

鑄 肌 に 関 す る 研 究

千 々 岩 健 児

1. 緒 言

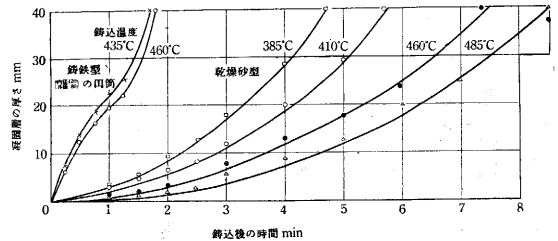
鑄物の肌を滑らかにするか特殊な趣をださせるかして製品の美しさ、奥ゆかしさを示すことは古くよりおこなわれ、特に美術鑄物について多くの逸品を残している。太古の青銅の鏡、香炉、法隆寺の阿彌陀像、薬師寺の三尊像等鑄物によって複雑な模様を表わし優麗な姿態を表現させている。南部鉄瓶等の鉄瓶も亦鑄肌の美しさを示すものであつてあのような気泡のある鑄肌を特殊の技術で表わしている。このように機械加工を加えることなく鑄肌の美しさを示す方法は鑄物師によつて伝えられ、湯の加減、砂の調合法等秘密裡に守られ、今なお一部に残っているようである。複雑な形を鑄物で表わしその美しさを観賞するようなことは現在では特殊の場合を除いて殆んどなくなつたが、品物の外観を美しくし、機械加工を減少しようという考えは鑄物を作る人々の年頭を去らない問題である。特にミシン、タイプライター等のような商品についてはその外観によつて商品価値が大きく左右されるのである。塗装を施すものであつても鑄物の表面がきれいでないと塗装効果は充分発揮されない。塗装をおこなわない部品についてはなおさらのことである。

2. 鑄肌の状況

鑄肌は熔金と鑄型との接触面であつて、鑄造の際最初に凝固する場所である。従つて鑄型の種類、性質、状態によつて異なるものである。と同時に熔金の性質、鑄込み条件によつても左右されるものである。

鑄型の粗さ 鑄型が砂で作られている場合には型表面が完全に滑らかな面ではあり得ない。砂の粒の大きさによつて凹凸の程度が異なるわけである。また一般には砂粒間を結合する粘結剤が必要であり、この粘結剤は微細な粒子よりなる粘土、ベントナイト等又は薄膜をなす油、合成樹脂、水等であるため砂粒間を埋め型表面を滑らかにしている。砂粒は大きくともその間を埋める粘土分が多量になると表面は比較的滑らかとなる。ただ、これには限度があつて粒間を完全に微細粒子で埋めてしまうと空気の抜けが悪くなり、鑄物から凝固の際発生するガス、型内から発生するガス、鑄物となるべき空間に存在していたガスの排出が困難となり巣発生の原因をなすと同時に、粘土分の収縮率大きい乾燥の際又は注湯の際亀裂をおこすため一般には30%以上は用いられない。まね型のように粘土分多量の微細粒子からなるどろどろ

した土を用いて型を作る場合には通気性をよくする意味で薬屑、鋳粉等を混ぜて利用するのである。熔けた金属を鑄型にそそぐと鑄型との接触面は砂型の場合と金型の場合では異なるが直ちに凝固する。砂型の場合で乾燥型を用いると注湯後しばらくは熔けた状態にあり(第1図)、まもなく凝固層が壁面に生ずる。生型だと湯の温度によつては鑄込み直後には凝つていない場合もあるが凝固層



第1図 鉛を口筒鑄型に鑄込んだ場合の凝固層発達状況

の発達早い。金型の場合は冷却速度が早いので表面は鑄込みと同時に凝まつている。このようにしてできた鑄肌面は鑄物全体が凝まつてくるにつれて金属の収縮のために鑄型面と離れ冷却速度が遅くなつて常温迄もたえられるのである。従つて場合によつては初め注がれて表面部分のみ凝まつていたのが後から注がれる湯によつて再熔解される場合もあるわけである。鑄肌面は型と化学反応を起して酸化物となつていてと考えられるので、この酸化物が鑄物内にまき込まれ場合によつては不良品となる。

すくわれ 湯口、湯道の部分は注湯の際高温の金属が通るため、湯と砂型との摩擦のためと、型の粘結剤の強度低下のために型面の砂をまき込んで製品内にもたらしことがある。同時に湯道先端部の鑄肌面は砂すくわれのため通過の跡又は衝突の跡を残し醜い状況を呈するのである。

砂の Buckling また砂の buckling により湯道から鑄物本体への入口のところで砂が型面より持ち上つて鑄物の方が凹む。鑄物砂は急激に高温金属にさらされるため、ごく表面のみが、餅を寒風にあてた時のように表皮がめくり上つてくる。この現象は生型を使用する場合に多く、粘土分が多くて砂の収縮率が大きい場合に生じ易い。これも鑄肌を醜くする一つの原因である。

照らされ 砂は高温金属と接触しなくとも、長い間高温状態にあると粘結力は弱くなる。表面の広い鑄物を鑄込む際、上型面が長い間高温にさらされることがある。この場合には悪くすれば粘結力が全然なくなつて上型の

一部が壊れて落ちてくるが、そうでなくても鋳型面がざらざらになる。この面に溶金が接触するのであるから鋳肌面はその状態を写すことになつてきたなくなる。これは上面のみでなく側面に生ずることもある。

焼着き 耐火度が悪いと溶金のために不純物が溶解される。そのため砂は鋳肌にくっつき、喰込み、いわゆる焼着現象を示す。砂粒が大きく隙間に溶金流れ込んだ場合もこれと似たような状況を呈する。

鋳肌附近の顕微鏡写真 一般に鋳肌附近は急冷されているためにその顕微鏡写真をみると第2図のように鋳鉄の場合には黒鉛の発達著しくそがいさ微細な組織を呈している。この状況は鋳物の大きさによつて異なり、大きくなればなる程鋳肌附近の冷却速度が遅いため

に黒鉛化が次第によくおこなわれるようになり黒鉛の大きさも大きくなつてくる。金型を用いた場合は冷却速度は甚だ早く黒鉛化をおこす余裕なく変態点を通過してしまう。そのため表面の組織は白鉄となり、鋳肌面には一種独特の



第2図 鋳肌附近の顕微鏡写真

結晶粒が配列される。この場合は鋳込みと同時に表面皮膜ができるので注湯がごく静かでないかぎり鋳肌には皺ができる。湯口湯道等の混入物はこの皺内にぼつぼつと表われて醜い。この部分は硬くて加工も困難であり取除くことも難しい。金型の温度を幾分あげて冷却速度を加減してやると鋳肌はきれいになつてくる。金型温度は鋳鉄では約 200°C 位を用いている。

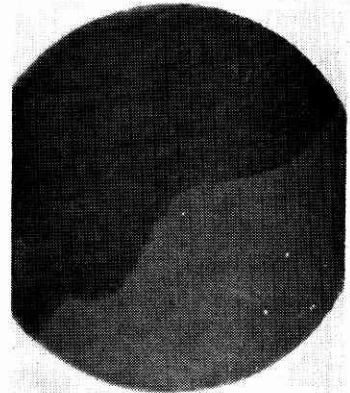
湯の性質 鋳物の肌は上記の如く鋳型の性質によつていろいろ変わるが、鋳肌に影響を及ぼすのは型ばかりではない。鋳込む金属の状態によつて異なる。たとえば鋳鉄の場合非常に酸化した湯を用いると鋳物表面に凹みを生ずる(外びけという)ことや、鋳肌に皺が生ずる現象等は湯の性質からくるものと考えられる。

このようないろいろな原因によつて鋳肌面は上述のような状況を呈するのであるが、おのおのに関する詳細な研究については別紙に譲ることとして、本報告では鋳型面の粗さの状況について観察することとしよう。

鋳肌の状況の表わし方 鋳肌の状況を比較検討するためにはその表わし方が重要である。鋳肌は目でみてきれいだとかきたないとか判断するのであるから、目で

判定するのが一番よいが個人差があり又数量的に比較検討することができない。従来の研究では目による方法、日光式アラサメーターの倍率をかえた測定器による触針法によつて解明されているようである。筆者の実験室では試料を鋳肌面に直角に切断し、鋳肌面を金属顕微鏡で観察し(第3図)

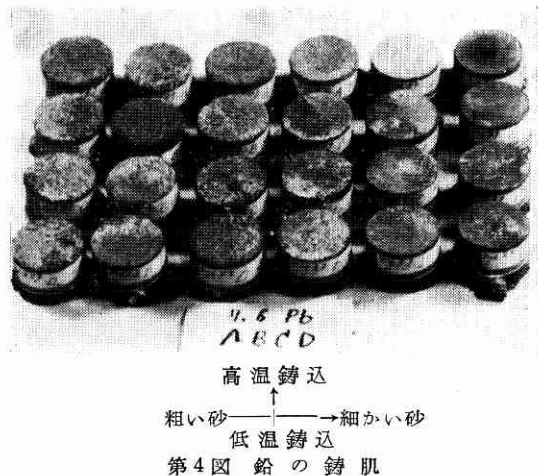
その位置を連続移動して紙面上に面の粗さを写しだし、その結果より鋳肌の状況を判断することとした。本方法によれば手数はかかるが、鋳肌の砂かみ込みの状況等を判然と知ることがで



第3図 鋳肌面の切断写真

き同時に鋳肌の粗さも知りうるのである。

なお写真による比較もおこなつた(第4図)。



高温鋳込
粗い砂 ← → 細かい砂
低温鋳込
第4図 鉛の鋳肌

3. 鋳肌の粗さに影響を及ぼす諸因子

鋳肌の粗さに影響を与えると考えられる諸因子は予備実験並びに文献によれば下記のものを考えることができる。

鋳物砂の性質

〔粒度, 含水率, 熱伝導率, 塗型の種類, 厚さ, 粘土分〕

溶融金属の性質

〔粘性係数, 表面張力, 比重, 熱伝導率〕

鋳込み条件

〔鋳込み速度, 鋳込み温度, 鋳型温度〕

鋳物の形状

〔鋳物の肉厚, 複雑さ〕

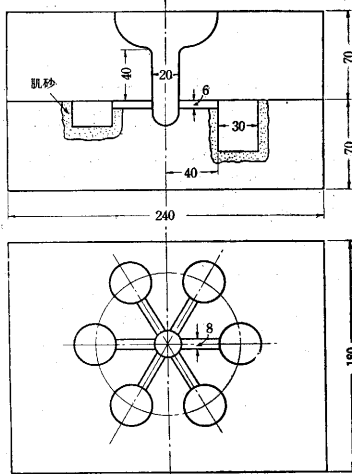
木型の状態, 性質

〔木型面の仕上げ程度、材質〕

これらがいろいろ組んで影響を与えるのであつてその原因をつかむことはなかなか困難ではあるが、これを幾分整理して考えれば大体の様子を覗うことができる。

鑄物砂の性質としては粒度が最も重要な因子であつて水、粘土等はその補助的役割を果しているに過ぎない。塗型にしてもそうである。溶融金属の性質としてこれを概括的に考えれば表面張力 T と比重 ρ が何らかの関係をもっているに違いない。 T/ρ をわれわれは一つの因子と考えて差支えないのではなからうか。次に鑄込み条件であるが、鑄込み温度、鑄型温度等は表面の冷却の速度を左右する原因となつてゐる。同じく鑄物の肉厚、形状も冷却に影響を与える因子として考えるべきであろう。木型表面の粗さは砂型に写されるわけであるが、ここでは一応完全に滑らかな鑄型を使用する場合を考えたのでこの項については触れない。

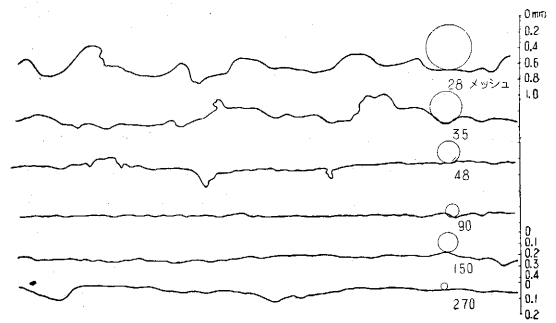
(1) 実験の方法 一つの鑄枠で同時に 6 ケの試料を得るために第 5 図のような方法を用いた。すなわち同一の湯口から入れた湯は同一長さ、性質の湯道を通り、肌砂を異にする凹み内に流入する。裏砂は常に同一性質のものを用いている。試料は主として 30ϕ の円柱鑄物を用い、その模型は黄銅製である。湯口、湯道も金型で作つてある。型込めは手込めによつたが、初め試料の肌砂をふりかけ



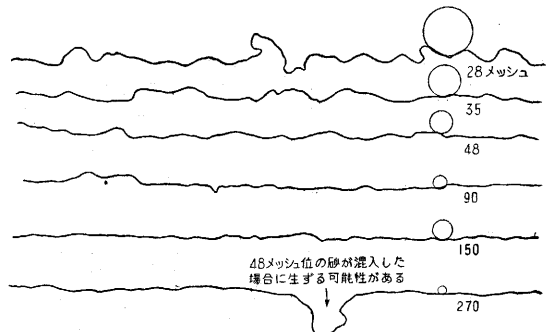
第 5 図 実験用鑄型

(各試料に相異なる肌砂をふりかける) その上に裏砂を全体的にふりかけて搗固めた。注油はストッパーで圧えられた湯溜り内に注ぎ、ストッパーを抜いて型内へ流入させる。金属の溶解は鉛、亜鉛、アルミニウム、シルミン等は電気炉により、鑄鉄は工場における Cupola 溶湯を、鑄鋼はやはり工場の電気炉の湯を注いだ。

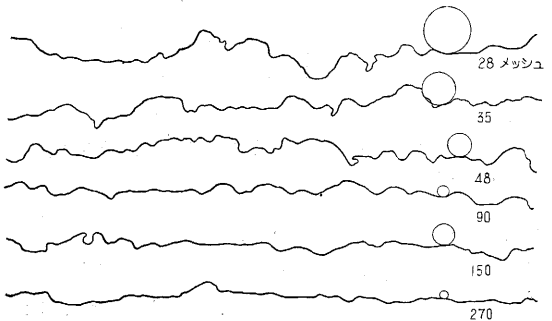
(2) 鑄物砂の粒度の影響 砂を篩分けて 28, 35, 65, 90, 150, 270 又は 270 下の単一粒子とし、粘結剤として合成樹脂を用いた。乾燥は $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ で約 2 時間おこなつた。合成樹脂を用いたのは合成樹脂は乾燥により砂と砂とを膜状結合をなすため砂粒子の影響を最もよく表わすと考えたからである。裏砂は川口軽合金用の砂を用いその粒度分布は第 1 表に示す如きものである。第 6 図 a はアルミニウムを 770°C で鑄込んだ場合、第



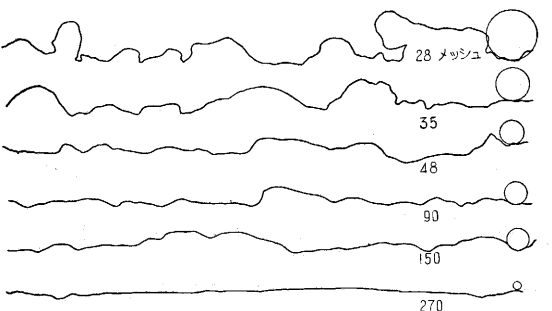
第 6 図 (a) アルミニウムの鑄肌



第 6 図 (b) シルミンの鑄肌



第 6 図 (c) 鑄鉄の鑄肌

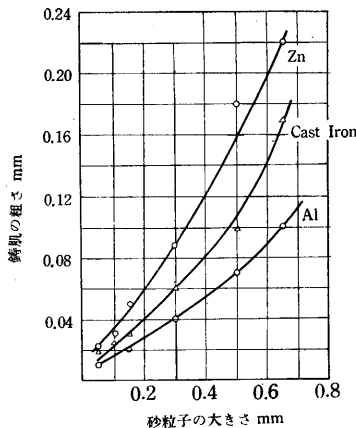


第 6 図 (d) 亜鉛の鑄肌

6 図 b はシルミンを 620°C で鑄込んだ場合、第 6 図 c は鑄鉄を 1350°C で鑄込んだ場合、第 6 図 d は亜鉛を 500°C で鑄込んだ場合の切断図である。図でみるように鑄肌面は非常に複雑な形状をしている。図の下側が鑄物本体であつて、上面は一般に金属表面張力、ガス等の影響により丸味をおびているのがみられる。この鑄肌面

に対して鑄型の面がどのように対応しているかを知るため鑄型面の切断写真をとつたが（鑄型面に石膏を流し込み、固まらせ、これを切断して写真にとつてみる）まだその結論を得ていない。ただ砂粒子をこの鑄肌面上にのせてみると大体第6図に示したようになっていた。これから考えて砂粒に対して凹凸は比較的小さくなっているが形状は複雑であり型表面もこれと同じく凹凸があると考えてよい。

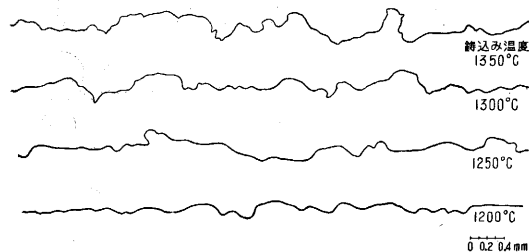
鑄肌面はこのような複雑な形状が一方向のみでなく他方向にも走っている。今鑄肌の粗さを数量的に表わすため、特に出張つた部分や凹んだ部分を除き、全体の平均高さをとつてその粗さを表わすことにする。第7図はこの結果を表わしたものである。砂粒が大きくなると鑄肌面は急速に粗く



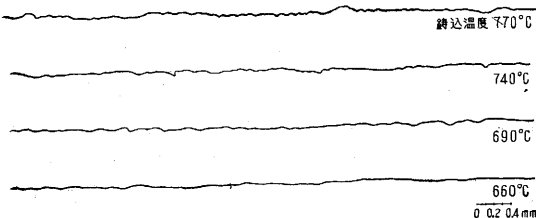
第7図 鑄肌に及ぼす砂粒子の影響

とから通気度がある程度あつてガスが逃げ難いようなことがない限り、細かい砂程美しい面を呈するといえる。

(3) 鑄込み温度の影響 鑄込み温度の影響を第8図a~bに示す。この影響はあまりはつきりとは表われない

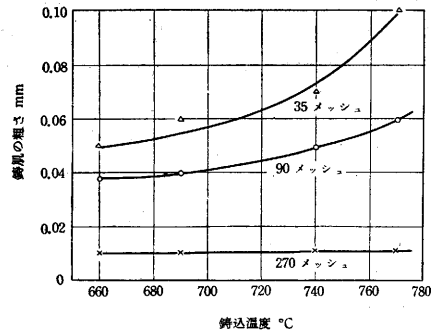


第8図 (a) 鑄込み温度の影響（鑄鉄砂粒度 35 メッシュ）



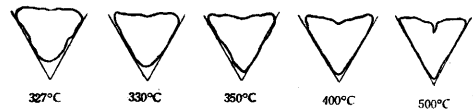
第8図 (b) 鑄込み温度の影響（アルミニウム砂粒度 90 メッシュ）

かつたが、温度が高いと型内への Penetration が起り突つた先端を有する場合が生じている。この傾向は粗い砂を用いた場合に強く表われる。第9図は粗さと温度の関係を示したものである。



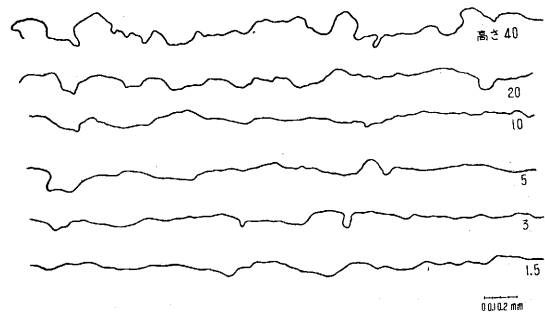
第9図 鑄肌に及ぼす鑄込み温度の影響（アルミニウム）

さらにその影響をよく表わすために金型でV字溝を作り鑄込み温度をかえて一定量の金属を注いだ。温度は殆んど凝まりかかつた状態のものから非常にさらさらした高温のもの迄範囲広く行つた。その状況を第10図に示している。これからみれば凝固点では表面張力が大きく先

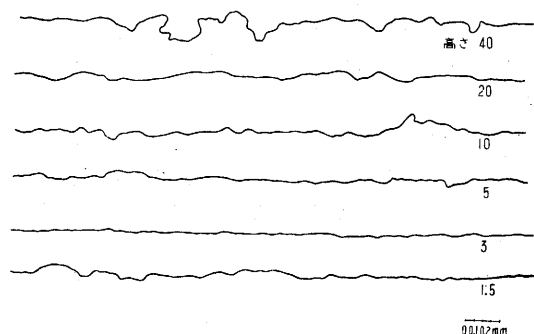


第10図 鉛による尖端部状況

端は丸くなつていくが温度と共に尖つてきている。砂の場合もこのように砂凹み部分へとはいつていくとみることが出来る。



第11図 (a) 試料の厚さの影響（アルミニウム 48 メッシュ砂使用）

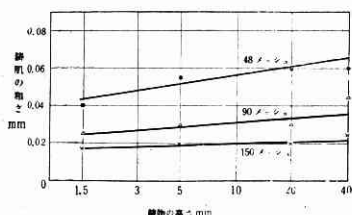


第11図 (b) 試料の厚さの影響（アルミニウム 90 メッシュ砂使用）

(4) 鋳物の肉厚の影響 試料の高さを 40, 20, 10, 5, 3, 1.5 mm として肉厚の影響を求めた。肉が厚いと鋳型面に加わる圧力が大きいことと凝固速度が遅いことのために厚肉

の場合は鋳型面をよく写したすのに対し薄肉の場合は表面張力のため比較的滑らかな表面を示すのである。第 11 図 a~b は肌

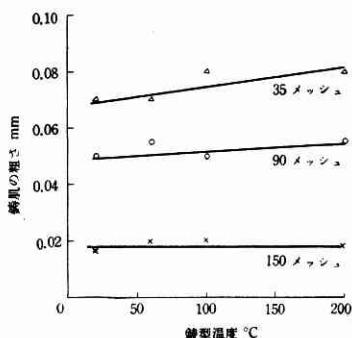
の状況を示したものであり、第 12 図は数量的に比較した図である。



第 12 図 鋳物の高さの影響(鋳鉄)

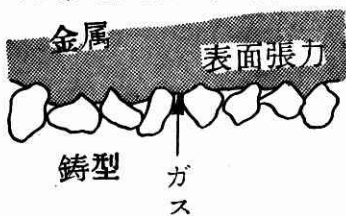
(5) 鋳型の熱伝導率の影響 肌砂のかわりに研磨した銅ブロック (40φ×30) 鋳鋼ブロック、黒鉛と砂との混合物等を用いた。銅、鋳鋼等の場合は鋳肌面は急速にかたまり皺が生じたり、湯口の不純物がまき込まれたりして甚だしくきたない面を生じた。またこれらに附着している水分、不純物等のため内部に巣ができて製品価値を認めることができなかった。銅ブロック等を幾分加熱すれば鋳肌は比較的きれいになる。従つて冷し金等として金属を用いる時は予め幾分加熱することが必要である。

(6) 鋳型温度の影響 鋳型温度は鋳物の凝固速度に影響を及ぼし高温の場合は砂粒間のすみずみ迄湯をゆきわたらせ砂粒間に隙間があるとその隙間に湯がしみこみ Penetration をおこすことになる。第 13 図は鋳型温度の影響を示したものである。



第 13 図 鋳型温度の影響 (アルミニウム 730°C 鋳込)

(7) 鋳型水分の影響 鋳型の水分は冷却速度とガス発生両方に影響を与える。4~8%の間では乾燥型よりきれいである。これは第 14 図に示すように砂粒間に浸入しようとする溶湯を水分の気化によるガスの圧力によって抑えるためと考えられる。水分が 15%程度をこす



第 14 図 ガスの影響

と溶湯にふれた水分が急激に気化し為に爆発的に溶湯をおしもどす作用をなし、気泡の多い鋳物を作ることになる。生型鋳鋼において水分 4~5%程度では非常に美しい肌を呈するが、それ以上になると品物にならぬことが多い。第 15 図は水分の影響を示したものである。



アルミニウム	I (上部)	水分	9%
	II	水分	7.5%
	III	水分	なし
	VI (下部)	水分	12%

第 15 図 水分の影響

(8) 塗型剤の影響 塗型剤として黒鉛、キヤコを用いたが、これは鋳型面の凹凸をならす役目をなし、又時には少量のガスを発生し、鋳肌の美化に役立つ。ただ塗型の際粘結剤が相当強力で塗型した粉が型面から離れないものを用いる必要がある。粘結力が弱きにすぎれば粉がまき込まれて不良の原因となり鋳型面も荒らされてきたなくなる。過量にすぎると通気度が悪くなり肌面が凹んでくる。第 16 図はその結果である。

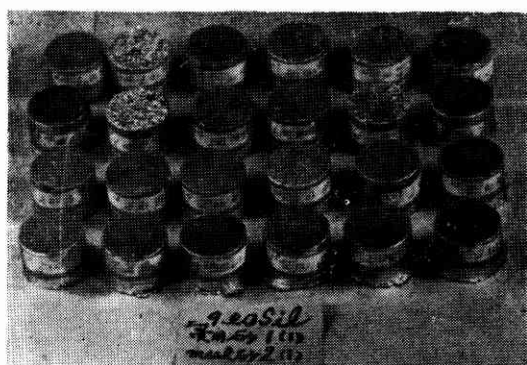


第 16 図 塗型剤の影響 (鉛) 真中の肌の滑らかなものは塗型剤をへらで型になでつけたもの

(9) 複合粒子について 単一粒子と複合粒子との場合を比べると前者は凹凸が比較的規則正しく鋳型面に配列されているためできた鋳物の肌も規則正しい凹凸があつて見た感じがよい。天然の砂は複合粒子よりなるので幾つかの砂を選び、さらに何種類か配合した砂(第 1 表)を肌砂に用いて比較実験をおこなつた。第 18 図はこれを示したものである。複合粒子を用いた場合は、粒度数を用いて整理すれば大体単一粒子の場合と比較できるようである。

第1表 肌砂の粒度分布

種類 mm	狸山	野間砂 (粗)	知多硅砂 (細)	奥田山	知多硅砂 (粗)	川口砂	I社	配合1	"2	"3	"4	"5	"6
6	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0.06	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.03	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0.03	1.63	0	0.05	0	0	0.10	0	0	0	0	0	0
20	0.25	38.86	0.11	0.22	4.52	0.35	0.57	0	0	3.0	3.0	0	0
28	0.79	34.90	1.02	0.32	29.56	1.40	0.85	1.0	7.0	24.0	5.0	5.0	2.0
35	1.73	10.16	5.92	1.05	32.00	2.06	1.80	5.0	27.0	3.0	15.0	15.0	4.0
48	3.92	3.85	22.16	4.65	18.23	2.88	3.57	10.0	10.0	2.0	40.0	15.0	6.0
65	14.05	2.56	45.90	27.06	9.43	16.52	12.70	15.0	5.0	11.0	15.0	15.0	10.0
90	22.75	2.13	18.56	42.43	2.75	30.36	18.60	40.0	2.0	21.0	10.0	15.0	15.0
150	39.80	1.88	2.30	16.60	0.83	32.40	24.80	15.0	5.0	12.0	6.0	15.0	40.0
200	6.12	0.38	0.07	14.83	0.16	4.90	9.90	10.0	10.0	3.0	4.0	15.0	15.0
270	4.02	0.66	0.06	1.50	0.11	3.46	14.55	3.0	27.0	21.0	2.0	5.0	5.0
270	2.23	0.53	0.07	1.43	0.06	1.40	10.40	1.0	7.0	3.0	0	0	3.0



上二つ 狸山砂 粗めの山砂 知多硅砂 奥田山砂 知多硅砂(粗) 1社の砂
下二つ 配合1 2 3 4 5 6

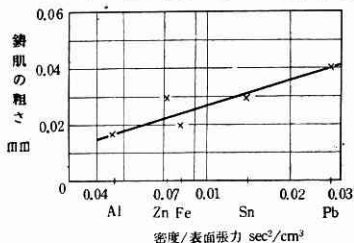
第17図 (シルミンを鋳込んだ場合)

(10) 金属による相違 軽い金属に比べて重い金属が砂型の表面をうつし易く、表面張力の小さい金属が砂

粒子の細部造はいつていくわけである。この場合先に述べた如く T/ρ を一つの因子として整理すると第18図

のように大体に

おいて一つの傾向を示すことを知る。



第18図 金属による相違

4. 結 言

鋳肌の粗さは鋳型面の粗さに左右される。すなわち砂粒子の大きさ、粘結剤の種類及び量、塗型剤の種類及び量による。次に鋳型面で金属が溶けている時間に影響される。すなわち鋳込み温度、鋳型温度、型の熱伝導率による。さらに金属の表面張力、比重によつて変わる。砂粒子は細かい方がよく、粘結剤塗型剤は適当量を用いる。鋳込み温度は型が滑らかであれば高い方がよい。型に金型を用いる時は加熱して用いねばならない。金属の表面張力/比重が大きい程鋳肌は滑らかになる傾向がある。(1953. 11. 30)

次号予告(2月号)

研究解説

粉粒固体供給機……………桑井源禎
井出哲夫
溶液放射能の測定とそのジオメトリ…加藤正夫
武谷清昭
石けん類の実験に用いる液について…池田 健
古田敏康

旅行記

国際写真会議に出席して……………菊池真一
アメリカの航空工業(滞米メモから

第4回……………糸川英夫

研究速報

市街地における風圧係数に関する模
型実験……………勝田高司
後藤 滋
有機酸と金属を用いるアセナフテン
の塩素化について……………後藤信行
永井芳男

生研ニュース、部外活動