最近のダイカストの傾向

Recent Trend in Production Techniques of Die Castings

鋳物の中では生産性の伸びが大きく成長性の高いダイカストについて、製造工程順に最近の動向を紹介する。

金子 昌雄*

Masao Kaneko

1. ダイカストの製造工程は「金型設計製作→合金溶解→ダイカスト鑄造→バリ取り→後処理」である。

ダイカストの標記製造工程のうちで、金型製作、バリ取り、後処理は外注で処理して、自社で行わない場合も多い。金型の外注比率は金型数で64%である。あとの36%は自工場と子会社で製造している。バリ取りの外注比率は金額ベースで63%、社内が37%と奇しくも金型の比率とほとんど同じ外注比率になっている。

後処理の中身は、ひずみ取り、安定化処理、機械加工、含浸処理、表面処理が含まれるが、外注比率は相当に高い。表面処理は企業数比率で95%以上が外注と思われる。

以上のようにダイカストの溶解鑄造の前後は外注に頼ることの方が多いが、ダイカスト会社で総て行なう比較規模の大きい企業もかなりあるので、一般にはダイカスト工程と言うと標題に示したようになっている。

2. ダイカストに使用される合金系は Al-Cu-Si 合金と Zn-4 Al 合金がそれぞれの生産量の9割を占める。

アルミニウム合金ダイカストの生産に使われる合金はに表1示す6種類の合金がJISに規定されている。昭和51年に調査した結果では、合金別の生産量比率でわかるように、Al-Cu-Si系合金のADC10, 12が合計93%を占めている。この合金は生産者にとっては最も鑄造性の優れた合金として喜ばれ、使用者にとっても強度・切削性がよく、多くの用途に大量に使用されている。ただしこの合金は二次合金（再生合金のこと）が使われることも加わって、他の合金の方が耐食性の点では優れている。

亜鉛合金ダイカストはZn-4%Al合金と、Zn-4%Al-1%CuがJIS H 5301に規定されている。何れも0.04%のMgを粒間腐食防止のために添加している。我が国では銅を含まないZDC2が90%使用されている。亜鉛合

* 社団法人 日本ダイカスト協会 技術部部長
〒105 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内
☎03 (434) 1885

* JAPAN DIE CASTING Association
Kikaishinko-Bldg., 5-8 Shibakoen 3-chome, Minato-ku Tokyo 105

表1 ダイカスト合金種類別 生産量比率
(昭和51年)

合金種類		年間生産重量t/年(比率%)
アルミニウム合金ダイカスト	ADC 1	347 (0.5)
	ADC 3	3,452 (5.2)
	ADC 5	76 (0.1)
	ADC 6	199 (0.3)
	ADC 10	14,946 (22.4)
	ADC 12	47,089 (70.6)
	その他	593 (0.9)
合 計		66,702 (100.0)
亜鉛合金ダイカスト	ZDC 1	2,386 (10.1)
	ZDC 2	21,133 (89.5)
	その他	86 (0.4)
合 計		23,605 (100.0)
マグネシウム合金ダイカスト	MDC 1A	135 (41.5)
	MDC 1B	26 (8.0)
	その他	164 (50.5)
合 計		325 (100.0)
銅合金ダイカスト	黄銅	110 (88.7)
	その他	14 (11.3)
	合 計	124 (100.0)

は機械的性質も優れ、最良の鋳造性を有するため、平滑な鋳肌、薄肉、高い寸法精度が得られる。また靱性が大きいため製品の一部を変形させて行なう成形やかしめなどの他の部品との結合法が極めて良く適用できる。各種の表面処理が容易に施せることも大きい特徴である。このように数多くの特性や特徴に優れた点が多い亜鉛ダイカストも、たった一つ比重が6.6であるために、最大の用途である自動車業界の軽量化推進競争のためにプラスチックやアルミの攻勢に遭って苦境に立たされている。

アルミニウムおよび亜鉛合金ダイカストのように使用量が増大してくると、ダイカスト業界では合金の寡占化が進んでくる。マグネシウム合金および銅合金においては生産量が少く、特にマグネシウムは自動車などの用途

に最も適した合金を模索しており、なお流動的であるため JIS 規格以外のその他の合金が多く使用されている。

非鉄合金鋳物などで多種類の合金規格があつて、比較的万遍なく使われている状態と比べると、ダイカストは、かつて13種類あつたアルミダイカスト合金は統合・廃止が行なわれて現在6種類に過ぎない。もっとも近年はその傾向も頭打ちの状態にある。ダイカスト鋳物を1個製造するためのショットサイクルタイムC(sec/shot)をダイカストマシンの型締力L(ton)の関数として表すと、平均的には実測値の統計から導いた次の式で計算することができる。

$$\text{アルミダイカスト (コールドチャンバ)} \quad C_A = \sqrt{6 \cdot L} \quad \cdots(1)$$

$$\text{亜鉛ダイカスト (ホットチャンバ)} \quad C_Z = \sqrt{2 \cdot L} \quad \cdots(2)$$

亜鉛ダイカストの150トンマシンの場合を例にとると、ショットサイクルは17秒である。稼動状態を月20日間、1日7時間とすると、月間生産約3万個となる。従つてこの程度の数量が確保されなければ、特別な合金のダイカストの生産は極めて困難である。

ダイカストの表面処理を研究しようとする場合、ここで述べた事は重要である。特別な合金を用いなければならない表面処理は相当な障害を覚悟する必要がある。その反対に、90%以上を占めるAl-Cu-Si系合金に適用できる表面処理は待望されている。

3. ダイカストは鑄造圧力が高いので 金型キャビティの形状はダイカストの表面に良く転写される。

かつて亜鉛ダイカストは全面を#250エメリーで研磨し、そのあと全面にバフを掛けてめっきを施すものとされていた。#250エメリーで研磨した亜鉛ダイカストの表面粗さは、

Rmax 2.0~3.0 μ m であるが、湯じわなどのない鑄肌はこれよりも良いものもあることが判明した。昭和45年頃日本ダイカスト協会であめっきのバフ研磨に代る方法を研究した際のことである。この研究の中で、金型キャビティ面（ダイカスト製品の形状を構成する金型の影込部の内面）およびそれにより造られたダイカストの鑄肌の両方を測定した。その結果を表2に示す。キャビティ1は通常金型のみがきよりもややあらい方である。この結果は金型より鑄肌の方が20%程あらさが小さくなることを示している。キャビティ2は特別に研磨して鏡面仕上げしたもので、一般のみがきの3倍の工数がかかっている。この方は金型キャビティ面より鑄肌の表面あらさは小さくなった測定値はなく、概ね両者は一致している。この鑄肌は全く手を加えずにめっきを直接施した結果、バフ研磨したものに十分匹敵する外観のめっきが得られた。

ダイカストの鑄造圧力は、通常、亜鉛ダイカストで100~300kgf/cm²、アルミダイカストで300~1000kgf/cm²という高压である。その上キャビティ面には、金型鑄造などのような塗型剤は使用しないので、他の鑄造法に比し最も忠実にキャビティ面の状態を転写することができる。

金型を何万回も繰返し使用していると熱疲労によるヒートチェックや割れ、高速で流れる溶湯による損耗が生じ、それらも忠実にコピーされることになる。鑄造温度の高い銅合

表2 亜鉛ダイカストの金型キャビティ面、および、鑄肌の表面あらさ

		単位 Rmax μ m	
測定対象	キャビティ面	亜鉛ダイカストの鑄肌	
金型	測定値	測定値	平均値
キャビティ1	0.9	0.7, 0.7, 0.8, 0.7	0.73
キャビティ2	0.1	0.15, 0.1, 0.1, 0.2	0.14

金、アルミ合金は金型の劣化がはげしい。この対策の一つとして金型キャビティ面に最初に表面処理を行なうことがあり、液体窒化、炭化物被覆処理法などは有効であるが、ガス窒化は余り効果が認められていない。

4. アルミはコールドチャンバマシンが、亜鉛にはホットチャンバマシンが使用され、後者の方が生産性が高い。

ダイカストマシンは、プレス機械のように金型の開閉を上下に行なう縦型マシンは極く少く、一般に型の開閉を横方向に行なうものが大部分になってきた。金型の開閉を行なう所を型締機構と言い、ダイカストマシンの大きさは型締め力の数で表示される。現在、ダイカストマシンは日本では5 t から3300 t迄が使われている。

金型は一方はマシンの固定盤に取り付けられて動かさず、もう一方は可動盤に取り付けて開閉させるので、前者を固定型、後者を可動型と言う。固定型には固定盤と共に鑄造を行なうための穴があけてあり、そこに射出機構が連結される。射出力は型締力の $1/10 \sim 1/30$ の力である。

射出機構には射出する一定量の溶湯を入れるシリンダーがあるが、これが溶湯中につかっているものをホットチャンバ、つかっていないで別に取り付けられているものをコールドチャンバと称する。前者の方は溶湯が金型に入る迄凝固することがなくあらゆる点で優れているが、アルミや銅などではそれらに耐えられる材料がないため、コールドチャンバマシンが使われるマシンのショットサイクルについては、式(1)、(2)を示したが、これによると、ホットチャンバマシンはコールドチャンバマシンのサイクルタイムの $1/\sqrt{3} \approx 0.6$ 倍になっている。

また同じサイクルタイムのマシンの大きさは3倍の違いがある。例えばアルミの150tと亜鉛のホットチャンバの450tは同様のショットサイクルで働く。

ダイカストの場合は、ダイカストマシンの大きさによって生産量が平均的には計算ができる。機械生産性の方程式を次に掲げておく。

なお機械生産性P (kgf/h) はダイカストマシン1台が1時間に生産するダイカストの重量をkgで表したもので、F (ton) はマシンの型締力の大きさである。

$$\text{アルミダイカスト} \quad P_A = 0.1F + 4 \cdots (3)$$

$$\text{亜鉛ダイカスト} \quad P_Z = 0.12F + 20 \cdots (4)$$

なお式(3), (4)も式(1), (2)と同じく、実測値の統計から導いた式である。

5. 巣のないダイカストを目指す, 低速充てん法・真空ダイカスト法・アキュラッド法・PFダイカスト法。

ダイカストは溶湯が金型に噴流状態で入るため、原理的に鑄巣のうちのブローホールの

発生は避けられない。表3にダイカスト製品の検査項目を示したが、鑄巣が問題となるのは、気密検査と内部欠陥検査で合計20%程度の点数割合となる。従って残りの80%は余り巣が問題にならない製品と考えてよい。

ダイカストから巣を完全になくすことは極めて難しい。ダイカスト技術で何々法と称するのは概ね巣をなくすか、それに関連した技術である。ダイカストのブローホールは半分が空気で、残りの半分は離型剤から生じるガスである。従って離型剤の種類の選定やスプレー量の減少は良い対策の一つである。

真空ダイカスト法には色々な方式があるが、現在日本国内で使用されているのは金型にフードなどは付けず、分割面上部から管を真空タンクに接続して抜気しつつ鑄造するという簡単な方式が採用され、巣を減少させ、湯回りを良くするのに有効である。現在十数社において採用されている。

低速充てん法は戦前から一部企業では行なわれており、熱処理迄やった例があるが、測定装置もなく経験的に行なわれていた。1967年東洋工業の広田らは低速充てんの条件を湯

表3 ダイカスト製品の検査実施状況

(昭和52年)

検査項目	アルミニウム合金		亜鉛合金	
	製品点数(点)	比率(%)	製品点数(点)	比率(%)
生産している製品	5,521	100.0	3,897	100.0
鑄放し品の外観検査	5,235	94.8	2,752	70.6
寸法検査	3,934	71.3	2,598	66.7
重量検査	468	8.5	74	1.9
析出検査	476	8.6	340	8.7
強度検査	348	6.3	215	5.5
気密検査	414	7.5	430	11.0
表面処理品の外観検査	594	10.8	900	23.1
表面処理品のその他の検査	76	1.4	670	17.2
内部欠陥検査	623	11.3	400	10.3
加熱試験	71	1.3	140	3.6
その他	6	0.1	—	—

口速度1.0～1.6 m/s, 充てん時間0.3～0.6secに設定するのがよいことを発表した。なお湯口断面積は従来の4倍である。この方法で铸造したダイカスト製品は550℃のT 6処理に耐えるということである。

アキラッド法は1966年、米国のGM社が開発した低速充てんを更に発展させた巢をなくすダイカスト法で、次の4項目から成る。

- (1) 湯口は10倍に拡大する。
- (2) プランジャ速度を $1/10$ にする。
- (3) 金型の熱解析を行ない、指向性凝固させる。
- (4) 2段プランジャで充てん後、押湯を行なう。

この方法通りの铸造は現在殆んど行なわれていないが、(1)～(4)の一部を採用している所がある。

PFダイカスト法は酸素ふん囲気ダイカスト法のことである。キャビティ内に酸素を満たしておき、アルミと化合させて気体を消滅させてしまおうというものである。この項の冒頭に述べたように離型剤からのガスはならないので、ガスを生じない離型剤を使用する。この方法は日本軽金属と米国ILZROの特許があって、我が国では10社程が契約し年間数千トンの生産を行なっている。PFダイカストの製品はガス含有量がアルミ100g当り0.3～0.7ccと極めて少いため、T 6、T 7の熱処理の他、溶接も可能だということである。なお100gのアルミ合金の容積は37ccであるが、普通ダイカストのガス含有量は10～50cc/Al 100g程度である。

6. ダイカストの铸肌の99%は铸造で仕上げられるが、1%のバリ断面の仕上げに20%のコストがかかる。

ダイカストのバリ取り費用は、ダイカストの素材売上高に対し、約20%（アルミ19%、亜鉛22.6%）という高い比率を占めている。

最小値は0.3%であるが、最高値は実に86%であった。また铸造作業員の人数を100とすると、バリ取り作業員は実に214（社内54、外先注160）と2倍以上に達する。これでは全く本業がバリ取りだと言っても過言でない気がするが、こうなった原因はダイカストマシンの省力化、自動化は進んで人員の削減に成功して来たが、バリ取りは旧態依然とした人力作業に頼らざるを得ないためである。バリ取り作業の省力化、自動化はダイカスト業界の重要課題である。

7. 亜鉛ダイカストの65%は電気めっきが施され、アルミダイカストの60%は塗装して使われる。

ダイカストの完成品の表面処理について調査した結果を表4に示した。アルミダイカストは塗装がずば抜けて多い以外は、めっき、陽極酸化、化成処理、表面研磨が3～4%あるだけで4点に1点は表面処理なしである。亜鉛ダイカストはめっきに次いで塗装が多く、それ以外は僅かである。表面処理なしは亜鉛でも意外に多く、5点の内1点はそうである。

8. ダイカストは20年間に10倍という高度成長を遂げてきた。アルミダイカストは今後も有望である。

アルミダイカストの73%、亜鉛ダイカストの51%が自動車向けである。従って需要業界の中でも、特に自動車業界の動向にダイカストは支配される。2項でも述べたように亜鉛は自動車の軽量化のために横ばい傾向が続いている。日用品などの新しい用途を開拓して行く必要があろう。

アルミダイカストは自動車エンジンの各種部品に更に多く採用されて行くことは明らかである。それを支援するためには機械的性質、信頼性などの向上を含めた強力なアルミダイカストの開発が期待される。また耐摩耗

表4 ダイカストの完成品の表面処理

(昭和52年)

合金別 表面処理	アルミニウム合金		亜鉛合金	
	製品点数(点)	比率(%)	製品点数(点)	比率(%)
生産している製品の点数	1,489	100.0	1,856	100.0
電気めっきするもの	52	3.5	893	48.1
電気めっき・塗装併用のもの	0	0	315	17.0
塗装するもの	875	58.8	146	7.9
陽極酸化処理するもの	51	3.4	2	0.1
化成処理するもの	58	3.9	54	2.9
表面研摩処理するもの	61	4.1	70	3.8
表面処理しないもの	392	26.3	376	20.2

性合金の開発も用途を拡大させる。更に Al-Cu-Si 合金に適用できるクロムめっき、陽極酸化処理はアルミダイカストを飛躍的に増大させる可能性がある。ダイカストの素地の問題も含めて表面処理技術の開発が待望されている。

◇ ◇ ◇
御通読頂いたことを感謝致します。
本稿またはダイカストに関し不明の点があれば御遠慮なく筆者迄お問合せ下さい。

叩 * 4,000台突破 *
めっき厚の品質管理に!!

金めっきまで測れます。

● **電解式めっき
厚さ測定器**

株式会社 **中央製作所**

本社・工場
営業所

NEW MODEL

(カタログ進呈)
名古屋市瑞穂区内浜町2丁目75番地
〒467 ☎ <052> 821-6111(大代表)
東京 <03> 432-1571
大阪 <06> 762-1901
福岡 <092> 522-1785
新潟 <02563> 4-8394