日本金属学会誌

第 22 卷 第 12 号

技 術 論 文

ダイカストにおける離型剤の挙動について*

作井 誠太** 折井 秀彦** 大野 明*** 隅野 一雄***

Seita Sakui, Hidehiko Orie, Akira Ono and Kazuwo Sumino: The Behaviour of Die Lubricant in Die-Casting Process. The behaviour of die lubricant during casting in die-casting process has not been fully investigated. We added small amount of HCl solution of radioactive H_3PO_4 to the die lubricant (called "Die Slick") mechanically and the radiographs of the surface and the inner part of the casting were taken after solidification. Comparatively large amount of radioactive lubricant was applied to the gates of cavities or to the points marked by X in the photo. 1~8. Zinc alloy ZAC No.1 was cast in the dies shown in Fig. 1 and 2. The results obtained were as follows:- (1) The lubricant travelled with the flow front of the molten metal through the die cavity and accumulated at the place where the movement of molten metal came to end or remarkable turbulent motion occurred. (2) A large amount of lubricant was entrapped in the casting and distributed comparatively uniformly. (3) The chilled layer of casting occluded hardly any particles of the lubricant. (4) The entrapping of lubricant increased with the rise of casting temperature and with the increase of gate area.

(Received July 12, 1953)

I. は し が き

ダイカスト法では予熱した金型に熔湯を高圧の下で圧入するので、熔湯と金型の間に熔着が起り製品を金型から取出すのに困難を生じ易い。これを防ぐために金型の表面に離型剤を塗るのであるが、離型剤は以下に述べるような種々の特性を具えておらねばならず、その塗る方法、たとえば塗る位置の選定も難しく多くの経験を必要とする。離型剤は高速度で運動する熔湯に簡単に金型表面から洗い去られないこと、相当の耐熱性を有すること、しかもよく伸びて製品の表面に一様に分布することなどが望ましい。また製品の内部に捲き込まれたり、製品の表面に焼付いて表面処理の妨げとならないことが望ましい。しかし在来は以上の諸性質を調べるのに適当な手段がなかった。製品内どの程度巻き込まれるものか、巻き込まれているとすればその分布は何に支配されているのか、それをたとえ定性的にでも知りたいのであるがその方法を欠いていた。以下に述べる我々の方法はこの方面に一つの手段を提供するもの

と考える。

II. 実 験 方 法

使用した放射性同位元素は ^{24}Na (固形食塩)、 ^{32}P (H_3PO_4 の HCl 溶液の 2 種であるが、前者はそれぞれ 2.76, 1.38 MeV の 2 種類の強い γ 線と、1.39 MeV の β 線を放射するので写真フィルム全体が黒化してラジオグラフの撮影ができなかつた。後者は 1.72 MeV の β 線のみを放出するのでこの点有利である。これを "Die Slick" なる商品名の離型剤と混じてエステルを作らしめたが、 ^{32}P があまりに稀薄化されて単位体積当りの放射能が弱く本実験には不適當であつたので、直接に "Die Slick" と上記の塩酸溶液を機械的に充分に混合攪拌したものをを用いた。これを金型の湯口、金型の各部分に局部的に塗布してこれが熔湯の運動によつて製品の表面にまたは内部にひろがる有様を観察した。その有様が離型剤の塗布箇所、熔湯の温度、湯口の大きさによつてどのように変化するかをラジオグラフによつて調査した。

2~3 ミリキュリーの ^{32}P を含む磷酸の塩酸溶液を(これは極めて少量で僅かに容器の壁 1 cm^2 程度の面積を濡らしている程度である)、2~3 cc の離型剤に混ぜ充分に攪拌してコロイド状に分布せしめた。これを普通の如く刷毛で金型の表面の要所に塗るのであるが、その量は普通の操業

** 東京工業大学 *** 神奈川工業試験所

* 本誌, 21(1957), 139 に速報; ダイカスト法の研究, III. 本誌, 21(1957), 703; 21(1957), 707 をそれぞれダイカスト法の研究 I, II とする。

におけるよりもやや多量である。ラジオグラフィ撮影の露出時間の決定にアルミニウムの板に種々の量の離型剤を手加減で塗り、フィルムに一定の黒化を生ずるために必要なカウント数と大体の露出時間を求めた。この離型剤を普通の操業よりもやや多量に金型に塗ると、本実験の製品に含まれている。または製品の表面に分布する離型剤の放射線の強さは数マイクロキュリーの程度であり、これに2～7日間の露出を与えてラジオグラフを作った。

ラジオグラフの製作には試片の表面または試片の種々の断面に富士X線フィルム Type 80 を密着させ2～7日間の露出を与えた。この露出時間の長短は試めし焼きにより適当に加減するようにした。試片内における離型剤の分布が均一ではないので、ガイガー計数管による強度の測定は大体の露出時間の目安にしかならない。試片の断面のラジオグラフを撮影するにはまず試片表面をベンゼンにて十分に洗って後に切断し、その断面をまたベンゼンにて十分に洗い落してからやすりにて断面を平滑にすると同時に、表面層を0.5 mm ばかり削り落してから写真フィルムをあてたので、試料表面から離型剤が機械的に試片の表面に附着することはあり得ない。

なお本実験に使用した合金は全部亜鉛合金 ZAC No.1 である。

III. 実験結果並びにその考察

使用した金型はI, IIと2種類あつてそれぞれ Fig.1, Fig.2 に示し、放射性離型剤による製品のラジオグラフは Photo. 1～8 に示す。

1. 金型IIによる実験

Photo.1～4はFig.1の金型Iによる実験で得られたもので、熔湯温度 420°, 型温は常温で他の鑄造条件は一切等しいが、

Fig.1 Outline of Die (I).

の多く集まった部分である。

Photo.1は下型の湯口に放射性離型剤を塗布した場合の結果で、Photo.1-aは鑄物Aの上型と接する面のラジオグラフ、Photo.1-cは鑄物Aの下型と接する面、Photo.1-bは鑄物Aの上下面と平行な横断面で、この a,b,c の並べ方は Photo.2,3,4 においても共通でbは常に横断面のラジオグラフである。

Photo.1のdは引張試験片の縦断面、またPhoto.1-eの

側は、離型剤の塗布箇所のみを変更したのである。これらの写真で白い部分は放射性離型剤

D-D,B-B,E-EはそれぞれFig.1に示される断面である。鑄物Aの表面すなわち肌にあられた湯流れ模様による

Fig.2 Outline of Die (II)

と、熔湯の流動方向は Fig.3 の如く湯口から出た熔湯は直進してE面の壁にぶつかつて後に放射状に分散して湯口

Photo.1 The distribution of die lubricant in the casting when it was applied to the gate on lower die.

- (a) Upper surface of casting A in Fig.1.
- (b) Transverse section of casting A.
- (c) Lower surface of casting A.
- (d) Longitudinal section of tensile test piece in Fig. 1.
- (e) Longitudinal section of D-D, B-B, E-E of casting A in Fig. 1.

側の突出部に向つてゐる。さらに流動方向を立体的に考えると湯口から射出された熔湯は上方に向い、上型の表面にぶつかりPhoto.1-aの×点から下方に向い、Photo.1-bの

Fig. 3

○点からは下型に衝突跳ね返つて上方に向い、Photo.1-aの表面に出るであろう。この跳ね返る地点では渦流を生じその部分に離型剤が集まり易い。Photo.1-cにおいて

Photo.1-bの○点に対応する場所に放射性物質が見られないのは湯口から遠いこの附近では熔湯が冷えて厚いチル層が発達するためで顕微鏡的にもそれが立証される。表面のチル層に離型剤の巻込みが少いことはPhoto.1-eのD-D B-B,E-E断面の表面を見ると明らかである。

以上の写真は次の事実を示していると考えて差支えなからう。第一に離型剤は熔湯の流れの前線に乗つて走り、そのために離型剤の分布から熔湯の流れ方を推定し得る。第二に離型剤は渦流を生ずる部分に残留し易い、第三にルダイ

カストにおいては離型剤の熔湯への巻き込みは意外に多くこの点では離型剤の使用は必要の最小限に止むべきであろう。第四に表面のチル層には離型剤は殆んど含まれない。

Photo. 1-d の引張試験片の縦断面でも離型剤は熔湯の先端に乗って走っていることは確かで、湯口から最も遠い右端に集まっているのは興味が深い（以下に示す写真は鋳物 A 以外はすべて縦断面をあらわすと承知されたい）。左方の口点の蓄積は左端にぶつかって跳ね返って来た熔湯と湯口から金型に直角に射出される熔湯が衝突して大混乱を起している地点でないかと想象している。また後述の如く試片の直径が太い部分から細い部分に移行する箇所には渦流を生じ、離型剤を巻き込み易いようである。

以上の如く離型剤の巻き込みがあまりに顕著なので、これは或いは ^{32}P のみが遊離して捲き込まれたのであつて、離型剤は捲き込まれていないのではないかと疑問を生じた。それでこの実験と全く同一の条件の下で、放射性元素を含まざる離型剤を用いてこれを湯口に塗布し、Fig. 1 A なる鋳物を作りその表皮を機械的に削り去り中心部からのみ試料をとつてガス分析を試みた。その結果は Table 1

Table 1 Gas analysis of test piece cast with or without the die lubricant.

No.1 without lubricant.
No.2 with small amount of lubricant.
No.3 with large amount of lubricant.
No.4 molten metal before casting.

Specimen No.	H ₂	CO ₂	CO	N ₂	Total gas
1	0.003	—	trace	0.010	0.014
2	0.008	trace	trace	0.011	0.020
3	0.019	0.002	0.008	0.011	0.040
4	0.0014	—	—	0.0016	0.003

の如くで、ここで No.1 は金型に離型剤を全然塗布しないもの、No.2 は金型に離型剤を少量塗布したもの、No.3 は金型に離型剤を比較的多量に塗布したもの、No.4 は鋳造以前の熔湯をそれぞれガス分析したものである。離型剤を比較的多量に塗布するとガス分析の結果 CO 及び H₂ ガスが增加している。

このように CO と H₂ ガスの含有量が増すのは巻き込まれた離型剤の分解生成物のためで、鋳物が現実に離型剤を捲き込んでいることを証するものであろう。ガス分析によつては離型剤の分布は判らない。

次に両試片の湯口側の隅 (Photo. 2 の×点) に離型剤を塗布した場合にそれが如何に移動するかは Photo. 2 に示す。鋳物の表面においては a, c に示す如く離型剤の著しい移動は認められない。これは塗布の場所が Fig. 3 に示す如く熔湯の最終到達場所であるためであろう。内部は Photo. 2 の b に示す如く比較的ひろく離型剤が分布し、固い殻の中で熔湯は×部に到達後も凝固せず内部に向つて運動を続けることを暗示している。Photo. 2 の引張試験の場合には右側の最尖端には P は分布していない。これは湯口を入つた熔湯は直ちに右端に進むので離型剤を伴わないの

であろう。また一度左端の離型剤の多い部分に達した熔湯は直ちに右転して湯口にまで戻り、その後湯口から射出された熔湯と合して渦を巻きながら右方へ進むのであろう。

Photo. 2 The distribution of die lubricant in the casting when it was applied to the point × of cavity of die I in Fig. 1.

このために湯口より可成りの右方へまで離型剤は進入している。

Photo. 3 は湯口と反対側の隅の×部分に塗布した場合のもので、鋳物 A では依然として熔湯の最終端たる両方の

Photo. 3 The distribution of die lubricant in the casting when it was applied to the point × of cavity of die I in Fig. 1.

角(つ)部分に離型剤が集まっている。また Photo. 3 の如く殻の中では比較的一様に離型剤は分布することは Photo. 1 及び 2 の場合と同様である。以上は多分 Fig. 3 の如き熔湯の流れの道筋の上に離型剤があるので、その塗布の場所ははこの道筋の上にさえあれば離型剤の行きつく先は変わらないのであろう。引張試験片 d の如く熔湯が定常の道筋を描いて流れるに必要な面積の余裕のない時は、離型剤を塗る場所は離型剤の分布に大きな影響を与える。すなわち鋳造の際に定常な流れが生ずるか否かで離型剤を塗る時の難しさが異なってくる。Photo. 3 の d では離型剤

Photo. 4 The distribution of once applied die lubricant in the casting after several shots of castings in die I.

(a), (b) after first shot, (c) after third shot, (d) after fifth shot.

は左端に到達できない。また○印の場合は戻りの熔湯と行きの熔湯が衝突して熔湯が停滞するところであろう。

Photo.4 は離型剤を1回だけ金型全体に様に塗布してその効果が繰返し鋳造の際に幾ショット目まで現われるかを調べたものである。写真のaは第1回のショットで作られたもので、引張試験片については第1回目、第3回目、第5回目のショットで得たものを示している。これによれば第5回目でも僅かながら離型剤の捲き込みが見られる。この種の少量の捲き込みでも試験片の性質に悪影響があることは次の報告で述べる。

2. 金型Ⅱによる実験

Photo.5~8 は Fig.2 の金型Ⅱについて実験したもので、引張試験片、衝撃試験片、及び中央の金型保温用の試

Photo.5 The distribution of die lubricant in the casting when it was applied at x point of cavity of die II in Fig. 2.

The temperature of molten metal varied. The gate is at the left end of specimen.

験片について熔湯の温度を変化させた場合または湯口断面積を変化させた場合の離型剤の分布を示している。

Photo.5 では左端が湯口であり、×印の位置に離型剤を塗布している。この場合にも右端の他に○印のところに離型剤が集るのは興味が深い。**Photo.1** で述べたようにこの部分で試片断面が絞られて渦流を生じ、湯口から離型剤を運んで来た熔湯の一部がここに残留するのであろう。後出の **Photo.6** を見るとこの部分の断面積が絞られない時にも矢張り離型剤が集中し易いが(○印の部分)、これは湯口を出た熔湯が金型の壁にぶつかりこの附近で渦流を生ずるのであろう。**Photo.5** では熔湯温度が高くなるに従って集まっている離型剤の密度は高くその範囲もひろがっている。これは熔湯の温度上昇と共に熔湯の粘性が小となり流動し易くなり、離型剤を運んで流れる熔湯の動きが広範囲に亘ることを示している。**Photo.5** の 500° A₃ の場合を見ると右端に衝突した熔湯は逆戻りして殆んど試片の中心にまで来ている。また○印の渦流部分も渦流が活潑に動いて離型剤を広範囲にひろげている。

Photo.6 は Fig.2 の衝撃試験片について行つた実験結果で全く **Photo.5** と同様に解釈できる。

Photo.7~8 は引張試験片、保温用試片について湯口の断面積を 1×6 mm², 2×6 mm², 3×6 mm² の3種類に変化せしめた時の離型剤の分布を示している。最初に離型剤を塗

る場所も左右のいずれかの一端及び中央と3箇所を選んでいる。これらの実験で離型剤の塗布場所を変えた時に見られる共通の現象はいずれも右端部に離型剤が集中すること

Photo.6 The result of same experiment as in Photo.5. The specimens are two kinds of square bars (Fig.2)

Photo.7, 8 The effect of gate size on the distribution of die lubricant in the casting casted with the die II in Fig. 2.

Gate size (1) 1×6 mm², (2) 2×6 mm², (3) 3×6 mm². The mark x shows the point at which the lubricant was applied.

である。たとえ中央部に塗布した時も中央部には離型剤は残留せず、離型剤は流速の大きな部分には残らず渦動部分に集ることを示している。

また **Photo.7, 8** で共通の現象は湯口の断面積が大き

なると湯口を出る熔湯の流れは整流とならずに最初から渦流を伴い湯口附近での離型剤の巻き込みが多くなることである。Photo.7,8 のA系列の3なる試料を見るとこのことは明らかである。BおよびC系列でも大体に同様で、たとえば Photo.8 のCの系列の3を見ても熔湯が渦流を生じながら×点を通過していることが想像されよう。他にも同様な写真を多数撮ったが紙面の都合で割愛する。

IV. 総 括

放射性同位元素 ^{32}P を混じた離型剤を用いて、ダイキャストにおける離型剤の挙動について調べた結果を得た。

(1) 離型剤は熔湯の流れの先端に乗って走り、従って離型剤の分布から湯の流れ方が推定出来る。

(2) 離型剤は鋳物内部に相当量巻き込まれる。巻き込まれる場所は熔湯の流れの最先端および湯の流れが渦流となるところに著しく、表面チル層には殆んど巻き込まれない。

(3) 離型剤の巻き込みは塗布後数 shot までつづく。

(4) 熔湯温度が上昇すると、熔湯の粘性は小さくなり、湯は動き易くなつて、離型剤の巻き込み範囲は広がる。

終りに臨んで、本研究の放射性物質の取扱いを御指導戴いた原子力研究所員、高嶺泰夫氏に厚くお礼申し上げる。また実験試料を提供して下さい三井金属鉱業東京営業所に感謝する。