ダイカストマシンの自動給湯装置の改良

太田 信之* 川中 洋一*

Improvement of Automatic Pouring Device in Die-casting Machine

Nobuyuki OHTA, Hirokazu KAWANAKA

In the automatic pouring apparatus of die-casting machine, the molten aluminium alloy is automatically delivered to the cold chamber, in order to accelerate a casting cycle. Recently, the various types of automatic pouring system, such as mechanical and pneumatic, are introduced into die-casting industry. The speed of mechanical type is slow. On the other hand, that of the pneumatic type is quick, but molten metal amount delivered to the cold chamber is greatly changed at each castings. In an automatic pouring apparatus by pneumatic device invented by the authors, the work is quick and the constant amount of molten metal is accurately delivered to the cold chamber. In this report, it is shown by the experiment that the authors' automatic pouring device is characterized by above mentioned merits.

1. 緒 言

コールドチャンバ・ダイカストマシンにおいては、湯は保温炉から機械のコールドチャンバへ手動によって供給される。これでは鋳造速度を早めることもできないし、また大形ダイカストマシンでは不便が多い。そこで最近コールドチャンバ・ダイカストマシンで、自動給湯が行なわれるようになった。自動給湯装置に機構式のものがあるが、これでは鋳造速度を早めることができない。また空気圧を利用して、湯を供給するものがあるが、これによると、鋳造速度を早めることができるが、ただコールドチャンバに供給される湯の量にばらつきが多い。本研究においては、空気圧による自動給湯装置に改良を加えて、この自動給湯装置に理論的に検討を行ない、実験により、給湯量にばらつきの少ないことを確かめている。

2. 新形自動給湯装置^{1) 2)}

従来わが国および諸外国で、空気圧による自動給湯装置がいろいろ発明工夫されているが³⁾、いずれも欠点が

ある。特に鋳造ごとにコールドチャンバに供給される湯の量にばらつきの多いことである。そこで著者は、給湯量のばらつきを少なくするために、つぎに説明する二つの自動給湯装置を発明した。

図1 A形自動給湯装置

* 正会員 東洋大学工学部

2.1 A形自動給湯装置

図1に、A形自動給湯装置を示している。図面において、1はポットで、この中でアルミニウム合金を溶解する。2は自動給湯容器で、湯の中に浸されている。容器2の下面に小穴5があって、この小穴を通じて、ポット1の湯は容器2に出入できる。容器2はパイプ4を下端に連絡され、このパイプ4はダイカストマシンのコールドチャンバ9に導かれているから、容器2内の湯は、パイプ4を通じて、コールドチャンバ9に供給されることことができる。6は切換え弁で、容器2に連結したパイプ19を、コンプレッサによる高圧源18'、あるいは大気圧にそれぞれ切換えることができる。

いま切換え弁6によって、パイプ19を大気18に通じると、ポット1内の湯は容器2に流入して、容器2は湯で充満され、自動給湯の準備ができる。つぎに切換え弁6によって、パイプ19を高圧源18'に連通すると、高圧の空気は容器2に流入し、容器2内の湯の一部は、パイプ4を通じて、コールドチャンバ9に供給されるとともに、湯の他部は小穴5を通じてポット1に戻る。また切換え弁6によってパイプ19を大気18に切換えと、容器2は再び湯で充満され、つぎの給湯の準備ができる。したがって弁6の切換えを、ダイカストマシンの鑄造サイクルに合わせて、コールドチャンバ・ダイカストマシンの自動給湯を行なうことができる。この場合に、容器2の容積を一定とすれば、コールドチャンバ9に供給される湯の体積とポットに戻る湯の体積の比は、大体一定と認められるから、コールドチャンバに湯をばらつき少なく供給できる。また容器2内に給湯量調節円筒10を出入して、容器2の容積を変えることにより、コールドチャンバ9に供給する湯の量を変えることができる。

A形自動給湯装置は湯をばらつき少なく供給することができるが、つぎのような欠点が考えられる。その1は、容器2、調節円筒10などが湯に腐食されないように、鋳鉄、セラミックなどで作り、カオリン、酸化チタンなどのコーティングを施すが、容器2、調節円筒10などは、高温の湯で取り囲まれているから、湯によって腐食され、湯が汚れる恐れがある。他の欠点をあげると、鑄造作業終了後に、容器2などを湯の中に入れたままにしておくと、湯が凝固するに伴い、容器は大きな力を受け、破損する心配がある。それ故に、鑄造作業終了後には、容器2その他を、ポット内の湯の液面上に持ち上げておかなければならない。

2.2 B形自動給湯装置

図2に、B形自動給湯装置を示している。これは自動給湯の原理においては、A形と全く同じである。これが

図2 B形自動給湯装置

図3 自動給湯の原理

A形と違う点は、B形では自動給湯容器2がポットの外で、湯の液面下にあることである。弁22を閉じ、弁21、23を開いて、切換え弁6によって、パイプ19を大気18に通じると、ポット1内の湯は容器2に流入して、これを充満する。つぎに弁6を切換えて、パイプ19を高圧源18'に連結すると、容器2内の湯の一部はパイプを通じて、コールドチャンバ9に供給され、他の部分はポット1に戻る。以下これを繰返す。鑄造作業終了後には、弁21を閉じて、切換え弁6によって、パイプ19を高圧源18'に連通すると、容器2内の湯はすべてポット1に戻る。そこで弁23を閉じる。弁21、22を開いて、一切の湯を外部的に取り出す。

B形では、容器2その他が湯によって腐食されないし、湯が汚れることも少なく、また鑄造作業の終了後に、容器2その他を、湯の液面上に持ち上げる必要がない。しかし容器2はポットの外にあって、湯によって取り囲まれていないから、容器2などが冷却して、中の湯が凝固する恐れがあるから、容器2を外から加熱する

図4 自動給水実験装置

必要を生ずる。

3. 理論的考察

コンプレッサによる高圧源の圧力を p とすれば、自動給湯容器内の湯の液面に p の圧力が働く。図3において、自動給湯容器の下面にある小穴の上側には、 $p + \gamma(x + h_4)$ の圧力が働き、またその下側には $\gamma(h_2 + h_4)$ の圧力が働く。ただし γ は湯の比重である。したがって小穴における圧力差は $p - \gamma(h_2 - x)$ であるから、小穴からポットへ流出する湯の速度 v_1 はつぎようになる。すなわち

$$v_1 = c_1 \sqrt{\frac{2g\{p - \gamma(h_2 - x)\}}{\gamma}} \quad (1)$$

またパイプの下端に働く圧力は $p + \gamma(x - h_3)$ であるから、パイプを通る湯の速度 v_2 はつぎようになる。

$$v_2 = c_2 \sqrt{\frac{2g\{p - \gamma(h_3 - x)\}}{\gamma}} \quad (2)$$

ただし(1)式の c_1 、(2)式の c_2 は常数である。また小穴の面積を a_1 、パイプの面積を a_2 とする。自動給湯容器のパイプの入り口より上の容積を Q とし、自動給湯容器内の湯 Q のうち、コールドチャンバに給湯される湯の体積を Q_c とし、ポットに戻る湯の体積を Q_r とすれば、当然 $Q_c + Q_r = Q$ である。液面より下でパイプ内にある湯の体積を Q_p とすれば、 Q_p は大体一定である。このときコールドチャンバに給湯される湯の体積は $Q_c + Q_p$ である。 Q_p は小さいから無視し、給湯時間を t_k とすれば Q_c はつぎようになる。

$$Q_c = \int_0^{t_k} a_2 v_2 dt \quad (3)$$

いま自動給湯容器の断面積を A とすれば、

$$-A dx = a_1 v_1 dt + a_2 v_2 dt$$

したがって

$$dt = \frac{-A}{a_1 v_1 + a_2 v_2} dx \quad (4)$$

図5 自動給水容器

(3), (4)式から、

$$Q_c = -A \int_{h_1}^0 \frac{dx}{\frac{a_1 v_1}{a_2 v_2} + 1} \quad (5)$$

(5)式は積分できるが、非常に複雑となるから、これにより数値計算を行ない、 Q_c がほぼ一定となることを確かめることは実用的でない。そこで概略の見当をつけるために、任意の瞬間におけるポットに戻る湯の体積 $a_1 v_1 dt$ とコールドチャンバに供給される湯の体積 $a_2 v_2 dt$ の比 R を考えてみることにする。

$$R = \frac{a_1 v_1 dt}{a_2 v_2 dt} = \frac{a_1 c_1 \sqrt{p + \gamma(x - h_2)}}{a_2 c_2 \sqrt{p + \gamma(x - h_3)}} \quad (6)$$

(6)式において、 a_1 、 a_2 、 c_1 、 c_2 、および h_3 は一定である。 R が常に一定であることが望ましいが、 p および h_2 は変化する。現場で圧力源の多少の変化は免れない。しかし p は分母、分子ともに入っているから、 p は大して影響ないものと予測される。鑄造ごとにポット内の湯は減少するから、 h_2 が変化する。 h_2 の変化は p を大きくすることにより、その影響を減少することができる。しかしいずれにしても、正確なことはわからないから実験を試みることにする。

4. 自動給湯の実験

溶融アルミニウムを実験に使用すると、実験が非常に困難になる。しかし溶融アルミニウムの粘性係数は水のそれと似たものであるから、この実験では一切水を使用することにする。

4.1 実験装置

図4に実験装置の概略を示している。コンプレッサによって発生した 5 kg/cm^2 の空気を、減圧弁によって、0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.2 atm の空気を得る。これを自動給水容器に送り、この中の水をパイプを通じて外

自動給水容器の容積 $Q=1610\text{CC}$, 給水パイプの内径 $=9.7\text{mm}$ 小穴の直径 $=9.7\text{mm}$

図6 水位および圧力が給水量に及ぼす影響

自動給水容器の容積 $Q=856\text{CC}$, 給水パイプの内径 $=9.7\text{mm}$ 小穴の直径 $=9.7\text{mm}$

図7 水位および圧力が給水量に及ぼす影響

部に排出し、この水を容器に受けて重量を測定し、給水体積を求める。給水量を変えるために、自動給水容器内の台上に円筒ブロックをおいて、その容積を変える。自動給水容器の詳細を図5に示している。図面に示すように、自動給水容器の下面の小穴はブシュに設けられており、また給水パイプはブシュによって取り付けられているからブシュを取り換えることにより、小穴の面積 a_1 およびパイプの面積 a_2 を変えることができる。なおこの実験ではブシュに設けた小穴の内径は 9.7mm と 13.0mm である。自動給水容器に給水量調節円筒ブロックを入れない場合でこの容器の給水パイプ上の容積 Q は 1610CC である。いま給水パイプの内径を 9.7mm とすれば、給水前にパイプ内にある水の体積 Q_p は水位 H (図4参照)とともに変わる。 $H=250\text{mm}$ のとき $Q_p=55\text{CC}$, $H=300\text{mm}$ のとき $Q_p=60\text{CC}$, $H=350\text{mm}$ のとき $Q_p=65\text{CC}$, $H=390\text{mm}$ のとき $H=69\text{CC}$ である。

4. 2 実験結果

4.2.1 給湯量 Q_c のばらつき

図6に、水位 H (図4参照) および圧力 p を変えた場合の給水量 Q_c を示している。圧力 p が小さいときには、小穴からポットに返る水の量 Q_r が少なくなつて、 Q_c が多くなっている。つぎに圧力源の変動を考えてみることにする。水位 $H=300\text{mm}$ において、圧力源が 1atm 変

給水パイプの内径 $=13.0\text{mm}$, 自動給水容器の容積 $Q=1610\text{CC}$, 小穴の直径 $=9.7\text{mm}$

図8 水位および圧力が給水量に及ぼす影響

図9 給水量と圧力の関係

水位 $H=300\text{mm}$, 自動給水容器の容積 $Q=1610\text{CC}$, 給水パイプの内径 $=9.7\text{mm}$, 小穴の直径 $=9.7\text{mm}$

図10 Q_r/Q_c と圧力の関係

水位 $H=300\text{mm}$, 自動給水容器の容積 $Q=1610\text{CC}$, 給水パイプの内径 $=9.7\text{mm}$, 小穴の直径 $=9.7\text{mm}$

化して、給水量約 730CC について 60CC 程度ばらつきがある。しかし圧力源にこのような大きな変動は考えられないから、圧力源の変動が給水量に及ぼす影響は無視してよい。また水位 H が給水量 Q_c に及ぼす影響を考えてみることにする。この影響は p が大きいほど小さく、 p が小さいほど大きい。 $p=0.2\text{atm}$ のときには、給水量 760CC で、水位 250mm と 390mm の違いで、給水量の違いは約 40CC 程度である。 $p=1.2\text{atm}$ のときには、同じ水位の違いで、給水量の違いは、 700CC について 20CC 以下である。湯の場合には、圧力は液面の高さに湯の比重 γ を

表1 給水時間 t_1

水位 圧力 p (atm)	給水時間 t_1 (s)			
	$H=250\text{mm}$	$H=300\text{mm}$	$H=350\text{mm}$	$H=390\text{mm}$
1.0	1.1	1.2	1.1	1.2
0.8	1.2	1.3	1.3	1.4
0.5	1.5	1.6	1.7	1.9
0.3	2.2	2.2	2.2	2.3
0.2	2.8	2.9	2.8	2.9

自動給水容器の容積 $Q=1610\text{cc}$

給水パイプの内径=9.7mm 小穴の内径=9.7mm

かけたものであるから、湯の液面の高さ H の影響は図6より大きくなる。しかしいずれにしても湯の液面の高さ H の変動による給湯量のばらつきは、それほど大きくない。図7では自動給水容器内に給水量調節円筒ブロックを入れて、 Q を小さくしている。当然給水量 Q_c は一般的に少なくなっている。その他の傾向は図6と同じである。図8では、図6の場合よりも給水パイプの内径を大きくとり、13.0mmとしている。この場合には、ポットに戻る水の体積 Q_r が少なくなり、給水量 Q_c が大きくなっている。図9には、給水量 Q_c と圧力 p の関係を、図10には Q_r/Q_c と圧力 p の関係を示している。これらの図面から、圧力 p の高くなるほど、 Q_c が小さくなり、 Q_r が大きくなることがわかる。

現在ダイカスト工業界では、自動給湯装置で、給油量のばらつきは5%以下にとどまることが希望されている。本研究の方式によれば、圧力源の変動に少し注意し、また保温炉への給湯に注意して、湯の液面の高さの変動を少なくするように心がければ、給湯量のばらつきを5%以下に保つことは、それほど困難でない。

2.2.2 給湯時間 t_1

コールドチャンバへ湯を供給し始めてから終るまでの時間 t_1 は、湯の冷却を考えると早い方がよい。しかしあまり早すぎて、湯がコールドチャンバで飛散するものもよくない。水について給水時間を求めて表1に示している。ただしこの場合の給水量は700~780ccである。表1において、水位 H は給水時間 t_1 にほとんど影響していないが、 H が大きいほど、 t_1 がながくなる傾向が認められる。圧力 p が高いほど、給水時間 t_1 は短くなる。パイプの面積 a_2 が大きいときも、また給水量 Q_c が少ないときも、給水時間 t_1 は短くなる。しかし表1は水について求めたもので、湯の場合について考える必要がある。水の場合のパイプ内の速度 $v_2=c_2\sqrt{2gp}$ である。湯の場合には、湯の比重を γ とすれば、 $v_2=c_2\sqrt{\frac{2gp}{\gamma}}$ であるから、湯の場合には、水の場合よりもパイプ内の速度が遅

給水パイプの内径=9.7mm, 小穴の直径=9.7mm
図11 自動給水容器の容積および水位がその容器を水で充満する時間 t_2 に及ぼす影響

くなる。したがって湯の場合には、給水時間 t_1 は表1のものに $\sqrt{\gamma}$ をかけたただけながくなる。

4.2.3 自動給湯容器を湯で充満する時間 t_2

湯で自動給湯容器を充満する時間 t_2 は鋳造サイクルと密接な関係があって、鋳造サイクルを早めるためには、 t_2 を短くしなければならない。コールドチャンバに湯を供給し終ってからつぎの給湯までに、自動給湯容器は湯で満されていなければならない。図11に、水を充満する湯合について、 t_2 に容器の容積 Q および水位 H の及ぼす影響を示している。 t_2 は水位 H の高いほど短く、また Q の大きいほど長くなる。図11は水の場合であるから、湯の場合についても考える必要がある。水の場合において、自動給水容器の下面の小穴の上側と下側の圧力差を水柱の高さ h とすれば、小穴を通る水の水速 $v_1=c_1\sqrt{2gh}$ となる。湯の場合には、湯の比重を γ とすれば、圧力差は γh となる。したがって小穴を通る湯の水速 $v_1=c_1\sqrt{\frac{2g\gamma h}{\gamma}}=c_1\sqrt{2gh}$ となる。湯の場合には、小穴を通

る湯の速度は、水の場合と同じであるから、湯の場合の t_2 は図11と同じである。 t_2 を短くするためには、小穴の面積 a_1 を大きくするとか、または湯の液面に空気圧をかけることが必要である。

5. 結 言

以上のことを要約すると、つぎようになる。

- (1) 給湯量のばらつきを5%以下にとどめることは、本研究の自動給湯装置により、困難になし遂げることができる。
- (2) 給湯量のばらつきを少なくするためには、圧力源の圧力変動をなるべく小さくすることが必要である。
- (3) 給湯量のばらつきを少なくするためには、ポットの湯の液面の高さの変動をなるべく小さくすることが必要である。
- (4) 圧力源の圧力が高くなると、ポットに返る湯の量が多くなるために給湯量が少なくなる。
- (5) ポットの湯の液面の高さの変動が、給湯量のばらつきに及ぼす影響を少なくするためには、圧力源の圧力

を高くする必要がある。

- (6) 圧力源の圧力を高くしたり、またパイプの内径を大きくすると、給湯時間は短くなる。
- (7) ポットの湯の液面の高さは、給湯時間にはほとんど影響ない。
- (8) ポットの湯の液面を高くしたり、小穴の内径を大きくすると、自動給湯容器に湯を充満する時間が短くなる。

終りに東洋大学工学部機械工学科4年生桜井伸一(松田製作所)、村越 久(三井物産株式会社)の両君は本研究の実験を担当し、熱心に研究されたので、ここに感謝の辞を捧げる。

(1967, 3月9日受付)

文 献

- 1) 昭和41年特許出願第047191号.
- 2) 昭和42年特許出願第003867号.
- 3) ダイカスト技術便覧, 日刊工業新聞社(1965)420.

情 報

(27頁よりつづき)

下に属している。次に研究者に関しては、日本の研究者数114,839人は、アメリカの474,900人に次いで高く、国際的にみても非常に高い数値となっている。また、人口10,000人あたりの研究者数をみると、アメリカの25人、スウェーデンの22人に次いでわが国は12人となっており、フランス、ドイツが6~7人であることを考えた場合かなり高い数値となっている。

研究機関別(企業、政府、非営利機関、高等教育機関)の研究活動をみると、まず資金源別では、企業部門の研究費の自己負担割合にかなりの差異がみられ、日本の98.6%を最高に、イタリーの98.3%、オランダ92.7%、ドイツ90.1%等が続いており、大部分の国は80~90%の間にある。しかし、アメリカの43.1%、イギリスの59.1%、フランスの60.9%にみるごとく、一般に先進工業国における政府負担割合は増大の傾向にあるといえよう。

また、使用額の割合では、特に各国によって大きい差異は認められず、一般に民間企業部門の研究費使用額は全体の60%となっている。したがって、日本の使用額割

合64.6%は、国際的には平均値に近いものと思われる。研究開発従業者については、わが国の研究者数が非常に多いことは既に述べたとおりであるが、研究者1人あたり補助者ら人数についてみると反対に非常に低い値となり、全部門の平均1.5人はフランスの3.1人、ドイツの4.6人と比べてもその $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ となっている。また、部門別では、オランダの民間企業、ドイツの民間企業の各部門がそれぞれ7.3人、6.3人非常に高い値となっている(アメリカ、イギリスは資料欠除)。したがって、日本は国際的にみた場合、研究者の人数が多いのに反して補助者らの人数が少なく、研究活動が大規模化、総合化するにつれて、人材関係では補助部門の拡充が今後の大きな課題になってくるものと思われる。

大形機械の国際的技術水準

発電機とか建設機械といった大形機械の技術水準は国際的にみてどの程度の水準にあるかという調査が、このほど大阪科学技術センタの技術水準調査委員会(委員長=神戸大学教授湯浅光朝)でまとまった。この調査は、科学技術庁の委託(41年度)によって昨秋から実施(55頁へつづく)