じた後述の各種試験片を生砂型、或いは乾燥砂型で作った。

用いた溶湯は、キューポラ (Cupola)、或いは 35 kVA 高周波電気炉で熔解した FC 15, FC 19 で、溶湯の温度測定は、総べて Pt-Pt·Rh 熱電対で行った。

又使用した金属 Te は三菱金属鋳業株式会社製の 99%

* ** *** 日立製作所川崎工場

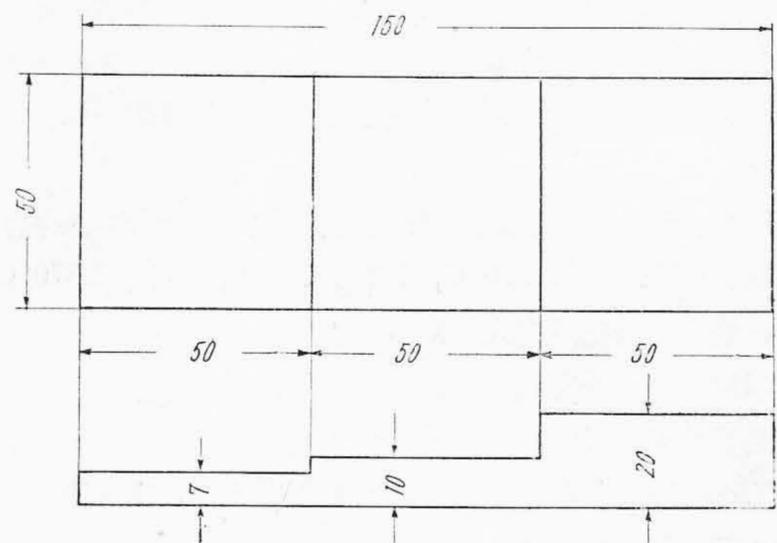
純度のもので、柱状結晶の破面を有するインゴットを 100 メッシュ (Mesh) 以下の細粒に砕いて使用した。

〔III〕 実験結果

(1) 添加方法による影響

テルルの添加方法として、大別して、取鍋熔湯に直接添加する方法、鋳型の湯口直下に予め添加して置く方法及び鋳型塗料中にテルルを混入する方法がある⁽²⁾⁽³⁾。

キューポラ熔湯 FC 15 (C% 3.45; Si% 2.08) を第 1 図の如き階段型の乾燥砂型に鋳込み、それ等の影響を試験



第 1 図 破面観察試験片

Fig. 1. Test Piece for Observed Fracture

第 1 表 添加方法による影響

Table 1. Influence of Added Ways

試料 No.	Te の添加方法	添加量 (%)	チル 効 果		
			7mm 厚	10mm 厚	20mm 厚
30	熔湯に添加	0.03			
		0.06			
31	湯口直下に添加	0.03			
		0.06			
32	鑄型塗料中に添加	塗料 50g に対し 3g			
		塗料 50g に対し 6g			

した結果を第 1 表に示す。

第 1 表 (以下記載の表も同様) 中のチル効果は第 2 図の如き破面観察状況を表わし、同時に記載の数字は、観察による鼠銹部の占める面積を % で表わした。

又テルルを熔湯に直接添加する場合及び塗料中にテルルを混入した鑄型に注湯する場合の熔湯温度は予備実験により 1,370°C とした。

以上の如く添加方法により白銹化状況は異なるのでそれぞれの使用目的に応じ、添加方法を選択すべきであり、表面を確実に白銹化させるには、鑄型塗料中にテルルを混じて使用するのが最も良い。

(2) 添加時の熔湯温度の影響

(A) テルルを取鍋熔湯に直接添加した場合

テルルは熔融温度 452°C, 蒸発温度 1,390°C であるので、熔銹温度で速かに燃焼消失する故、鑄型に注湯する直前に取鍋中に添加するか⁽³⁾、或いはテルルの酸化、蒸発を防止する意味で Te-Cu 合金にしたり、薄い銅箔にテルル粉末を包んで、取鍋に添加する⁽¹⁾方法があるが、本実験ではテルル粉末を単独で添加した。

添加温度は蒸発温度の 1,390°C の附近、添加量は第 1 表の場合と略々同様として、高周波電気炉熔解の FC 19 (C% 3.37; Si% 1.87) を第 1 図の生砂型に鑄込んだが、第 2 表の如く、第 1 表の試験に比し、材質、型の違いで、全部白銹化し、試料 No. 3 及び No. 5 の破面に少量の、モットル (Mottle) の発生をみたので、テルル添加量を減じて、0.01% で試験した結果は第 3 表の如くである。

即ち、テルルを取鍋熔湯に直接添加する場合の添加温度は、1,420°C, 1,370°C, 1,320°C の中では、1,370°C が、最も白銹化傾向大である。

(B) テルルを鑄型塗料に添加した場合

鑄型塗料の 10% のテルル粉末を鑄型塗料と混じて、鑄型への注湯温度の影響を試験した結果は、第 4 表及び第 3 図の如くである。

試料作製の過程は乾燥砂型を用いた以外は (2) の (A) と同様である。



第 2 図 破面観察の記号
Fig. 2. Sign of Observal Fracture

第 2 表 取鍋添加の場合の熔湯温度の影響

Table 2. Influence of Iron Temperature on Ladle Additions

試料 No.	添加時の熔湯温度 (°C)	添加量 (%)	添加後経過時間 (min)	チル 効 果		
				7mm 厚 (%)	10mm 厚 (%)	20mm 厚 (%)
1	1350	0.07	3			
2	1350	0.04	3			
3	1320	0.02	2			
4	1370	0.02	3			
5	1420	0.02	3			
6	1320	0	0			

第 3 表 取鍋添加の場合の熔湯温度の影響

Table 3. Influence of Iron Temperature on Ladle Additions

試料 No.	添加時の熔湯温度 (°C)	添加量 (%)	添加後経過時間 (min)	チル 効 果					
				7mm 厚 (%)	10mm 厚 (%)	20mm 厚 (%)	7mm 厚 (%)	10mm 厚 (%)	20mm 厚 (%)
7	1320	0.01	2		70		70		88
8	1370	0.01	3				30		35
9	1420	0.01	3		15		65		85

第 4 表 鑄型塗料に添加した場合の注湯温度の影響

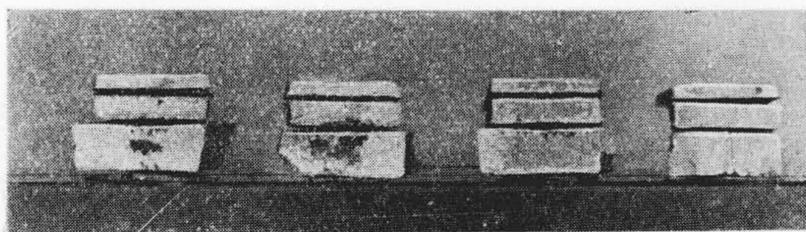
Table 4. Influence of Iron Temperature Where Te Wash Was Applied

試料 No.	注湯温度 (°C)	添加量	チル 効 果					
			7mm 厚 (%)	10mm 厚 (%)	20mm 厚 (%)			
15	1420	鑄型塗料の 10%						
16	1370	同上			9		36	
17	1340	同上		28		60		68
18	1320	同上		53		86		80

即ち、熔湯中に直接テルルを添加する場合と異り、鑄型塗料中にテルルを添加した場合の注湯温度は 1,320°C ~ 1,420°C の範囲内では高い程、白銹化傾向は大である。

(3) テルルの取鍋添加後の経過時間の影響

第 2 表、第 3 表の試験はテルルを取鍋熔湯に添加後、



試 No. 15 No. 16 No. 17 No. 18

第3図 塗料に混入した場合注湯温度を変えた破面

Fig. 3. Fracture of Various Temperature Where Te Wash Was Applied

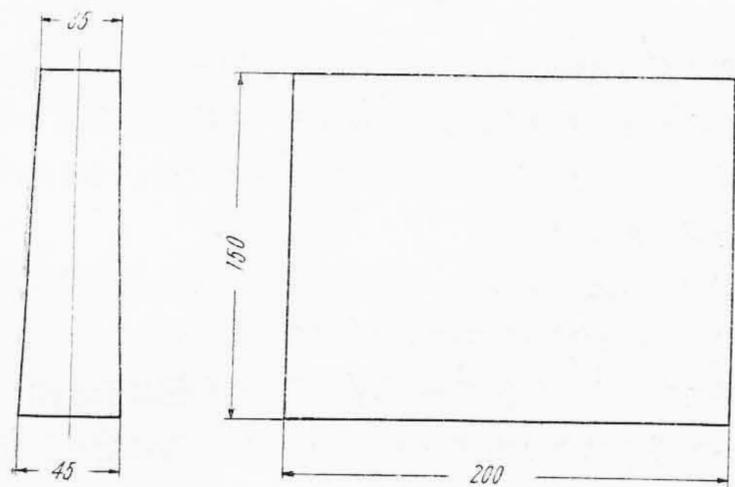
2~3分で注湯したが、より長時間経過して注湯した場合の結果は第5表の如くであり、試料作製の過程は(2)の(A)の場合と同様である。

これを第2表、第3表と対照して白銹化の割合を図示すれば第4図の如くである。

即ち、試料 No. 10, No. 11 以外はテルル添加後の経過時間が長い程、白銹化傾向を減じている、試料 No. 10, No. 11 はテルル添加量の過多のため、経過時間の影響をうける迄に至らなかつたため、変化が認められなかつたと考えられる。

(4) 再熔解の影響

テルル添加により白銹化した鋳物のスクラップ(Scrap)は再熔解によりテルルの影響は消失するといわれているが⁽¹⁾、前述の試料 No. 4, No. 12 を高周波電気炉で再熔解して試験した結果は第6表の如くで、試料作製の過程は(2)の(A)の場合と同様である。



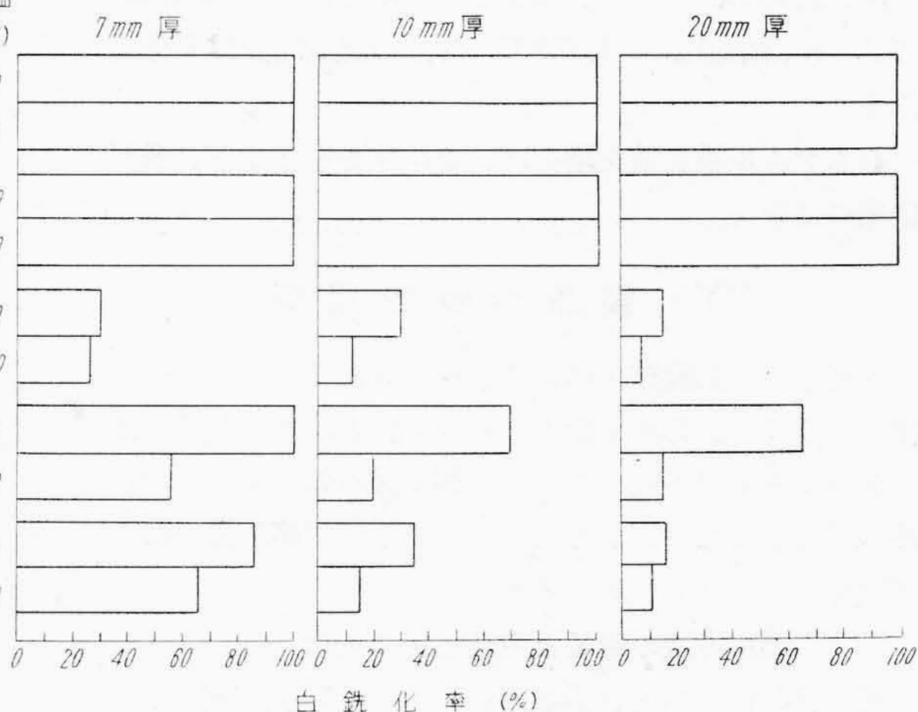
第5図 硬度試験片

Fig. 5. Test Piece for Hardness Test

第5表 添加後の経過時間の影響
Table 5. Influence of Passing Times After Added to the Ladle

試料 No.	添加時の熔湯温度(°C)	添加量(%)	添加後経過時間(min)	チル効果					
				7mm厚(%)	10mm厚(%)	20mm厚(%)			
10	1350	0.07	20	○	○	○			
11	1350	0.04	20	○	○	○			
12	1420	0.01	20	◎	35	◎	85	◎	80
13	1370	0.01	20	◎	45	◎	80	◎	86
14	1320	0.01	20	◎	64	◎	88	◎	83

試料 No.	経過時間(min)	添加量(%)	添加温度(°C)
1	3	0.07	1350
10	20	0.04	1350
2	3	0.04	1350
11	20	0.04	1350
7	3	0.01	1320
14	20	0.01	1320
8	3	0.01	1370
13	20	0.01	1370
9	3	0.01	1420
12	20	0.01	1420



第4図 添加後の経過時間と白銹化との関係

Fig. 4. Relations between Passing Times and Chilling Ratio after Added to the Ladle

試料の破面を観察すると、クリアーチル(Clear chill)が少し不明瞭になり細かいモットル(Mottle)が発生した程度で、大きな変化は見られなかつた。

これは本実験が高周波電気炉の場合であつて、酸化性の強いキューポラ(Cupola)の場合には趣きを異にするものと考えられる。

(5) 添加量が硬度、チル深さに及ぼす影響

片面金型に接した、第5図の如き乾燥砂型に、熔湯へのテルル添加量を変化させた場合、硬度、チル深さに及

第6表 再熔解の影響

Table 6. Influence of Chilling Metal Remelt

試料 No.	再熔解前の試料履歴	最高加熱温度(°C)	チル効果					
			7mm厚(%)	10mm厚(%)	20mm厚(%)			
19	試料 No. 4 の Te 0.02% 添加の全白銹	1470	○	○	○			
20	試料 No. 12 の Te 0.01% 添加の表面白銹	1460	◎	35	◎	86	◎	80

第7表 硬度及びチル深さに及ぼす影響
Table 7. Influence of Hardness and Chill Depth

試料 No.	添加量 (%)	完全チル部の長さ (mm)	金型に接する表面の硬度 (Hv)
26	0	4	591
27	0.005	5.5	586
28	0.0075	6.5	599
29	0.001	8	601

ぼす影響は第7表の如くである。

用いた熔湯はキューポラによるFC(C%3.79; Si%1.03)でテルル添加温度は1,370°C, 添加後経過時間は2分である。

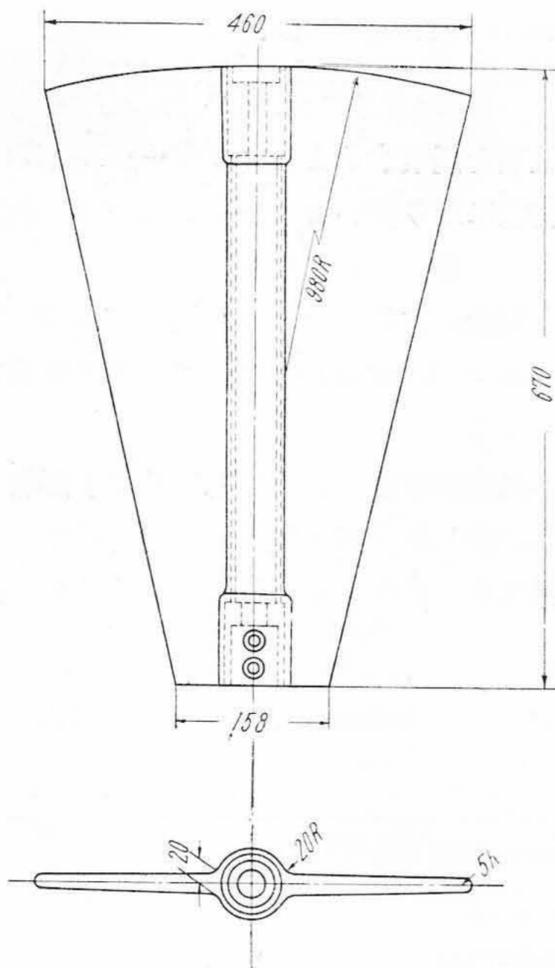
即ちテルル添加量を増せば、チル深さを増すが、表面硬度には影響しない。

〔IV〕製品への応用例

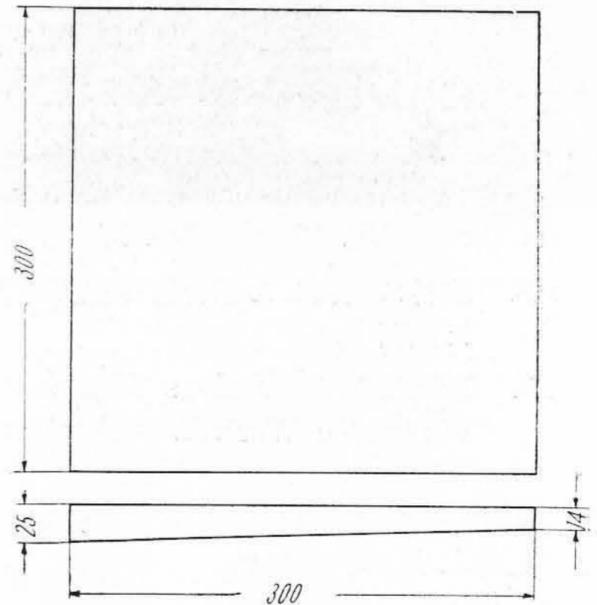
今迄述べた実験結果により、鋳物表面各部均一に白銑化させるには、テルル粉末を鋳型塗料中に添加する方法が最良である事が判つたので、第6図の如き羽根型の製品に应用するため、改めて、製品に近似の第7図の如き試験片等により更に次の事項を試験した。

(1) 添加方法の影響と内部組織の変化

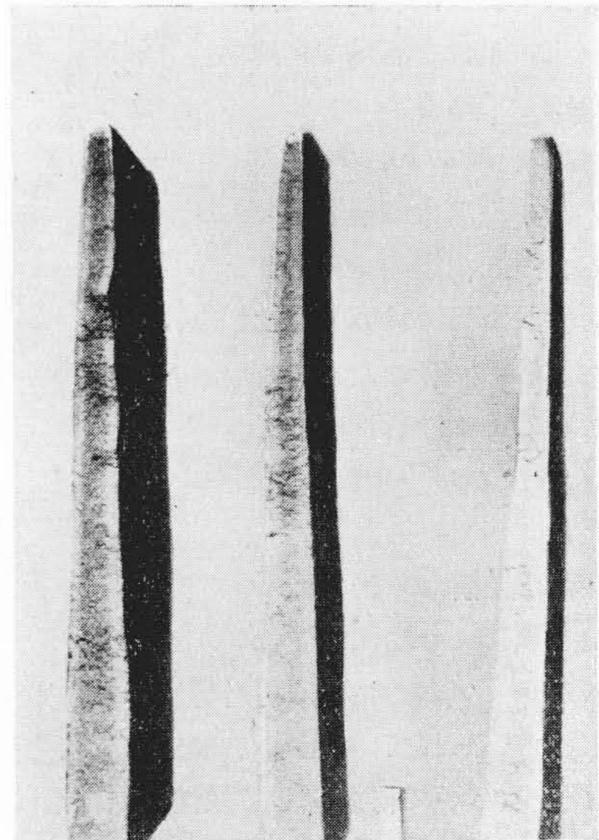
近似試験片の場合、添加方法の影響を再び試験した。



第6図 製品の形状
Fig. 6. Size of the Manufacture



第7図 製品近似試験片
Fig. 7. Test Piece for Approximation Test of the Manufacture



(A) (B) (C)
第8図 添加方法の差異による破面
Fig. 8. Fractures in Various Added Ways

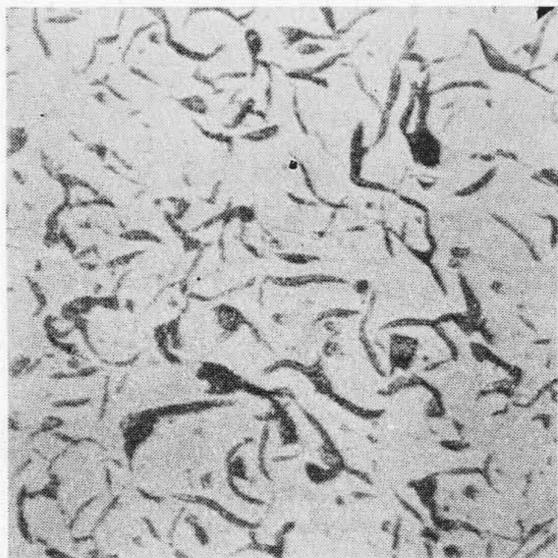
第7図の乾燥砂型を用い、テルル0.06% (製品重量に対する割合) を添加し、キューポラのFC 15 (C% 3.53; Si% 2.12) を1,370°Cで添加或いは注湯した場合の結果を第8図に示す。

図中、Aは湯中添加、Bは湯道添加、Cは塗料中添加であり、前試験と同様の結果を得た。

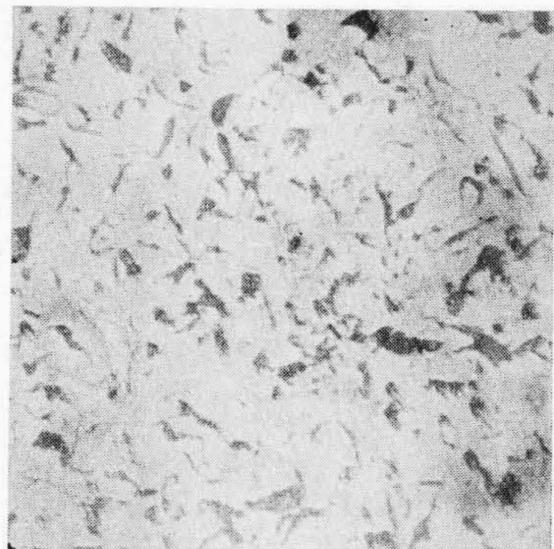
又この場合の内部組織は第9図、第10図に示す如く、テルル添加により内部鼠銑部の黒鉛は微細になり、部分的に共晶状の黒鉛が見られた。

(2) 熔湯成分の影響

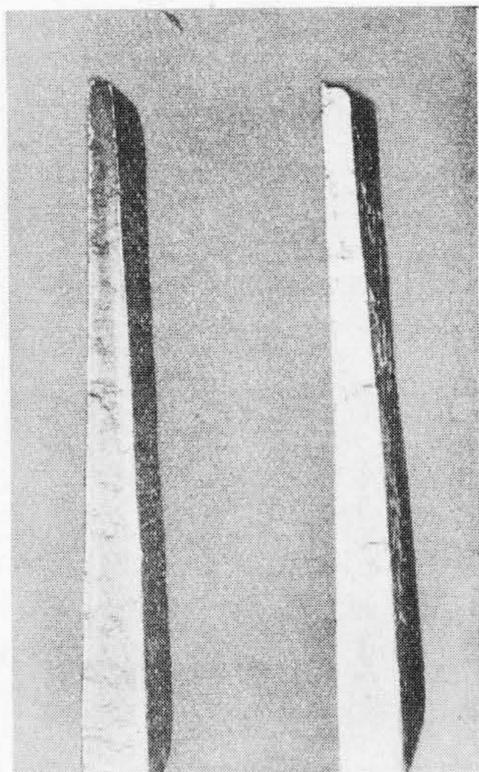
今迄の実験結果より、熔湯成分にも関係ある事が推察



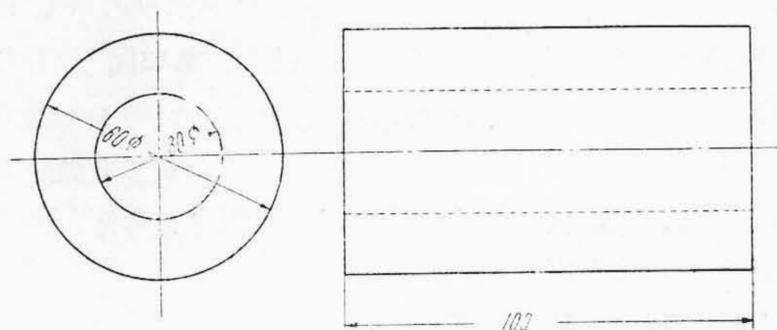
第9図 テルル添加前の黒鉛形状
Fig. 9. The Graphite Form before Te Added



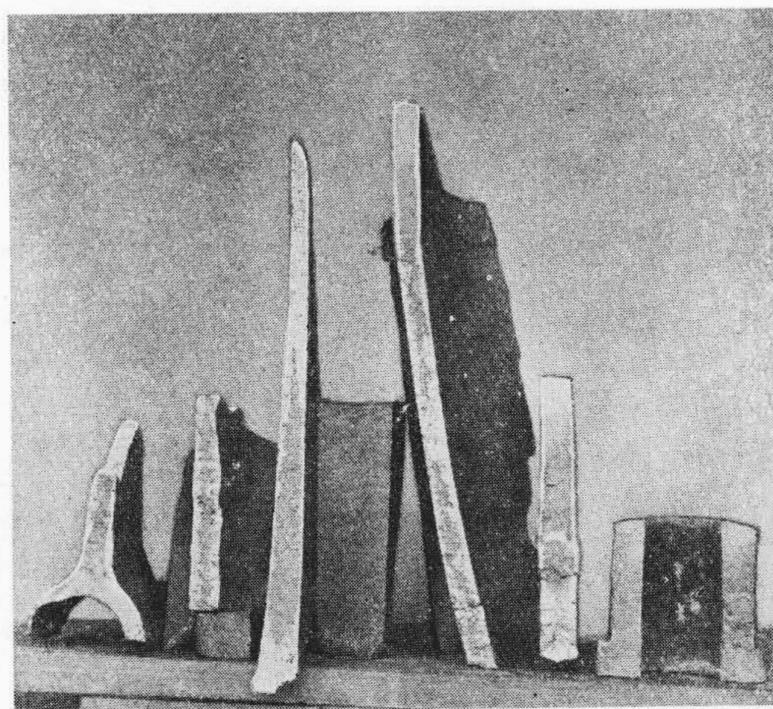
第10図 テルル添加後の黒鉛形状
Fig. 10. The Graphite Form after Te Added



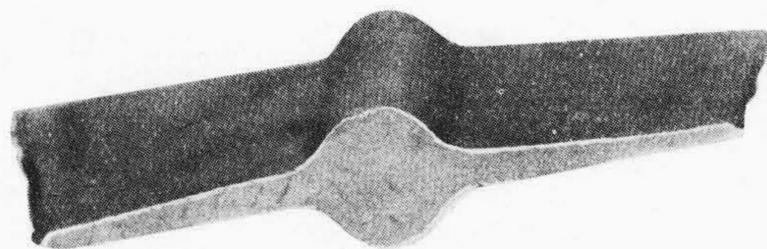
第11図 鋳型塗料に添加した場合の熔湯成分を変えた破面
Fig. 11. Fractures of Various Chemical Compositions Where Te Wash Was Applied



第12図 中子試験片
Fig. 12. Test Piece for the Core Test



第13図 中子試験片及び不良品の破面
Fig. 13. Fractures of the Core Test Piece and Bad Manufactures



第14図 製品破面
Fig. 14. Fracture of the Manufacture

されるので、[IV]の(1)と同様の試料作製で、キュボラのFC 15(C% 3.53; Si% 2.12)及びFC 19(C% 3.37; Si% 1.87)を1,370°Cで注湯した結果は第11図に示す如くで、FC 15は各部均一に表面が白銹化した、FC 19は中心部に僅か鼠銹部が発生しただけで、全般的に白銹化した。

即ちテルル添加量が同一の場合、白銹化傾向は熔湯の成分に影響される。

(3) 中子面へのチルの影響

第6図の製品の造型に中子を用いる予定であつたので中子面へのチルの影響を試験するため、第12図の如き生砂型試験片の外表面のみにテルル粉末を0.1% (試験片重

量に対する割合)を単味で塗布し、キューボラのFC15(C%3.53; Si%2.12)を注湯した結果、第13図(前頁参照)の右方に示す如く、テルルを塗布しない中子の表面にもチルが生じた。この部分は機械加工を要する箇所であるため、白銹化による機械加工の困難さを考え、中子を用いる事は変更した。

(4) 製品例

以上の実験結果を基として作業方式を決定し、第6図の製品を試作した。

チル不均一或はチル過多による不良品断面は第13図の如くであり、良品は第14図の如く表面均一に白銹硬化させる事が出来た。

〔V〕 結 言

以上の結果を要約すると次の如くである。

(1) テルルの添加方法の差異により白銹化状況も異なる。表面を均一に白銹化させるには鑄型塗料中に混じて使用するが最良である。

(2) テルルを熔湯に直接添加する場合の熔湯温度は1,420°C, 1,370°C, 1,320°Cの中では1,370°Cが最も白銹化傾向大である。

(3) 鑄型塗料中にテルルを混入して使用する場合の

注湯温度は1,320°C~1,420°Cの範囲内では温度が高い程、白銹化傾向大である。

(4) 熔湯に直接テルルを添加した場合の、添加後経過時間は長い程、白銹化傾向を減ずる。

(5) テルル添加により白銹化した鑄物は高周波電気炉で再溶解しても、大きな変化は認められない。

(6) テルル添加量の増加はチル深さを増し、鼠銹部の黒鉛を細くするが、表面硬度は変化がない。

(7) テルル添加による白銹化傾向は、添加量が同一の場合は熔湯の成分に影響される。

(8) 造型時、中子を使用した場合、外面のみにテルルを塗布しておいても、塗布しない中子表面にもチルを生ずる。

終りに臨み本研究に対し終始御懇篤なる御指導を賜つた、日立製作所清水工場広田課長及び関谷課長に感謝申上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) C. R. Austin: Foundry Vol. 77 (1949)
- (2) J. E. R. Tompkin: B. Met Fou. Tra. Jour No. 1818 (1951)
- (3) 田中龍男他: 機械試験所々報 6巻、1号(昭27)

第15巻

日

立

第7号

- ◎ 日立電気冷蔵庫の上手な使い方
- ◎ 日立速断式配電函
- ◎ 53年型FM無線機
- ◎ 最近の鋳山用ケーブル
- ◎ 日立総括制御装置
- ◎ 6t III型防爆ディーゼル機関車
- ◎ ダム工事セメント輸送用空気輸送機

- ◎ 250W 漁業用陸上局無線装置
- ◎ 高圧局部扇風機
- ◎ 日立スロットライナ
- ◎ 電動鋳石秤量車
- ◎ VC45型気化器
- ◎ 日立船舶用変圧器
- ◎ 500kW ワードレオナード巻上機

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
(新丸ビル7階) 振替東京71824

日立評論社 誌代 { 1冊 ¥60.00 〒8.00
6ヶ月分 ¥258.00 (送料共)