

高 圧 鑄 造 材 の 研 究 (I)

森 永 卓 一
位 崎 敏 男
堀 茂 徳

A Study on the High pressure Casting. (I)

Takuiti MORINAGA, Tosio IZAKI & Sigenori HORI

Metallic materials casted under high pressure have particular characteristics on their properties in comparison with normal castings.

The authors have performed the fundamental investigation on this problem. In this report we describe on our high pressure casting apparatus and discuss the solidifying conditions of liquid materials in it.

I 緒 言

ダイキャストや遠心鑄造の如く凝固の際に圧力を受けるような鑄造方法によつて得られた材料は通常の方法で鑄造されたものに比較して可成り強力であることはよく知られている事実¹⁾であるが、然らばこのような強力性に対して圧力がどのように寄与しているかという点については従来多くは所謂鑄物の健全化といった簡単な概念で説明されているに過ぎないのであつて、その効果の内容並びに機構については余り立入つて考えられていない。これは元来之等の鑄造法に於ける圧力利用の主たる目的が材質の問題とは別な処にあつた為に、鑄造圧力も低く従つてその効果も実際にはあまり著しいものではなかつたので、この附加的な材質問題に余り関心の払はれなかつたのもある面では止むを得ないとも云える。しかしながら近年之等の鑄造法に於ても鑄造圧力の増大に伴つて材質に対する圧力効果が鑄物の健全化といった簡単なものでなく、可成複雑な内容を持つことが認められて来ている²⁾。又アルミ合金について数千 kg/cm^2 の order の圧力の下に鑄造することによつて鍛造材に近い極めて強力な鑄物が得られることも報告されている³⁾。著者等も亦簡単な予備実験により高圧下で凝固した合金はその組織、機械的性質に可成の影響を受け、特に靱性に対して著しい効果を認めた⁴⁾。之等の結果からも明らかなように鑄造材に対する加圧効果は加圧力の大きい範囲では従来考えられたような鑄物の健全化といった簡単な考え方では充分説明が出来ないのであつて、この際加圧鑄造材の材質的特徴を再検討することは此種の鑄造材の使用上のみならずその適用範囲の拡大といった点からも極めて必要であると考えられる。

加圧鑄造に於ける圧力の効果は具体的には大凡三つの内容を持つと考えられる。即流動効果、熱間加工効果及び静水圧効果である。之等の作用は実際上は必らず相伴つて起ることは云う迄もないが、その何れが主となるかは具体的な鑄造条件によつて可成異なるものと考へられる。しかしながら鑄造圧力が大きくなると何れの場合も静水圧効果が可成り重要な条件になることは間違ない。之等の内前二者は現象自体としては複雑であるけれども材質に与える効果の解析は比較的容易であるが、後者については従来殆んど検討されていない。

以上のような観点から主として静水圧効果に重点を置いて加圧鑄造材の材質的特徴を再検討したいと云うのが本研究の目的である。本報に於てはこの目的の為に著者等の使用した加圧装置の概要並びに本装置を使用して加圧鑄造を行つた場合の加圧状態、金型内の合金の凝固状態等について報

告したい。

Ⅱ 実験装置

(1) 加圧装置の構造

加圧の方法としては先づ圧縮気体による加圧⁵⁾とピストンによる機械的加圧とが考えられるが、前者は一般的に云つて実験条件の調節把握が容易であるという点で有利であるが唯この方法の使用に限界を与えるものは加圧力の問題である。通常気体加圧によつて得られる加圧力はせいぜい $150 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ 程度迄であつてそれ以上の加圧力を得ることは實際上甚だ困難である。所がこの程度の加圧力では猶不充分と考えられたので⁶⁾種々の難点が予想されたが機械的加圧方法を採用した。装置の概要を図-1に示す。Kは炭素鋼製の円錐状割金型で全様の円錐形の補強リングRで結合する。Aは注入孔でその寸法は $20\phi \times 200 \text{ mm}$ である。Cは金型温度測定用のカップル孔、Bはパッキング溝である。写真-1に金型の分割面を示す。操作の方法は加圧作用が充分になる迄熔湯の凝固を遅らせる為に適当な温度に予熱した金型Kを補強リングRに圧入結合し、別に熔解しておいた熔湯を注入孔に注入し全時にピストンPを圧入する。然る時は熔湯はピストンによつて凝固の間高圧下に置かれることになる。ピストンの圧入には 50 ton アムスラー万能試験機を使用した。



写真-1

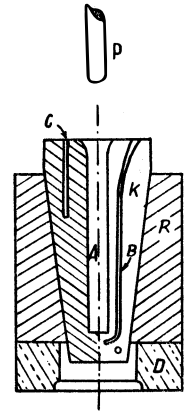


図-1

(2) 熔湯の漏洩

このような装置で最も問題になるのは加圧した際の漏洩防止の問題である。ピストンを圧入した場合に金型の気密が不完全であると熔湯は型の接触面を通して漏洩し十分な加圧力を得ることが困難であると全時に試料の均一度も著しく劣化する。高温高圧で操作する関係上割金型の接触面を如何に丁寧に仕上げてても之だけで漏洩を防止することは困難である。パッキングの方法としては図-1 Bに示すように注入孔の周囲に両方の接触面に半分づつの溝を掘り、これに予めアルミを鑄造するか或いはアルミ乃至は銅線をそう入する方法を取つた。このような方法によればパッキングによつて金型及び注入孔の真円度が害される事も少く、加圧と全時に漏洩して来た熔湯はこの部分で冷却されて凝固し以後の漏洩に対して自己気密の作用をして十分な加圧力を得る事が出来た。実際操作の結果では金型の底部及びピストンとの間隙から多少の漏洩はまぬがれないが金型中央部では殆んど漏洩が認められなかつた。注入孔とピストンの間隙は余り大きいと漏洩の原因となるが、しかし之が余り小さいと摩擦抵抗の為に見掛の加圧力と真の加圧力とが甚だ異なる結果になる。この間隙には加圧と全時に熔湯が浸入凝固して一種のパッキングの働きをするから、後述する圧力測定の間からも多少余裕をつけた方が實際上結果は良好である。以上の点に注意すればこのような装置で $1000 \sim 2000 \text{ kg/cm}^2$ 程度迄加圧する事は比較的容易であり、少し注意して操作すれば $5000 \sim 6000 \text{ kg/cm}^2$ 程度迄加圧力を高めることが可能である。

(3) 金型の予熱

金型の予熱は大切な条件であつて金型温度と熔湯の注入温度とによつて合金が金型内で熔融状態にある時間が主としてきまり又後の冷却速度が決定されるわけであるから加圧力、注湯温度と関連

して適当な金型温度を選ばないと充分な加圧力と良好な冷却状態を得ることが出来ない。予熱温度が高すぎると漏洩が甚だしく、低すぎると凝固が早くて充分な加圧が困難である。著者等の実験では予熱温度としてはアルミ合金の場合 $550\sim 650^{\circ}\text{C}$ の可成りの高温が必要であつた。これは使用した加圧装置の加圧速度が低い為でもあつて、加圧速度を大きくすれば予熱温度をもつと低くすることが出来ると考えられる。このように金型の予熱温度が可成り高く、その熱容量も大きいので加圧鑄造後の冷却速度は通常の金型鑄造の場合にくらべて甚だ遅い。この点は結果の判断の上に注意を要すると思はれる。図-2は一例として 640°C に予熱した金型に Al-Cu 合金 (Cu6.2%) を 690°C で注入した場合の冷却速度曲線を示す。図はピストンを圧入しない場合のものであつて圧入した場合はピストンによる冷却効果によつて冷却速度は初期に於てこれよりも可成り早くなるものと考えられる。

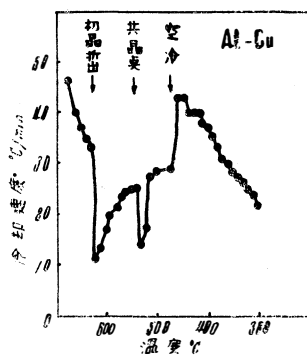


図-2

Ⅲ 試料の凝固状態

本装置では熔湯の漏洩、低速加圧等の原因で試料の均一度には可成り問題があり、鑄造案件の影響を多分に受ける。殊にこの傾向は凝固範囲の広い合金の場合に於て甚だしいと考へられる。一例として本装置で加圧鑄造した Al-Cu 合金のマクロ組織、ミクロ組織、硬度分布及び Cu の偏析状態を写真-2~5、図-3に示す。鑄造条件は表-1の如くである。之等の



写真-2

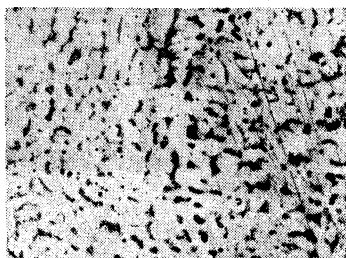


写真-3

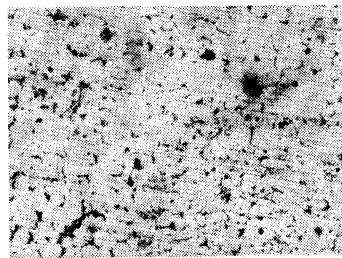


写真-4

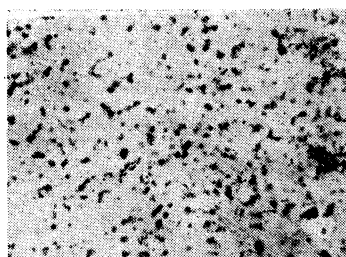


写真-5

使用合金	Al-Cu 合金 (Cu6.2%)
最高加熱温度	710°C
鑄造温度	690°C
金型温度	650°C
鑄造圧力	8.2ton (2,600kg/cm ²)

表-1

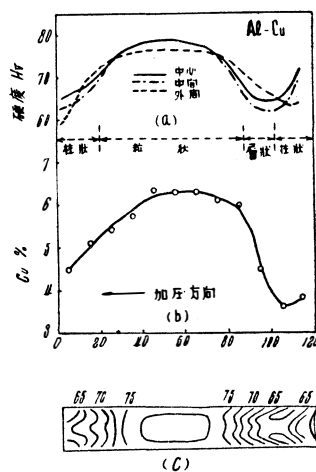


図-3

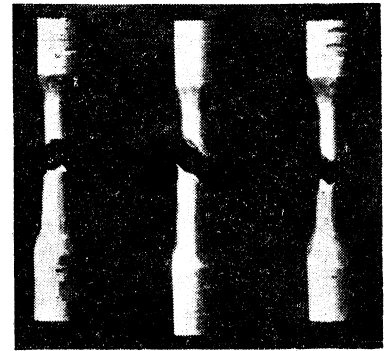
結果からも明らかなように試料の両端は漏洩による流動効果を受けて均一度が可成り低下していることがわかる。金型底部ではマクロ的には柱状組織、ミクロ的には通常の dendritic な鑄造組織(写

真—3)を呈しており、Cu %は端部に向つて様な減少を示している。結論的に云えば之等の部分は加圧の初期に漏洩による流動効果を受けて Cu 濃度の高い融液を漏洩しながら加圧速度が小さい為に比較的低い圧力下で凝固したものと考えられる。ピストンに近い試料上部は全様に漏洩による流動組織と Cu %の減少を示しているが、前者とやや異なる所はマクロ的には小範囲の甚しい層状組織を呈し且 Cu の減少の急激な点である。之等の部分は可成の高圧下で且凝固の直前に流動を受けたと考えられ、而も流動の終期には一種の押出類似の熱間加工効果を受けた事がこの部分のマイクロ組織が写真—5に示す如く熱間加工材に近いことからうかがえるのである。猶試料最上部の柱状組織はピストンの冷却効果によるものである。試料の中央部分はマクロ的には均一な粒状組織を示し硬度分布も極く外周を除いては略均一であり、Cu %も鑄造成分に略近い値を示している。之等の部分は加圧による流動効果や熱間加工効果を殆んど受けず大体 静水圧に近い高圧下で凝固したものと考えられる。金型内に於ける流動状態は図—3 (c) の硬度分布からも明瞭にうかがえる。表—2, 写真—6 は之等の三つの部分の引張試験結果及び試片の破断状態を示したもので両者の間に可成の相違が認められる。両端の流動部分の抗張力及び伸びの値は前述の凝固状態から見て普通なものであ

試料	位置	マクロ組織	Cu%	抗張力 kg/mm ²	伸 %
A	上部	層状	4.1	12.25	9.5
B	中央部	粒状	6.3	16.17	33.0
C	下部	柱状	5.2	8.67	14.0

表—2

るが、中央部分は冷却速度が低いにもかかわらず可成の強度を示し、且異常に大きな伸びを示している。このような異常性は写真—4に示すこの部分のマイクロ組織にも認められるのである。このような特質は何れも静水加圧の与える効果の一



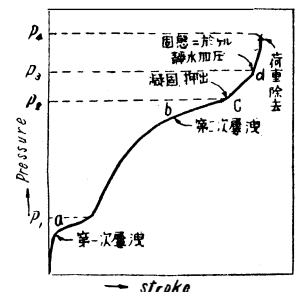
A 写真—6 B C

端を示すものに他ならない。この部分の靱性の著しい事は写真—6の破断状態からも明瞭にうかがえる。

何れにしても以上の例からも明らかなようにこのような加圧装置では試料の両端に於て漏洩による不均一部分の生ずることは或程度止むを得ないものと思はれる。しかしながらその不均一の程度並びに範囲は鑄造条件の如何によつて可成異ってくる。金型底部の不均一部分は主として初期漏洩と低速加圧に原因するものであるから、初期漏洩を最小限に止め且加圧速度を大きくすることによつて充分小範囲に止める事が可能である。上部の不均一部分は装置の構造上(圧力測定点からも)防止はやや困難であるが、この部分は前述の凝固状態からも当然考えられるようにその範囲は比較的狭いので實際上あまり害はない。之等の点に注意を払えば本装置の如き簡単なものによつても可成均一度の高い加圧鑄造材を得ることが出来ると考えられる。

Ⅳ 鑄造圧力について

鑄造圧力の測定は本装置ではピストンにかかる全荷重を測定している。しかし之等の内には摩擦その他も含まれるわけであるからこの全荷重の内どれだけが熔湯の凝固の際の静荷重として働いたかは大きな問題である。加圧鑄造の際のピストンの全荷重とストロークとの関係を模型的に示すと図—4の如くなり、曲線はいくつかの転移点を示す。a点は金型の底部及び上部ピストン間隙(主として底部)からの初期漏洩の為に起る水平部分であつて P_1 はその漏洩圧である。漏洩



図—4

した熔湯が凝固して自己気密の働を示すと荷重は急激に上昇するが b 点に至ると主としてピストン間隙から第二次の漏洩が起り曲線は第二の水平部分を示す。 P_2 はこの場合の漏洩圧である。次に第二次漏洩が停止する即ち熔湯が略凝固を終ると cd 間で試料上部に一種の押出現象が起り、d 点で摩擦その他の抵抗の増加の為に固態に於ける静水加圧状態になる。之等の変化はⅢ項で述べた試料の凝固状態とよく対応している。このような加圧状態から総合して考えると均一な粒状組織を示す中央部分の凝固の際の真の荷重としてはこの第二次漏洩圧 P_2 が最も近い値であると考えることが出来る。しかし厳密にはこの見掛けの均一部分が必ずしも全部が P_2 なる圧力下で凝固したわけではない事は図一 4 から見ても当然であるが、之等の正確な圧力分布は本装置では測定困難であるので、不満足ではあるが P_2 をもって一応鑄造圧力と定義した。鑄造圧力測定の不完全さは本装置の重大な欠点と考えられるので今後之等の点を改善したいと考えている。

Ⅴ 結 語

高圧鑄造材は普通鑄造材に比較して種々の材質的特徴を持っているが之等の特質の内容並びに圧力がそれに寄与する機構については従来殆んど検討されていない。著者等は之等の点について種々検討を行つているがこの種の実験に於ては高温高圧という操作の性格上得られた結果が加圧の操作及び装置の如何によつて著しく左右されることが多いと考えられる。かかる観点から本報では著者等の使用した加圧装置の概要について報告した。猶費用の一部は文部省科学研究費によつた。記して感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 近藤；日本金属学会誌 5 (昭16) 237
- 2) 前出 1)
Portevin「軽合金の鑄造に関する仏国に於ける研究」
- 3) G. Welter；Z. Metallk. 23 (1931) 255
K Wellinger, K. Göhning & G. Stähli；Z. Metallk. 41 (1950) 105
- 4) 著者；日本金属学会誌 17 (1953) 255
著者；本誌 2 (昭25) 15
著者；本誌 4 (昭28) 127
- 5) 前出 4)
- 6) 著者；日本金属学会東京大会講演 (1953年 4月)

工 学 部 紀 要 第 6 卷

正 誤 表

頁	行	誤	正
目次	6行目	参 炭 層	滲 炭 層
2 頁	3 行 目	$\Phi = \frac{d\phi}{dt}$ としつゝ回路	$\Phi = \frac{d\phi}{dt}$ とし，回路
4 頁	5 行 目	2. 実 験 装 置 及 賢 測	2. 実 験 装 置 及 観 測
6 頁	14 行 目	$\alpha = \beta$	$\alpha = 0$
23 頁	10 行 目	第五章……線路伝学特性	第五章……線路伝送特性
24 頁	文 献 (4)	Boostr	Booster
36 頁	12 行 目	0一及びの次に挿入	挿入する語句 m —ニトロトルエン，
46 頁	3行目英文表題	Solusion	Solution
81 頁	15 行 目	鑄 造 案 件	鑄 造 条 件
85 頁	下から2行目	$\int v dt -$	$\int v dt =$
89 頁	一番下の行	名 古 屋 高 校	名 古 屋 高 工
136頁	16行目	$90-\phi-27.5^{\circ}$	$90-\phi-23.5^{\circ}$
英文目次	18行目	Anhydrons	Anhydrous
"	21行目	Saponin Solusion	Saponin Solution