

琉球大学学術リポジトリ

金型鑄造鑄鉄の組織に及ぼす早期離型、接種、溶解温度の影響

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2012-03-27 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 糸村, 昌祐, Itomura, Shosuke メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/24007

糸 村 昌 祐*

Effects of Stripping Time, Inoculation and Melting
Temperature on the Structure of Metal Mold Cast Iron

Shosuke I TOMURA

Synopsis:

To investigate the effects of stripping time, inoculation and melting temperature on the structure of metal mold cast iron, cast irons of Sc 0.98, 0.95, 0.91 and 0.87 were melted at 1500, 1420 and 1350°C in a high frequency induction furnace and poured at about 1350°C into a cylindrical metal mold made of cast iron. The mold was coated with soot of 0.1mm thickness and was preheated at 150°C. The results obtained were as follows:

(1) In case of high Sc cast iron, stripping at the early period of casting had a favourable effect on reducing the chilling tendency of castings, while in case of lower Sc the effect was insufficient.

(2) Microstructure of castings changed with varying stripping time. The change of microstructure was caused due to variation of solidifying process; from ledeburite eutectic transformation to austenite-graphite one, rather than selfannealing of castings.

(3) Inoculation had more favourable effect on reducing the chilling tendency than stripping, especially in case of low Sc castings it was remarkable. By proper controlling of both inoculation and stripping, better effect on the microstructure of metal mold cast iron was obtained.

(4) The higher the melting temperature, the more the chilling tendency. To obtain a sound structure with metal mold casting, low melting temperature is recommended.

受付 昭和45年12月15日

* 理工学部 機械工学科

1、 緒 言

金型鑄造鑄鉄に関する研究が、最近我が国において盛んになっていることは周知の通りである。鑄鉄の金型鑄造における問題点は、その冷却が非常に速いため、表面に機械加工上好ましからぬチル層が現われやすいことと、金型の寿命が制限されるためにコスト高となることである。この問題の対策として次の3つが考えられる。

- (1) 塗型材および塗型厚さ、鑄型比、金型予熱温度等の冷却に直接影響を及ぼす要因の適正な選択、管理。
- (2) 化学成分（材質）、接種、溶解の管理。
- (3) 早期離型による自己焼鈍の利用。

(1)についてはすでに報告した。1) 2) 3) G. J. Shawは、鑄鉄中の黒鉛発生機構についての研究の中で、金型を用いて30mm^φ 鑄鉄丸棒を鑄込み、離型時間が組織に及ぼす効果を調べ、注湯後5～15秒という短時間で離型することにより、急冷によって生じた表面のチル層が、鑄物内部の熱によって再加熱され黒鉛化すると述べている4)。この鑄物内部の熱による表面チル層の黒鉛化がいわゆる自己焼鈍である。自己焼鈍を利用して表面のチル層を除去するためには、高温時に鑄物を型から取りはずす必要があり、鑄物を型から取りはずすときの鑄物の温度、すなわち離型温度が問題となる。実際作業においては離型温度は鑄型内保持時間で管理されることとなる。この早期（高温時）離型は熱間亀裂の防止、および金型寿命の点からも意義が大きいと考えられ、さらに生産量を上げることに役立つ、本報告は炭素飽和度 (Sc) の異なる4種の金型鑄造鑄鉄について、離型および接種のチル減少効果を検討し、同時に溶解温度を3段階に変え、その影響についても検討した。

2 実験方法

表1に示す化学組成をもつ炭素飽和度 (Sc) 1.10の鑄鉄を基材とし、30KVA高周波溶解炉を

Table 1 Compositions of Basic Cast Iron

Sc	C(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)
1.10	3.95	2.00	0.49	0.13	0.05

用い、アルミナ質るつぼで約 1.5kg溶解した。その際鋼材を添加してScを調整し、表2に示す Sc0.98~0.87の供試材を得た。

Table 2 Compositions of Cast Irons Used for Test

Sc	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0.98	3.58	1.80	0.50	0.13	0.05
0.95	3.50	1.70			
0.91	3.36	1.67			
0.87	3.23	1.63			

実験条件を表3のごとく選定し、金型予熱温度 150℃、塗型厚さ 0.1mm（アセチレン不完全

Table 3 Experimental Factors and Levels

Factor \ Level	1	2	3
Melting Temperature	1500℃	1420℃	1350℃
Inoculation	0	0.3%	————
Stripping	Unstripping	Stripping	————

糸材：金型鑄造鑄鉄の組織に及ぼす早期離型、接種、溶解温度の影響

燃焼によるスス単味塗布)の鑄鉄製金型に1350℃で鑄込み、35mm ϕ × 140mmh の丸棒試験片を得た。その際鑄物中心部と表面部の温度をC・A熱電対により測定し、冷却曲線を電子管式自記記録計にて記録させた。金型形状は図1に示す円筒形両開き型とし、手によって離型を行

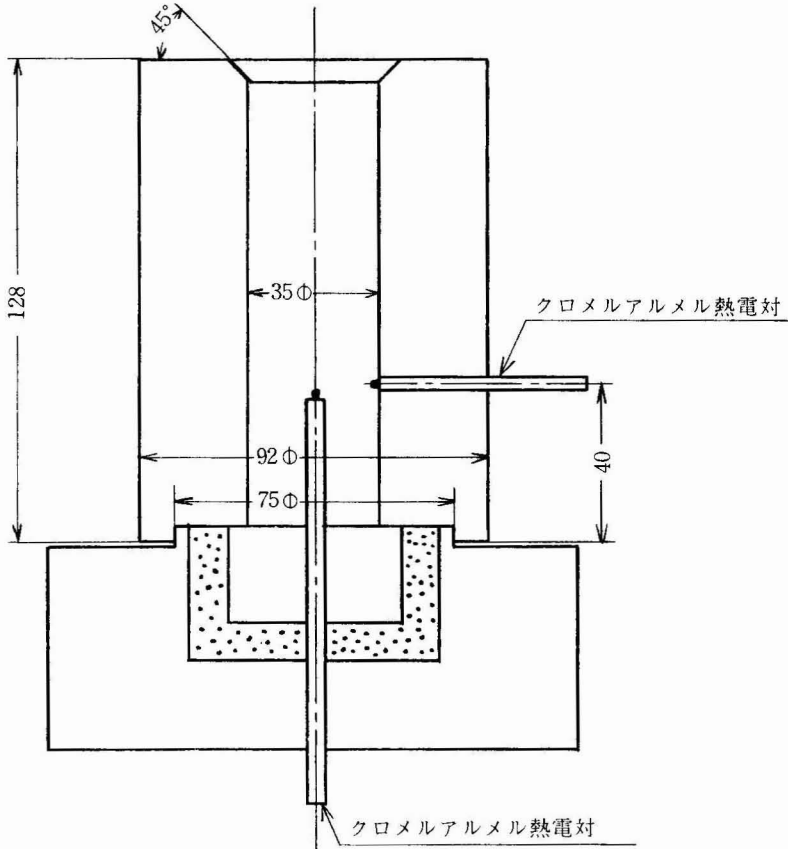


Fig 1 Cross sectional view of metal mold.

なった。鑄型比(断面積比)は5.9である。実験条件中、離型については予備実験にて離型時期を検討するために、試料中心部の冷却曲線から判定した共晶変態開始点、共晶変態終了点、共晶変態終了点と共析変態開始点の中間点(記録計グラフ目盛を温度換算すると約965℃)、および離型せずの4点について実験し、その結果から、離型なし、および中心部共晶変態開始時離型(離型あり)の2つを採用した。接種はカルシウムシリコン(50%Si)を溶解重量の0.3%、各溶解温度に2分保持後るつば中に投入して行なった。

溶湯の温度測定は二色式温度計にて自動計測し、適宜白金、白金ロジウム熱電対により確認した。試料は下部で破断して破面写真を撮影し、熱電対測温部付近を切断、研磨してマイクロビッカース硬度計により硬度を測定し、顕微鏡組織写真を撮影した

3 実験結果と考察

3・1 離型時期の検討および冷却曲線

離型時期を検討するために行なった予備実験にて得られた、4つの離型時期についての冷却曲線を図2に示す。予備実験に用いた供試材は3.51%C、2.29%Si、0.50%Mn、0.15%P、0

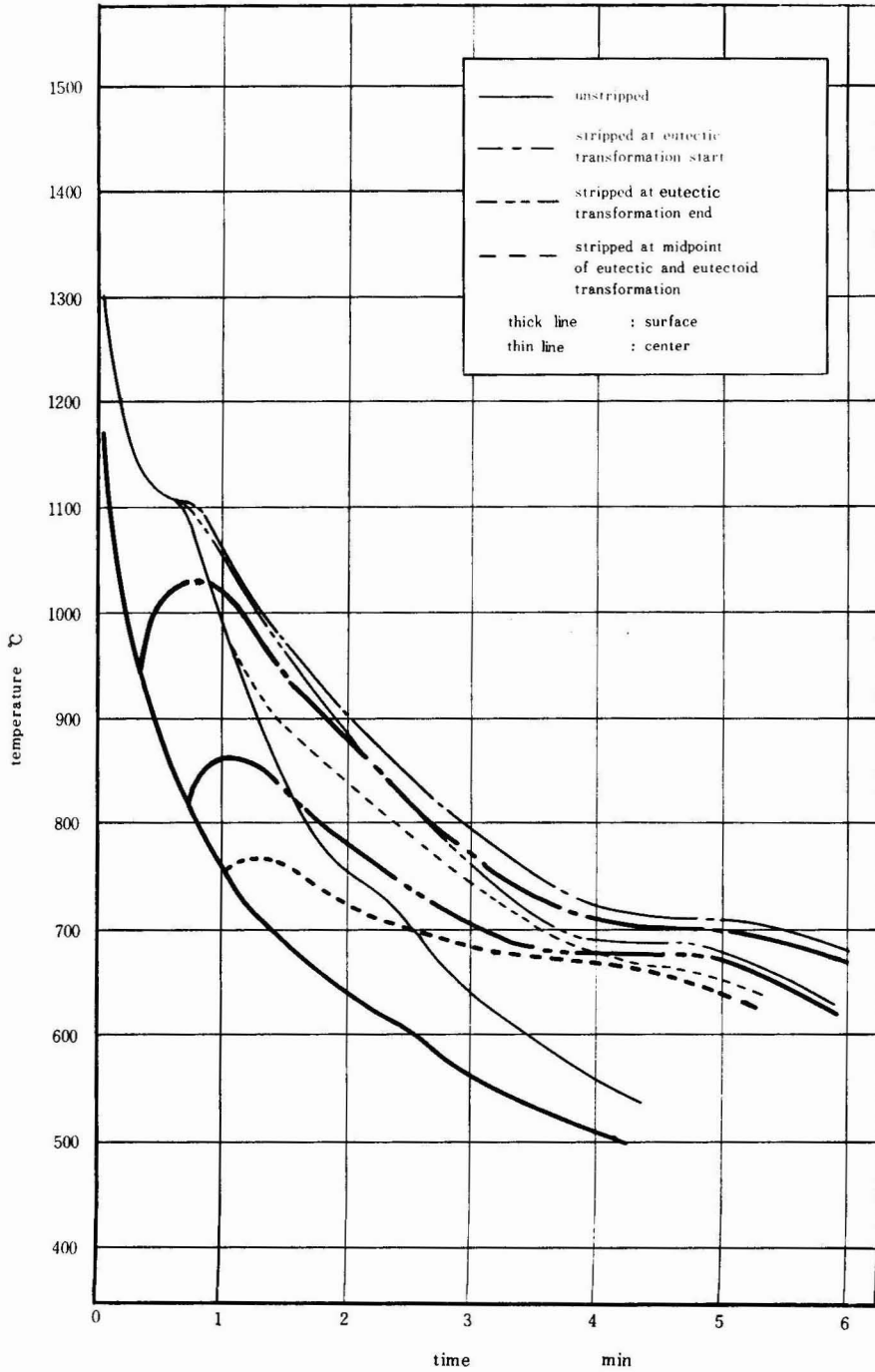


Fig 2 Cooling curve, vs. stripping time
Sc 1.0, melting temp. 1450°C inoculation 0

%S の Sc 1.0 のもので、溶解温度1450℃、注湯温度1400℃とし、接種は行なわなかった。

図にみられるごとく、中心部冷却曲線の共晶変態開始時に離型するときの表面温度は約 950℃で、離型することにより内部から熱を受け約80℃昇温し、1030℃ほどとなっている。

離型時期が遅くなるにつれて離型時の表面温度は低くなり、中心部温度 960℃前後の時の離型では、表面温度は約 760℃まで低下しており、早期離型の場合に比べて昇温も15℃前後と少なくなっている。次に図2の冷却曲線に対応する試料の断面硬度曲線を図3に示す。スス塗型が 0.1mm と薄く、金型予熱温度が 150℃ と低いため、離型なしでは表面から 5mm 付近まで、白銑ないし斑銑となって高い硬度値を示しているが、中心部共晶変態開始時に離型することにより、表面部にわずかチルが存在するのみで硬度が低下し、離型なしに比べ著しく組織が軟化していることが判る。

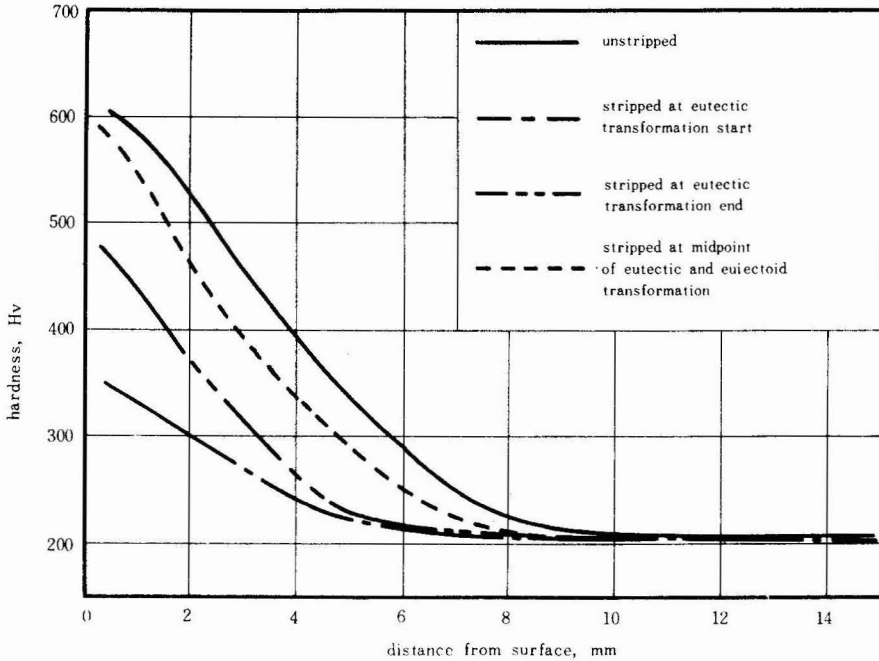


Fig 3 Hardness change vs. variation of stripping time.
Sc 1.0, melting temp. 1450℃, inoculation ()

共晶変態終了時離型の場合も表面部硬度は低下しているが、共晶変態開始時離型の場合ほどではなく、表面から 3mm 付近までかなり高い硬度を示している。さらに離型時期が遅くなり、共晶変態終了と共析変態開始との中間点で離型したものは、硬度は離型なしの場合と大差がない。得られた試料の断面硬度の測定結果から、以後の実験における離型時期については、中心部冷却曲線における共晶変態開始時のみを採用し、これと離型なしのものとの比較検討を行った。各 Sc、各実験条件毎に冷却曲線を自動記録させ検討した。

溶解温度1500℃、接種ありの場合の Sc 0.98 および Sc 0.91 の冷却曲線を図4に示す。図2および図4を比較して判る通り実験条件の相違にかかわらず、離型をしなかった一連の実験および中心部共晶変態開始時期に離型した一連の実験の冷却曲線は、各グループ内でそれぞれ大きな差は無かった。離型時の表面温度は前述のごとく 950℃前後で、離型することによって65℃～85℃昇温した。表面部が内部の熱により昇温した後、800℃まで下がる時間は図2に示す冷

却曲線では2分30秒、図4に示す冷却曲線では3分、全試料についても2分30秒から3分の間で、自己焼鈍による組織軟化が起こるとすればこの短時間のうちに起こることとなろうが、果たしてこのような短時間内に自己焼鈍が完了するかどうか疑問である。これについては後掲の離型の効果の項で述べる。次に表面温度について、注湯から共析変態開始までの時間を、各実験条件毎に図5に示す。いずれの条件においても、離型なしが約145秒、離型ありが約300秒となり、試料の冷却速度が、離型だけに大きく影響されることを意味している。

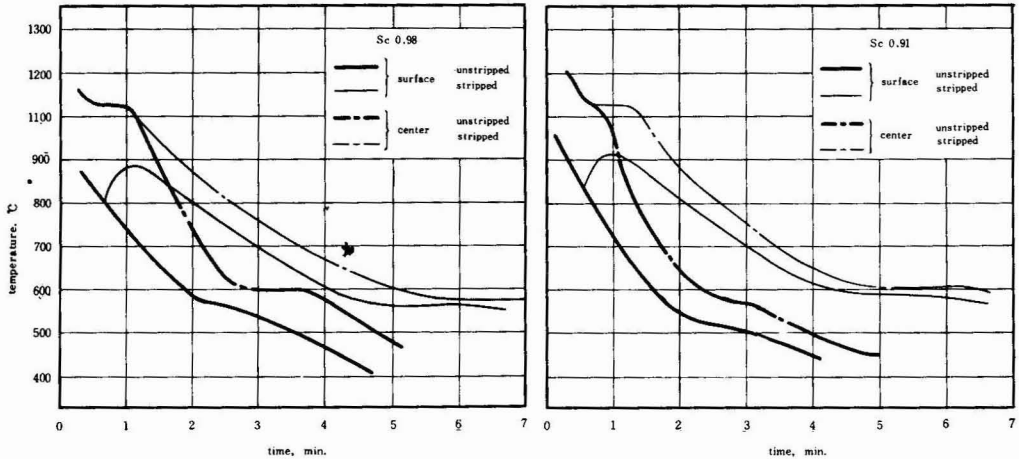


Fig 4 Cooling curve, Sc0.98, Sc0.91 melting temp. 1500°C, inoculation0.3%

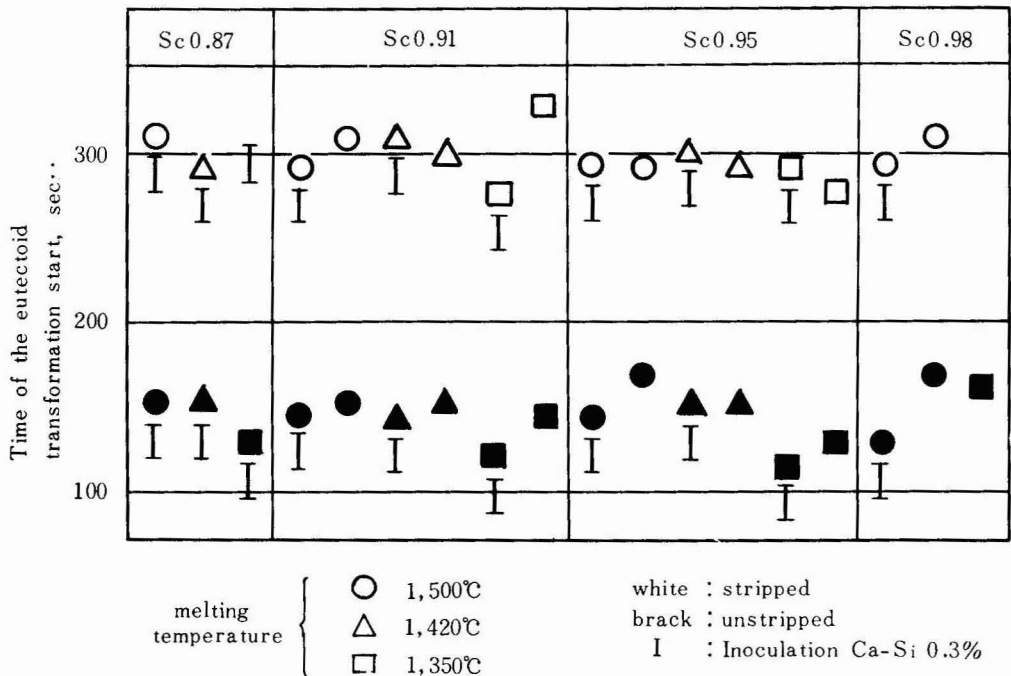


Fig 5 Time of the eutectoid transformation start.
(Surface of the test piece)

3・2 接種の効果

接種の効果については、効果が確認されたという程度にとどめ簡単に述べる。図6に溶解温度1420℃、離型なしの場合の接種なし、ありの硬度を示す。図にみられるごとく溶解温度1420℃でSc0.91、Sc0.95の場合は、接種することにより硬度が明らかに低下している。Sc0.87の場合は接種ありの試料のみを採取したが、深さ12mm付近までHv300以上の高い硬度を示し、Scがここまで低下するとチル化傾向が強いため、接種のみでチルを除去することは困難であることが判る。溶解温度1350℃の場合も上記と同様の傾向を示したが、1500℃溶解では、Scが0.98と比較的高い炭素飽和度の材質に接種をしても、あまり硬度の低下はみられず、深さ10mm付近までHv350以上の硬度を示した。このことについては溶解温度の影響の項で検討を加える。

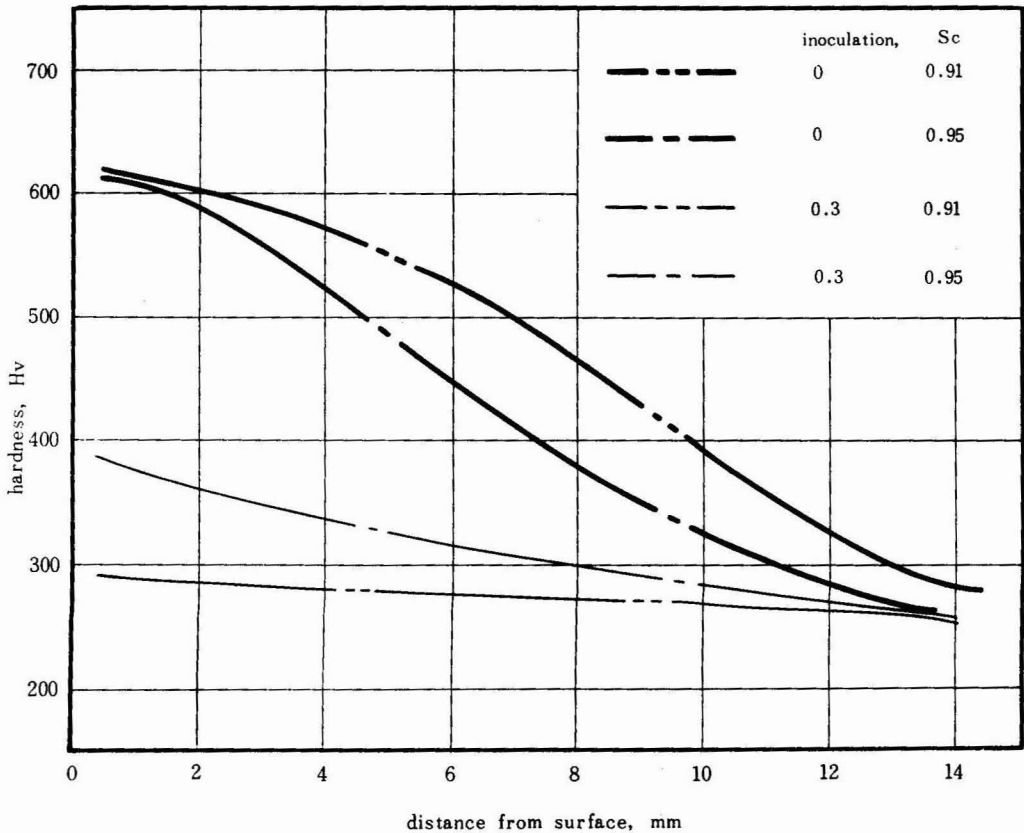


Fig 6 Effect of inoculation (melting temp. 1420°C)
unstripped

3・3 離型の効果

図7に溶解温度1500℃、接種なしの場合の離型の効果を示す。Sc0.91では離型による硬度低下はそれほど顕著ではないが、Sc0.95になると深さ4mm付近から内部はHv300以下になっており、さらにScが高い0.98では、離型により非常に軟かくなっていることが判る。図8にSc0.98の離型による組織変化を示す。Scが高いため黒鉛が晶出しやすく、組織は完全に軟化しフェライトおよびパーライト地に共晶状ないし微細片状黒鉛が存在する組織となっている。溶解温度が1420℃、1350℃と低くなると、Sc0.95でも離型の効果が大きくあらわれ、表面からフェライトおよびパーライト地に黒鉛の存在する組織となるが、Sc0.91以下ではやはり離型による完全な硬度低下は期待できない。しかし図9に示すように、接種、離型を併用すれば、Sc0.91のものでも組織は完全に軟化し、表面部からパーライト地の組織となっている。

上記の離型による組織の軟化は、従来自己焼鈍によるものと考えられてきたが、冷却曲線の項で述べたごとく、離型により昇温して高温度に保たれる時間は非常に短かく、短時間で自己焼鈍されるかどうか疑問である。本実験の場合、離型による試料表面温度の上昇は約80℃であ

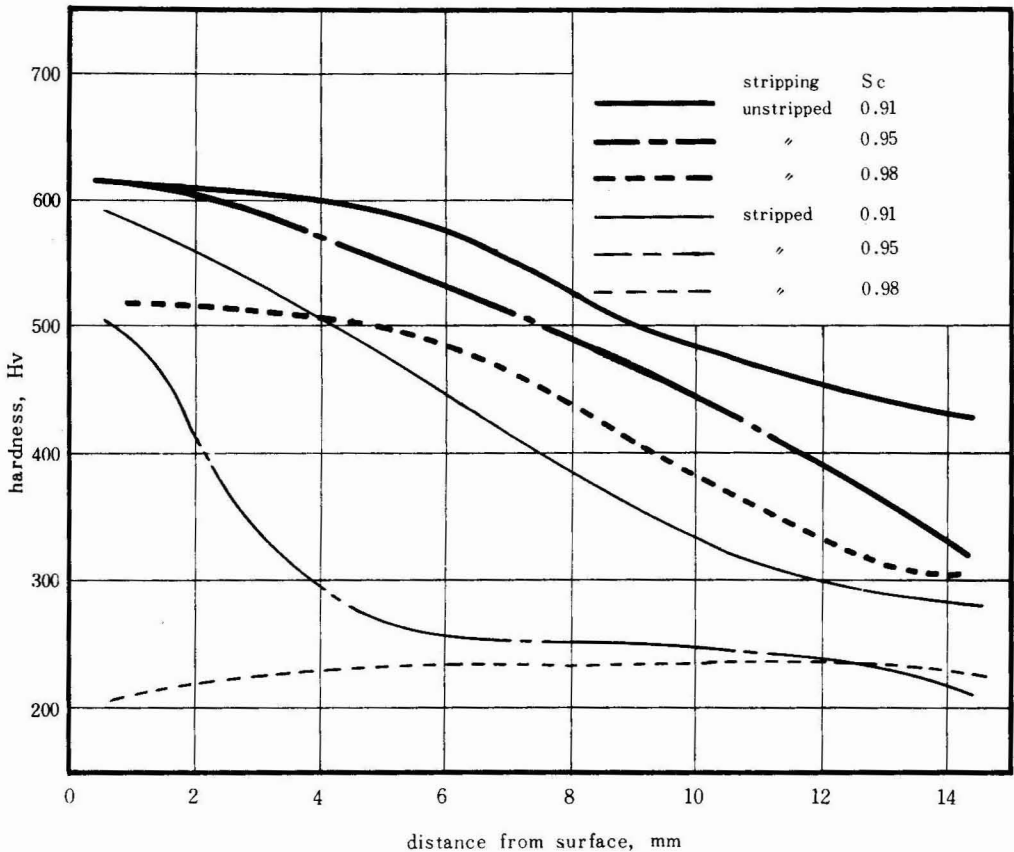
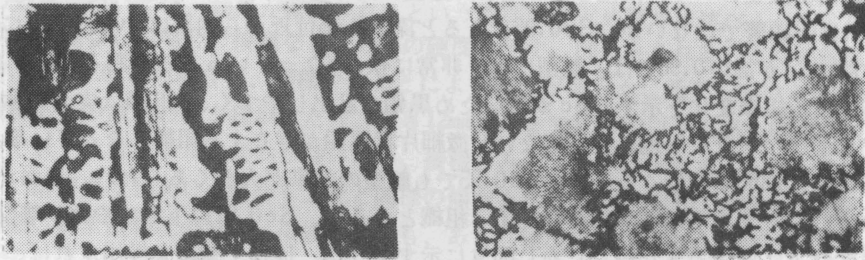


Fig 7 Effect of stripping [melting temp. 1500℃
inoculation 0]

り、離型時の表面温度900~950℃以上に保たれる時間は1分程度、800℃に降下するまでの時



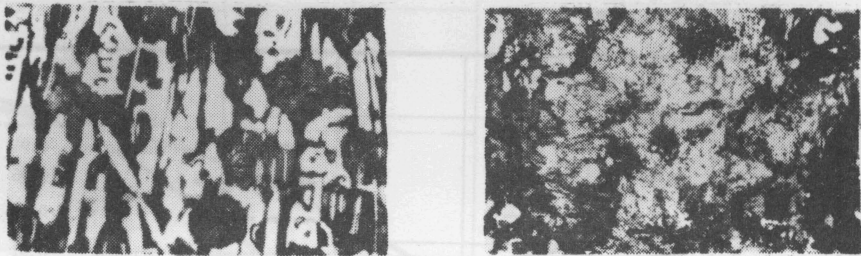
unstripped

stripped

1 mm from surface

Sc0.98 melting temp. 1500℃ inoculation 0.

Fig 8 Effect of stripping. ×400



unstripped inoculation 0

stripped inoculation 0.3%

1 mm from surface

Sc0.91 melting temp. 1420℃

Fig 9 Effects of controlling of both stripping and inoculation.

間をみても3分程度である。実際、離型なしではチルが存在し、離型するとパーライト地になった試料の顕微鏡組織をみると、必ずしも焼鈍された形状の黒鉛ばかりが存在しているとは限らない。このことを検討するために、Sc0.95、溶解温度1500℃、接種なし、離型なしの条件で得られた試料（図7に硬度曲線を示す。中心部までまだら銑となっている）を950℃で3分、8分、13分と3種類の焼鈍を行ない、焼鈍による効果を検討した。この結果得られた硬度曲線を図10に、顕微鏡組織を図11に示す。

3分、8分、13分の順で軟化しているが、離型による硬度低下とはかなりの差があり、表面から中心にわたって全体に硬度が低下している。3分間の焼鈍では、パーライト地が少し多くなり黒鉛がわずかに成長したようにみられるが、硬度、組織ともあまり大きな変化はない。13分焼鈍を行なうと硬度は全般に軟かくなり、表面部でもHv380、中心部ではHv220前後となり、顕微鏡組織においても焼鈍黒鉛やパーライトの分解が認められる。これらに対して、離型した試料についてみると、表面部ではチル層の間に焼鈍黒鉛らしき形状の黒鉛がみられるが、約4mmより内部では共晶状ないし片状黒鉛組織のパーライト地となって、チルはほとんどみられず組織は軟化している。

早期に離型した試料の組織は、内部の熱により焼鈍されたと考えられる黒鉛も一部みられる

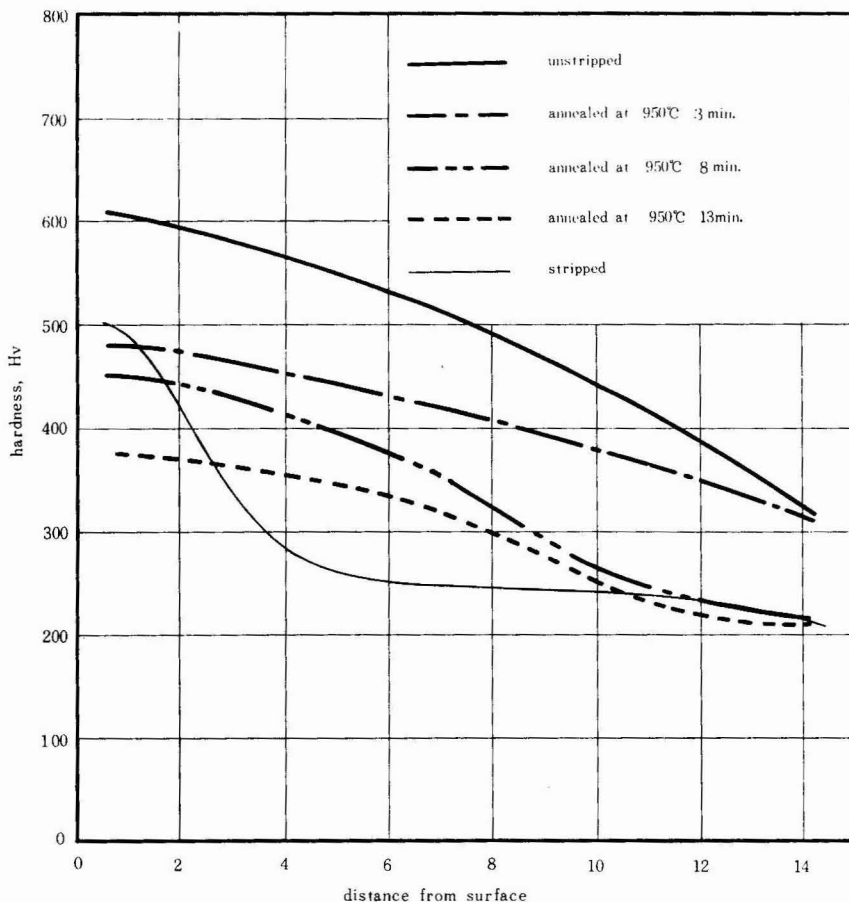


Fig. 10 Hardness change by short time annealing.
Sc 0.95, melting temperature 1500°C, inoculation 0

が、大部分は凝固時にすでに片状ないし共晶状に析出し、その後徐冷されたためにやや成長したと思われる黒鉛を含んだ組織であった。鑄造のままでチル層を持たないものは、全実験を通じてどの場合でも、その組織はフェライトないしパーライトの素地中に共晶状あるいは片状の黒鉛を持っており、焼鈍黒鉛を含みかつ完全にチル層のない試料は皆無といってよい。これらのことより離型により軟化した試料と、短時間焼鈍を行なって軟化した試料とでは断面硬度、すなわち組織が異なった様相を示していることとなり、高温から冷却中の焼鈍と、常温から加熱しての焼鈍では多少焼鈍効果が異なるとしても、本実験の試料のような小物が、離型による3分間程度の短時間の高温域において、自己焼鈍のみで組織が完全に軟化するとは考えられない。

この点から考えると、早期離型によって組織が軟化した原因としては、表面部においてすでにチルの生成している部分においては、わずかに焼鈍されて軟化し、内部においては、共晶凝固開始直後に徐冷されるために、レデライト共晶変態から黒鉛+オーステナイト変態に変わり、表面から内部に向ってのセメントライト樹状晶の成長が阻止され、チルの無い組織となるものと考えるのが妥当であろう。このように考えると先に離型時期の検討をしたときに、中心部共晶凝固終了時、あるいは共晶凝固終了と共析変態開始との中間にて離型しても、組織軟化に及ぼ

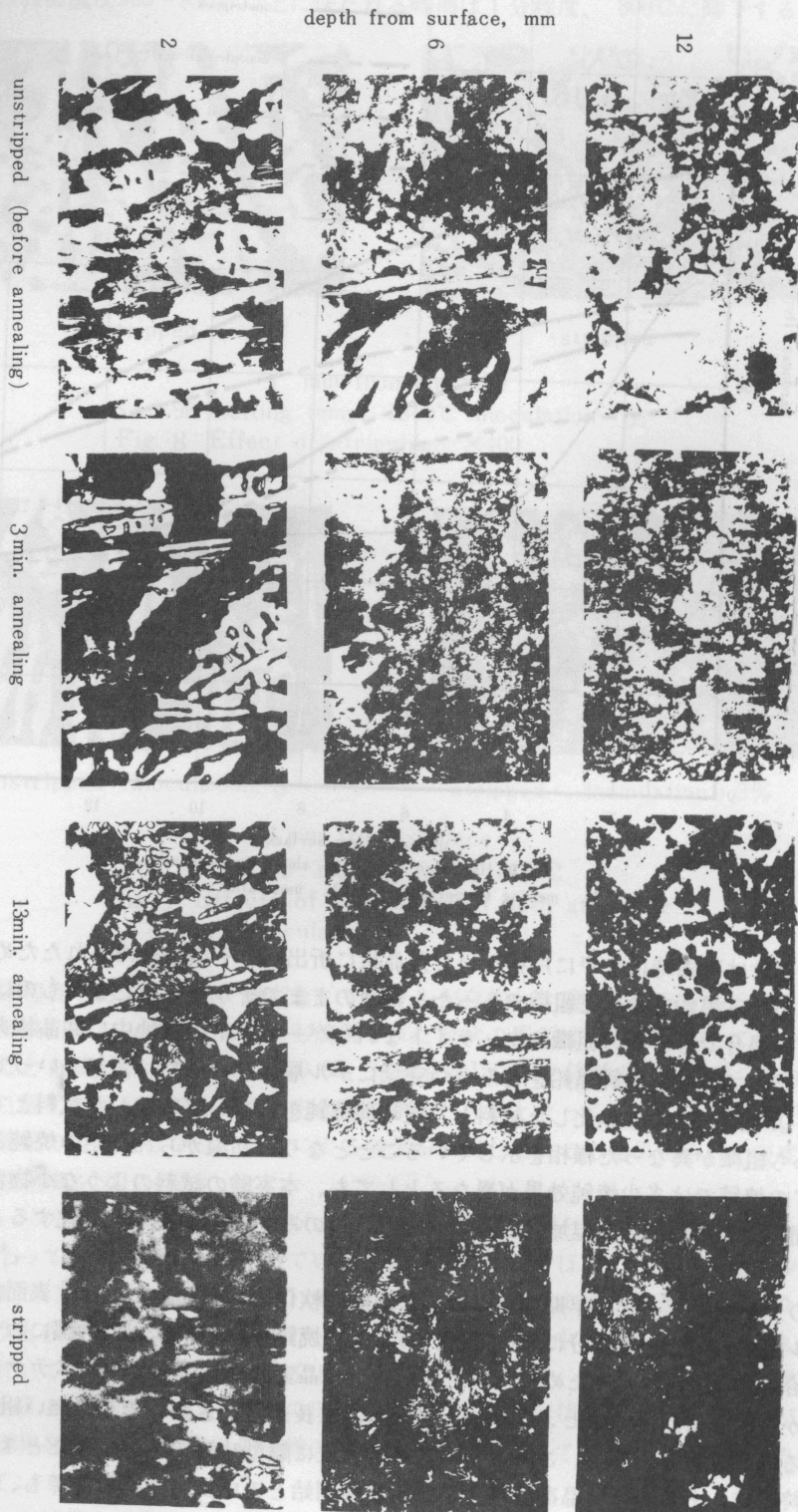


Fig. 11 Microstructure change by short time annealing $\times 400 \times \frac{1}{4}$
 Sc 0.95, melting temp. 1500°C, inoculation 0

す離型の効果が小さかったこともうなずける。したがって離型によって凝固過程を変えるためには、離型時期がきわめて早くなければならないこととなるが、この現象の確認にはなお一層精密な実験をする必要がある。早期離型は、チル化防止という面でかなり有効であるが、この実験のように、中心部が共晶変態を開始する時期に、すなわちかなり早期に離型しないと、効果が少ないと考えられる。したがってチル化防止効果をねらっての早期離型は、実際の作業ではきわめて困難であろう。しかし早期離型が、操業上のサイクルを円滑にし、金型寿命を延ばし、鑄造応力を減少することは確かである。

3・4 溶解温度の影響

図12に溶解温度の影響について検討したグラフの1例を示す。Sc0.91、接種なしの試料についての硬度曲線であるが、離型なし、ありともに1500℃溶解の場合の硬度が最も高く、溶解温度が低くなるにつれて硬度が低下している。この傾向は各Scの試料についてみられるが、1420℃、1350℃溶解の場合、Scが高くなるにつれて、図12にみられるほど明確な差は示さなくなり、共に表面部からフェライトないしパーライト地に共晶状ないし片状黒鉛の存在する組織となっ

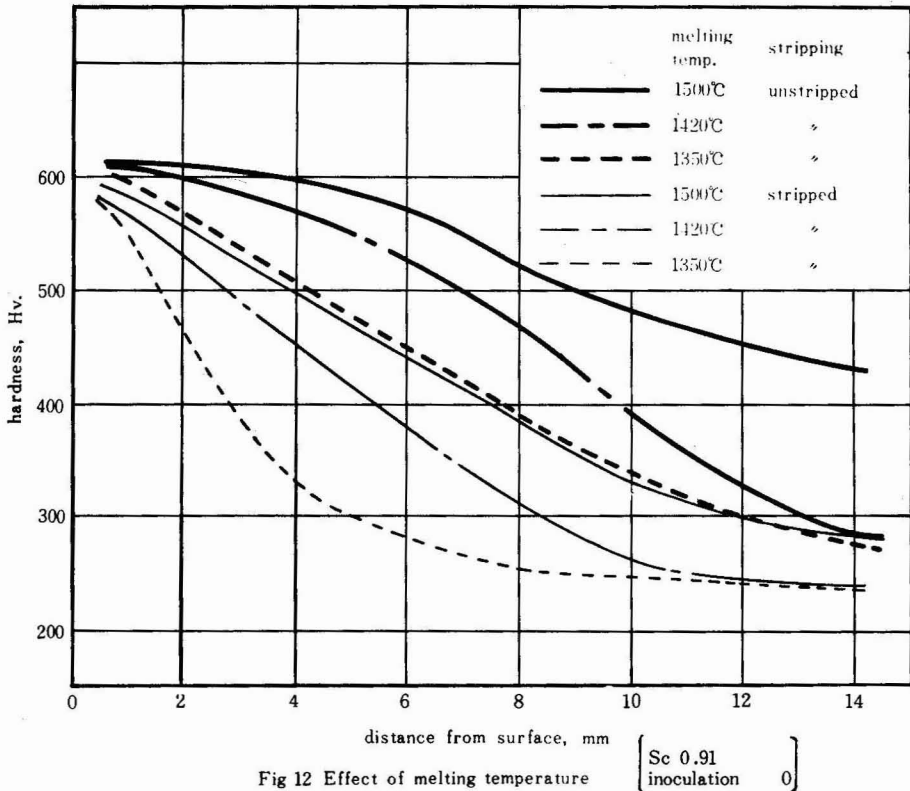


Fig 12 Effect of melting temperature

ている。しかし1500℃溶解の場合、接種あるいは離型を単独で行なったものではあまり硬度の低下を示さず、高温溶解のために接種の効果、あるいは離型の効果が減殺されていることがうかがわれる。従来、砂型鑄造で強靱鑄鉄を得るための一方法として高温溶解が提唱され一般に認められているが、高温溶解によるSiO₂の還元反応等の原因による黒鉛核の減少、組織の微細化が、金型鑄造では、冷却速度が大きいためにかえってチル化（過冷現象）を促進することとなり、好ましくない結果を生じたものと考えられる。これらのことより、金型鑄造鑄鉄に

おいては、1400℃前後以下の比較的低温の溶解が好ましいと言えよう。図13に溶解温度の違いによる顕微鏡組織変化の1例を示す。Sc0.91、接種あり、離型なしの試料の表面部と内部の組織であるが、溶解温度の低下に伴い、組織が軟化していることが判る。

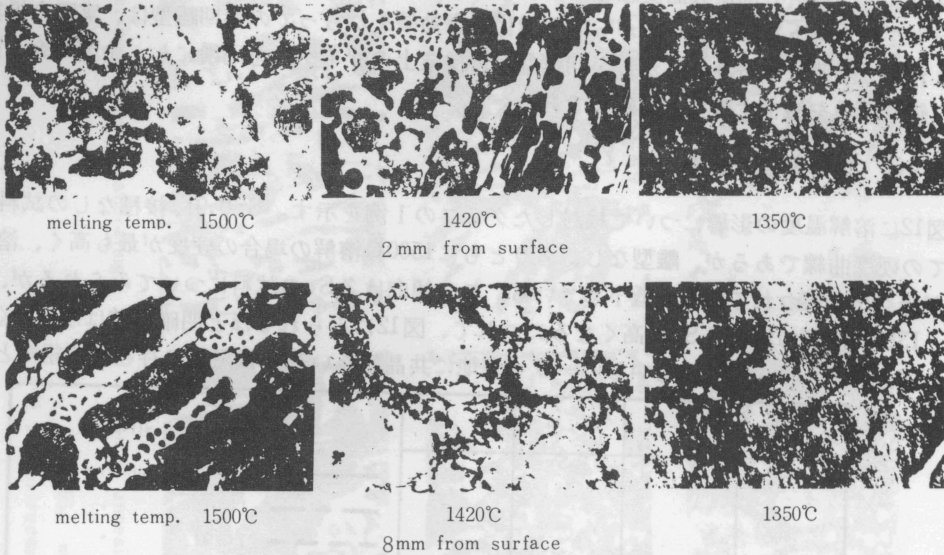


Fig 13 Effect of melting temperature $\times 400 \times \frac{1}{4}$
Sc 0.91, inoculation 0.3%, unstripped.

3・5 チル深さからみた諸要因の影響

離型、接種、溶解温度とチル深さとの関係を図14に示す。チルの深さは、表面から Hv=350の深さまでをとった。図14の各値は、それぞれの条件における平均値である。離型が接種と同様にチル化防止に非常に効果的であることがわかる。溶解温度については、1500℃溶解の場合

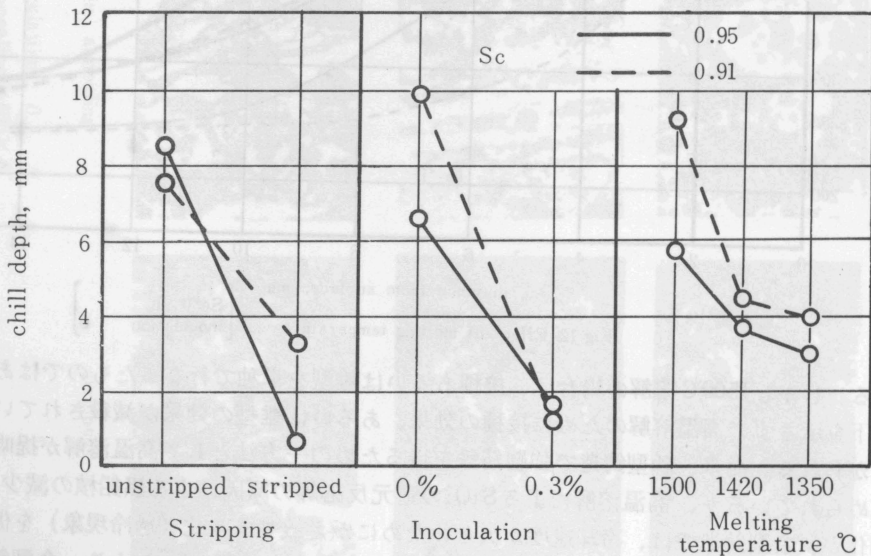
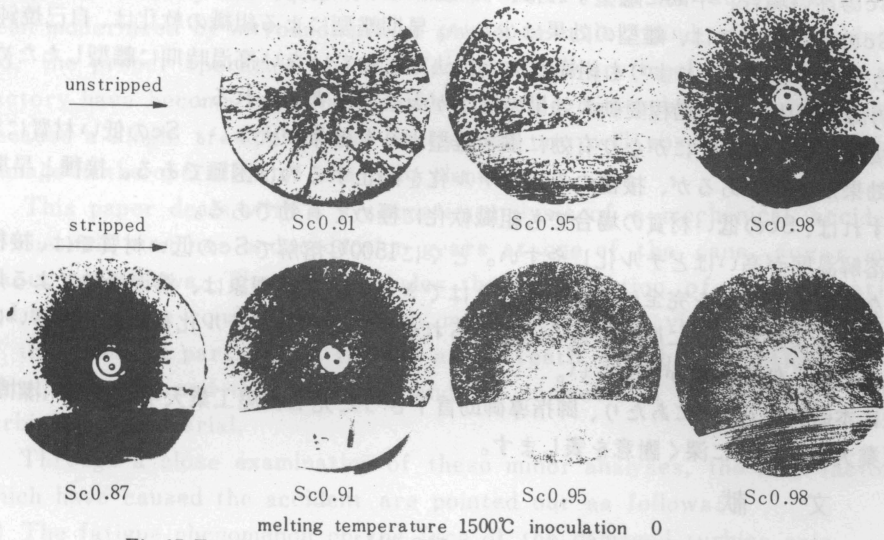
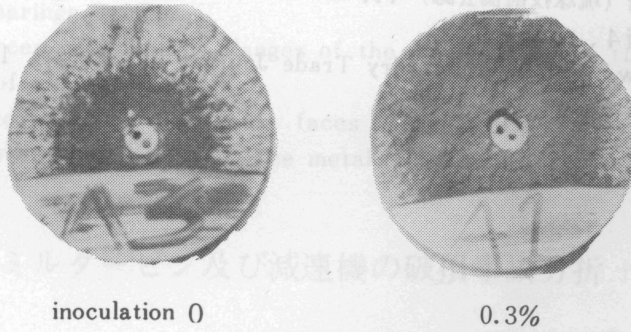


Fig 14. Mean value of chill depth (Sc 0.95, Sc 0.91)

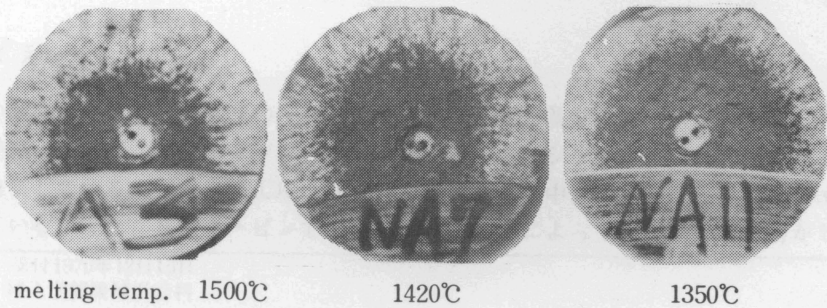
が、1420℃および1350℃の場合にくらべてチルが深い。試料破面写真の例を図15～図17に示す。図15は Sc の相違と離型の効果を示し、上段が離型なし、下段が離型ありの場合である。図16 は接種の効果、図17は溶解温度の影響を示す。これらの破面写真からも各要因の効果、影響は一目瞭然である。



melting temperature 1500℃ inoculation 0
Fig 15 Fracture showing effects of stripping and Sc $\times 1 \times \frac{1}{4}$



Sc0.91 melting temp. 1500℃ stri stripped
Fig 16 Fracture showing effect of inoculation $\times 1$



Sc0.91 stripped inoculation 0
Fig 17 Fracture showing effect of meltine temperature $\times 1$

4 結 言

Sc0.98、0.95、0.91、0.87の35mm^φの鑄鉄丸棒を、円筒型鑄鉄製金型（鑄型比5.9、型予熱温度150℃、スス塗型0.1mm）で鑄造し、離型、接種のチル化防止効果および、溶解温度の組織に及ぼす影響を検討した結果、次の結論を得た。

(1) Scの高い場合、早期に離型すれば、表面部からチル層のない組織を得ることが可能であるが、Scの低い材質では、離型の効果は少ない。早期離型による組織の軟化は、自己焼鈍による効果も多少あるが、それよりも組織が完全に決定されていない高温時期に離型したため、冷却速度の減少による凝固過程変動の効果のほうが大きいと考えられる。

(2) 接種はチル化防止にかなり有効に働き離型よりも効果が大きい。Scの低い材質に対して接種の効果が明瞭であるが、接種のみにてチル化を防止するのは困難である。接種と早期離型を併用すれば、Scの低い材質の場合でも組織軟化に極めて有効である。

(3) 溶解温度が高いほどチル化しやすい。とくに1500℃溶解でScの低い材質では、接種、離型を行なってもチル化を完全に防止することはできない。この現象は、溶湯過熱による黒鉛析出の減少、および微網化に原因があると考えられる。したがってチル化を防止、あるいは軽減するためには、低温溶解が好ましい。

最後に本研究を行なうにあたり、御指導御助言下さった元名古屋工業大学教授石川潔博士（現中部工業大学教授）に深く謝意を表します。

文 献

- 1) 角田、鈴木、糸村：38. (1966)、9 pp 110—111
- 2) 糸村：技術（琉球技術協会誌）4 pp 23—31
- 3) 糸村：技術4、pp 32—37
- 4) G. J. Shaw, V. Kondie: Foundry Trade Journal 195 (1953)、10, 15, pp 473—478