

技術資料

ZAM製モーターケースにおけるめっきかす発生防止技術

中村 尚文* 山本 雄大** 佐々木 宏和*** 西尾 克秀****

Technology to Prevent the Generation of Plating Flakes in a Motor Case Made of ZAM

Naofumi Nakamura, Yudai Yamamoto, Hirokazu Sasaki, Katsuhide Nishio

Synopsis:

In processing a motor case made of ZAM, we studied ways to achieve high inner diameter precision and prevent the generation of plating flakes, from a process standpoint. The results are as follows:

- (1) An almost uniform ironing rate can be obtained throughout the cup sidewall of the bearing housing part, in the case of restriking using a tapered die profile based on the thickness distribution of the bearing housing part prior to the restriking process. There is also a wide range of proper ironing rates compatible with preventing the generation of plating flakes and ensuring high inner diameter precision.
- (2) By setting the proper ironing rate and size of radius Rd_7 (including a gradual reduction in radius) in consideration of the targeted inner diameter dimension value, it is possible to prevent inconvenience and ensure inner diameter precision at the same time.

1. 緒言

溶融Zn-6% Al-3% Mg合金めっき鋼板（以下、ZAMと記す）は優れた耐食性を有する^{1, 2)}ことから、プレハブ住宅の構造材をはじめ道路資材や農業用資材など種々の用途に使用されている。さらに自動車や家電用途分野においては、ユニクロめっき品やカチオン電着品の代替として、ZAMの採用が増加している。また最近では、ZAMの優れた加工性³⁾を利用して深絞り加工や難加工形状部品に採用され始めてきた。その代表的な例として車載用モーターケース⁴⁾が挙げられる。

図1に主な車載用モーターの使用部位例を示す。ガソリン車1台あたり約80個のモーターが使用されている。表1に示すように2020年には小型モーター全体の生産個数は減少するが、車載用モーターは市場規模が拡大すると予測される⁵⁾。

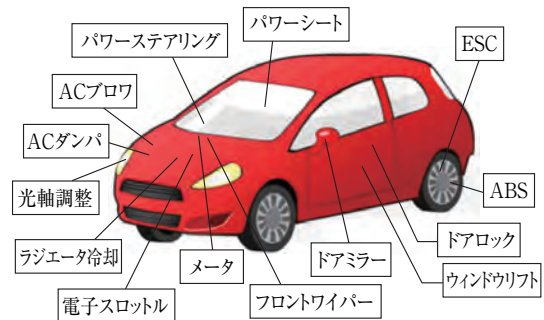


図1 主な車載用モーターの使用部位例
Fig. 1 Examples of the usages of motors in vehicle.

車載用モーターケースは融雪塩による塩害腐食環境における高い耐食性が要求される。また多段深絞り成形されることから高い加工性も要求される。これまで車載用モーターケースは冷延鋼板やEG（電気亜鉛めっき鋼板）、GI

*加工技術研究所 加工第三研究チーム サブリーダー
**加工技術研究所 加工第三研究チーム
***加工技術研究所 加工第三研究チーム 主任研究員
****加工技術研究所 加工第三研究チーム チームリーダー

表1 車載用モータの世界市場規模とモータケースの推定使用量
Table 1 Global market size of on-vehicle motor and the amount of estimate of motor case

		2014年 実績	2020年 予測
小型モータ	生産個数(億個/年)	110	104
車載用 モータ	生産個数(億個/年)	28	38
	モータケース推定使用量 ¹⁾ (T/Y)	504,000	684,000

1)モータケース推定使用量：180g/個とした場合の計算値

(溶融亜鉛めっき鋼板)を素材とし、加工後冷延鋼板には後めっき、めっき鋼板には後塗装が施されていた。これに対し優れた耐食性と高い加工性を有するZAMを用いれば、後めっきや後塗装が省略できることから、日系メーカーを中心に採用が増加している。その一方でめっき鋼板を使用する場合、加工時にめっきかすが発生する問題があった。

そこで本報では、ZAMモータケース加工におけるめっきかす防止技術を見出したので結果を報告する。

2. モータケース加工におけるめっきかすの発生状況および発生要因

表2に示すようにZAMはGIやEGに比べ平滑な表面かつ硬いめっき層を有するため、めっきかすが生じにくい

表2 各種Zn系めっき鋼板の皮膜の特徴
Table 2 Characteristics of various zinc coating of steel sheet

めっき種	硬さ	皮膜の特徴
GI, EG	60~70	めっき層が比較的柔らかく、工具面への凝着性あり
GA ¹⁾	280~300	めっき層が層状構造、縮み変形で微粉を生じやすい
ZAM	140~160	表面が滑らかで摺動性良好

1)GA：合金化溶融亜鉛めっき鋼板

傾向にある。しかしながら図2に示すようにモータケースのベアリングハウジング部においてめっきかすが発生する場合がある。一般にベアリングハウジング部は高速で回転する軸受け部品を保持する役目があり、がたつきが生じると騒音や振動の原因となるため、厳しい内径精度が求められる。そのためベアリングハウジング部は、金型隙間より加工前の板厚が厚いマイナスクリアランスでしごき加工されることから、めっきかすが発生しやすい。さらに金型のダイ肩半径が小さい場合、高面圧でめ

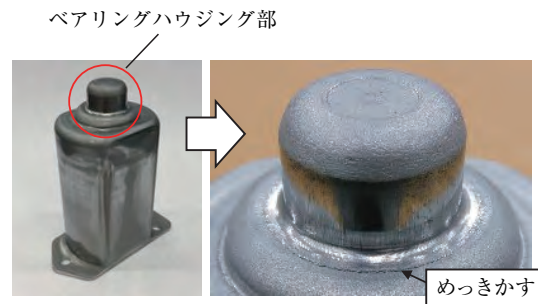


図2 ZAM製モータケースにおけるめっきかす発生事例
Fig. 2 A generation of plating flake example in the motor case made of ZAM.

っき鋼板が摺動されめっきかすの発生が促進される。

具体的な一例として図3に今回検討した模擬品の加工工程を示す。このうちベアリングハウジング部の成形は5, 6, 7工程で行われる。図4に5, 6, 7工程のベアリングハウジング部の形状変化を示す。5工程の天井絞り1ではベアリングハウジング部をドーム状に予備成形し、次工程の成形に必要なボリュームを確保する。5工程でのボリュームが大きすぎると6工程で板厚増加が顕著となり、7工程の天井リストライク(以下、リストライクと記す)工程でしごき過大となりめっきかすが発生しやすくなる。さらに、材料余りによる座屈も発生しやすくなり、内径精度低下の原因となる。逆に5工程でのボリュームが不足すると次工程以降で板厚減少が大きくなり、しごき加工ができず内径精度が確保できなくなる。

6工程の天井絞り2ではベアリングハウジング部の一次成形を行い、目標寸法に近い形状まで成形している。6工程のベアリングハウジング部の高さHや6工程のベアリングハウジングダイ肩半径 Rd_6 (以下 Rd_6 と記す)の大きさによって6工程のベアリングハウジング側壁部の板厚が変わるため、次工程である7工程のリストライク工程でのしごき率が変化する。

7工程のリストライク工程では、ベアリングハウジングダイ肩半径 Rd_7 (以下 Rd_7 と表す)が小さい場合、ベアリングハウジング側壁部が高い面圧で摺動するため、めっきかすが発生しやすい。

以上のことから、ZAMモータケース加工において、内径精度の確保とめっきかすの発生防止を両立する金型条件を検討した。

3. 実験方法

3.1 模擬金型および実験装置

前章の図3で述べたモータケースの模擬品の加工工程

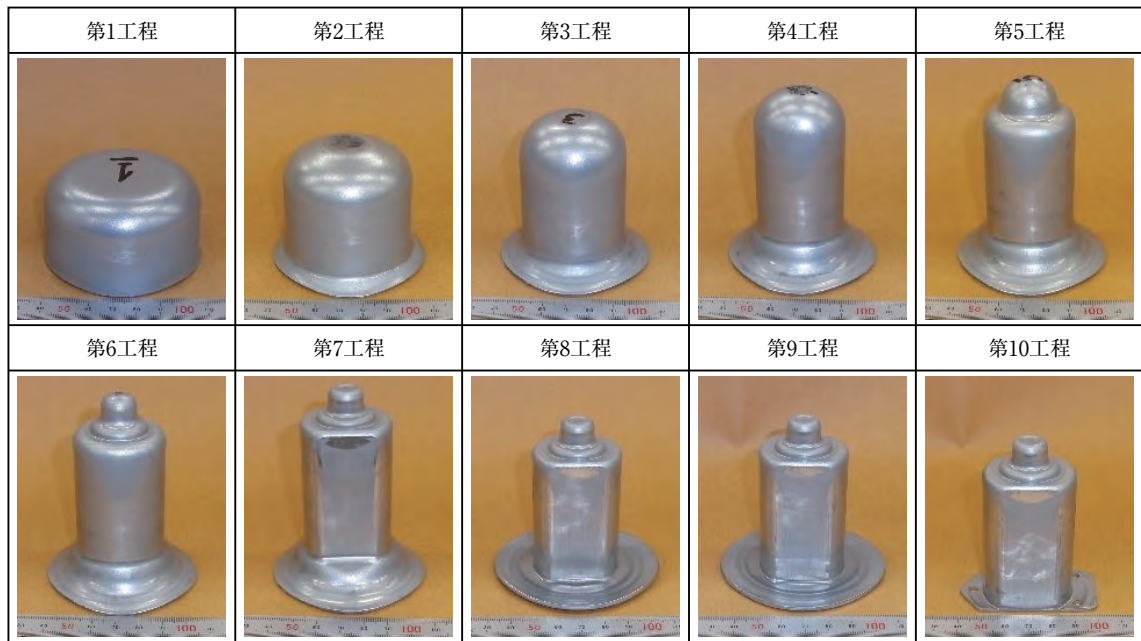


図3 模擬品の加工工程
Fig. 3 Forming processes of simulated product.

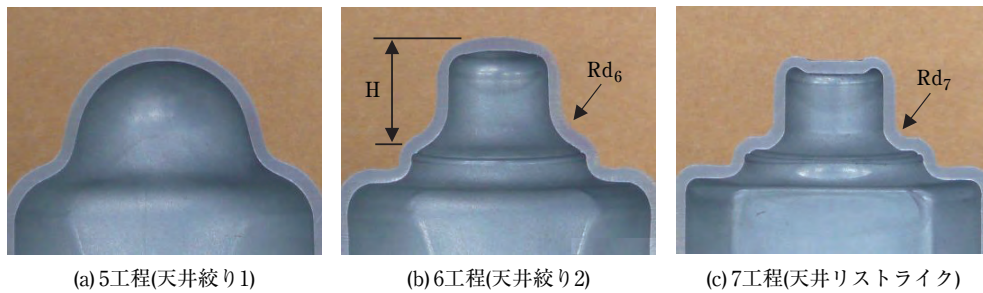


図4 ベアリングハウジング部の形状変化
Fig. 4 Shape change of bearing housing part.

は全10工程からなり6工程まで円筒状に絞り成形し、7工程で上部のベアリングハウジング部のリストライク加工によって内径精度を確保している。なお模擬金型は金型の諸条件を変更できる構造となっている。

図5に7工程のベアリングハウジング部の金型隙間の概略図を示す。ダイとパンチの金型隙間が一定の一般的なストレートダイと、今回新たに採用したRd₇付近の開口部が広がっているテーパダイの2種類を使用した。パンチ先端付近は両者とも金型隙間を1.26mmとした。

なお詳細は後述するが、テーパダイはベアリングハウジング部側壁全体のしごき率が一定となる形状としている。

実験にはアイダエンジニアリング(株)製の2,500kNトラ

ンスファープレス機を使用し、ストローク数20spmで加工した。

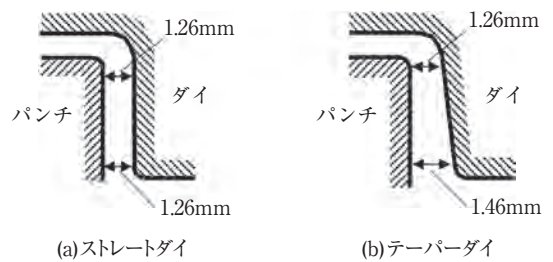


図5 各ダイにおける金型隙間の概略図(7工程)
Fig. 5 Sketch of the clearance in each die (7th step).

3.2 実験条件

表3に供試材に用いたZAMのめっき原板の化学成分を、表4にZAMの機械的性質を示す。めっき原板は板厚1.8mmの極低炭素鋼とし、めっき付着量は片面当り60g/m²、化成処理はモータケースに多用されている無機系クロムフリー処理(ZC処理)とした。

表3 供試材の化学成分 (mass%)

Table 3 Chemical composition of specimen

C	Si	Mn	P	S	Al	Ti
0.002	0.006	0.14	0.014	0.006	0.032	0.056

表4 供試材の機械的性質

Table 4 Mechanical properties of specimen

片面めっき付着量(g/m ²)	片側めっき厚(μm)	板厚(mm)	YP(MPa)	TS(MPa)	EL(%)	HV5
60	10	1.81	164	304	49	87

図6に金型条件の変更部の詳細を示す。めっきかすの発生に及ぼす金型条件の影響について調査を行うため、6工程のベアリングハウジング部の高さH、Rd₆、Rd₇と

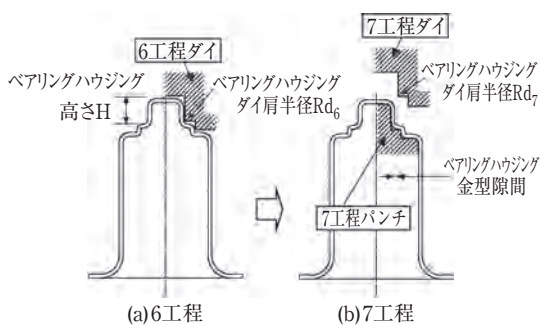


図6 金型条件の変更部

Fig. 6 Change Part of mold conditions.

ベアリングハウジング部の金型隙間を変化させた。

表5に示すように6工程のベアリングハウジング部高さH、Rd₆、Rd₇、7工程ベアリングハウジング部金型隙間を変化させて、めっきかす発生に及ぼす影響を調査した。なお最終形状となるRd₇は、板厚の0.25、0.5、1.0倍の3水準で検討した。プレス油は東京石油(株)製の鉱物油TP-20(粘度11~14mm²/s、塩素系添加物含有)を用いた。

表5 実験条件

Table 5 Conditions of examination

プレス機	2,500kNトランスファープレス
6工程ベアリングハウジング高さH	11, 12, 13mm
6工程ベアリングハウジングタイ肩半径Rd ₆	2, 4mm
7工程ベアリングハウジングタイ肩半径Rd ₇	0.45, 0.9, 1.8mm
7工程ベアリングハウジングの金型隙間	ストレートダイ: 1.26mm, テーパーダイ: 1.26 ~ 1.46mm
プレス油	粘度: 11 ~ 14mm ² /s (40℃) 製品名: TP-20 (東京石油(株)製)

太字は標準条件

3.3 めっきかすの評価方法

図7にめっきかすの評価基準を示す。めっきかすの発生程度はベアリングハウジング部をナイロン製ブラシで擦り、脱落しためっきかすの重量を電子天秤にて測定し、4段階評価とした。このうち、「○:めっきかす脱落なし」と評価された場合のみ、「めっきかすの発生を防止できた」と判断した。

4. 実験結果

4.1 めっきかす発生に及ぼすベアリングハウジング部リストライク前工程(6工程)の影響

評価	○	△	×	*
外観				
めっきかす脱落量	脱落なし	<0.01g	0.01~0.1g	0.1g<

図7 めっきかすの評価基準

Fig. 7 Evaluation criteria of plating flakes.

4.1.1 ベアリングハウジング高さHの影響

リストライク前工程である6工程のベアリングハウジング高さHの影響について調査した。図8に6工程におけるベアリングハウジング高さHとベアリングハウジング板厚分布および7工程時のしごき率の関係を示す。いずれの6工程ベアリングハウジング高さにおいてもRd₆部に近い測定位置6.5mmの板厚が最大となっている。参考として7工程における金型隙間をそれぞれ赤色と青色の破線で示しているが、赤のテーパダイは6工程ベアリングハウジング部の板厚分布に合わせた形状となっている。図の右側には各6工程ベアリングハウジング高さHにおけるストレートダイおよびテーパダイの最大しごき率を示しており、青の破線矢印がストレートダイにおける最大しごき率を、赤の実線矢印がテーパダイにおける最大しごき率である。なお、しごき率は6工程の板厚と7工程のダイ開口部金型隙間より算出した。

図9にRd₆=4mm, Rd₇=1.8mmにおける各6工程のベアリングハウジング高さHの断面形状と7工程ベアリングハウジング部におけるめっきかす発生状況を示す。なお、6工程断面形状の欄にベアリングハウジング部側壁部の最大板厚およびその位置を示している。6工程のベアリングハウジング高さHが高くなるにつれてベアリングハウジング側壁部の最大板厚が減少しており、7工程における最大しごき率が低下していることが分かる。ストレートダイでは、6工程のベアリングハウジング側壁部の最大板厚が薄く、しごき率が低いH=13mmでも、

リストライク加工時にわずかにめっきかすが発生した。一方、ダイ開口部の広いテーパダイではいずれの高さHにおいてもめっきかすの発生は認められなかった。

よってRd₆=4mm, Rd₇=1.8mmの条件下では、しごき率12%程度以上でめっきかすが発生すると考えられる。なお、テーパダイを用いて6工程ベアリングハウジング高さがH=13mmと高い場合、最大しごき率が-1.8%となり、しごき加工が行えず内径精度が目標値から外れていた。

図10に各ダイ形状における6工程ベアリングハウジング高さHと7工程ベアリングハウジング部の板厚分布の関係を示す。6工程の時点では図8に示すようにベアリングハウジング高さHによってベアリングハウジング部の板厚分布が異なっていたが、図10(a)に示すように7工程のストレートダイでリストライク加工後、6工程のベアリングハウジング高さHに関係なく、ほぼ同じ板厚分布となった。

これに対して図10(b)のテーパダイでリストライク加工した場合、6工程ベアリングハウジング高さH=11mm, 12mmがほぼ同様な板厚分布を示すのに対して、高さH=13mmはリストライク加工後の板厚が薄かった。これは図8に示すように6工程後のベアリングハウジング部の板厚が薄かったことに起因しており、しごき不足になったものとする。

このように、図8に示すような、6工程(リストライク加工の前工程)の時点でRdにあたる6.5mm位置が最も

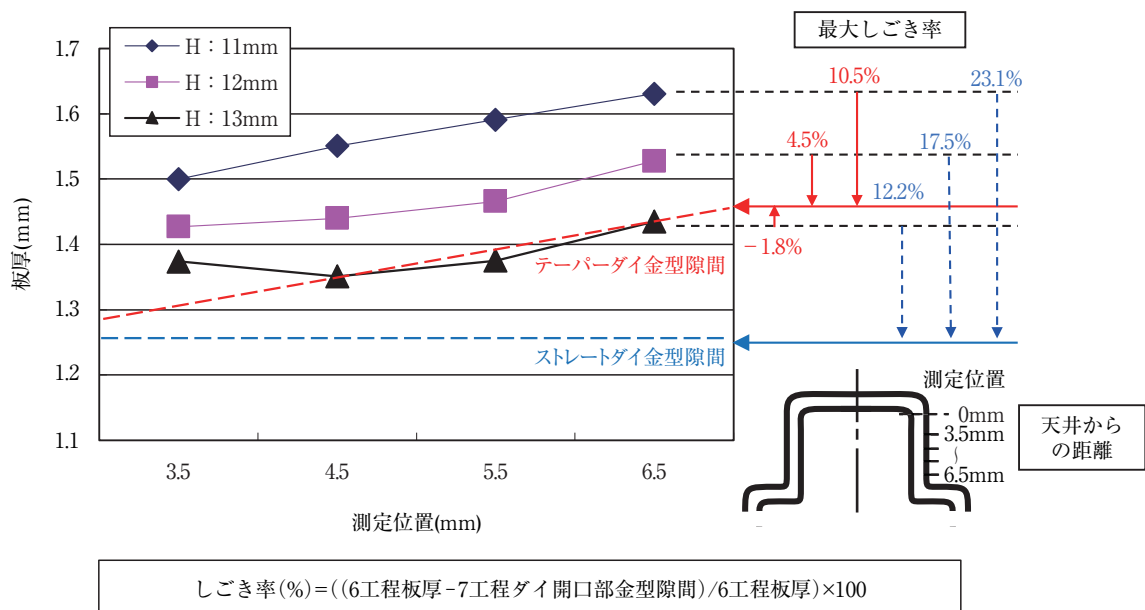


図8 6工程におけるベアリングハウジング部高さHと板厚分布および7工程時のしごき率の関係

Fig. 8 Relationship between height H of bearing housing part at 6th step and thickness distributions, and H and ironing rate at 7th step.

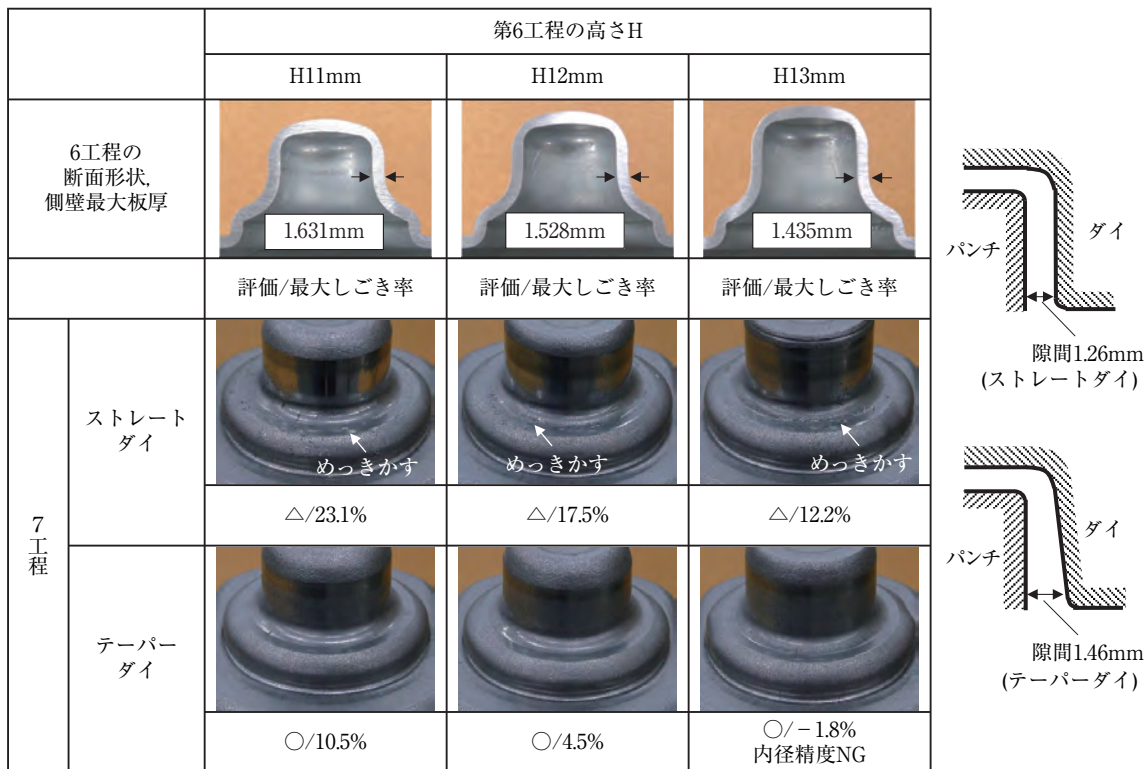


図9 各6工程ベアリングハウジング高さHの断面形状と7工程ベアリングハウジング部のめっきかす発生状況 (Rd₆:4mm, Rd₇:1.8mm)

Fig.9 Cross sectional shape of bearing housing part with various height at 6th step and the degree of generation of plating flakes at 7th step (Rd₆:4mm, Rd₇:1.8mm).

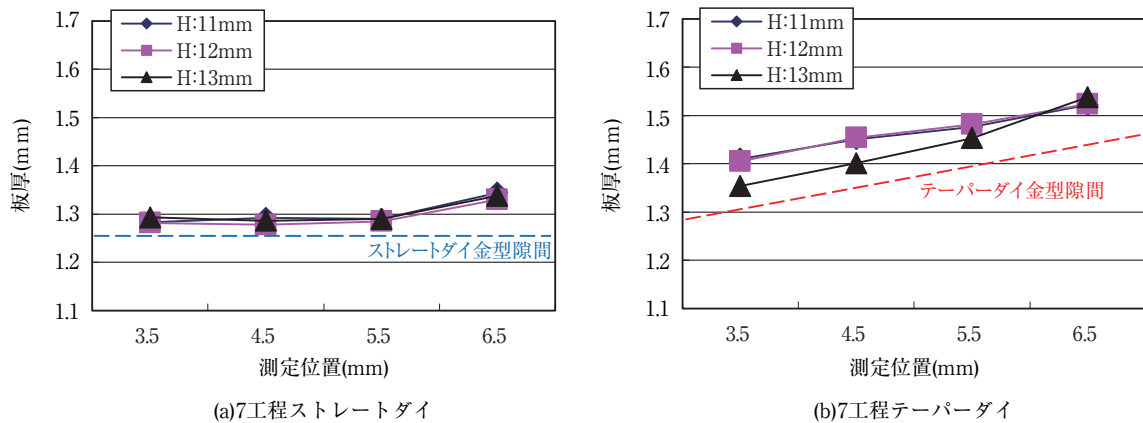


図10 各ダイ形状における6工程ベアリングハウジング高さHと7工程ベアリングハウジング部の板厚分布の関係
Fig.10 Relationship between height H of bearing housing part at 6th step and thickness distributions of bearing housing part at 7th step in each die profile.

厚い板厚分布を持つ場合、ストレートダイではそのRd付近のしごき率が大きくなった。逆に、内径精度が必要なパンチ先端付近(測定位置3.5mm)では板厚が薄く、しごき率が小さくなることが分かった。そのためRd付近ではめっきかすが発生しやすく、パンチ先端側ではしごき不足となって内径精度の低下が懸念される。

以上のことから、一般的に用いられるストレートダイはめっきかすの発生を抑え、かつ内径精度を満足する適正しごき率の範囲が狭いと考えられる。

一方、図10(b)に示すテーパダイはダイの金型隙間を6工程ベアリングハウジング部の板厚分布に合わせた形状としている。そのため、6工程のベアリングハウジ

ング側壁部全体にわたりほぼ均一なしごき率となり、めっきかすの発生を防止し、かつ内径精度を満足する適正しごき率の範囲が広がると考えられる。

4.1.2 ダイ肩半径Rd₆の影響

リストライク前工程である6工程のRd₆の影響について調査した。図11に各Rd₆と6工程ベアリングハウジング部の板厚分布および7工程時のしごき率の関係を示す。Rd₆=2mmではベアリングハウジング側壁部の最大板厚がテーパダイの開口部金型隙間よりも薄いため、7工程目でしごき加工が行えない。一方Rd₆=4mmでは最大板厚がストレートダイ、テーパダイともに開口部金型隙間よりも厚いため、しごき加工が可能である。

図12に各Rd₆の断面形状と7工程ベアリングハウジング部におけるめっきかす発生状況を示す。ダイ肩半径が比較的小さいRd₆=2mmの場合、6工程でのベアリングハウジング側壁部の最大板厚が薄くなるため、テーパダイではリストライク加工時のしごき加工が行えず、めっきかすは発生しなかった。Rd₆=4mmの場合、ストレートダイではRd付近のしごき過多によりめっきかすが発生した。

図13に各ダイ形状におけるRd₆と7工程ベアリングハウジング部の板厚分布の関係を示す。Rd₆=4mmのプロットで示すように本来しごき加工では、スプリングバックによって金型隙間(図中破線で表示)より板厚が若干厚くなるが、図13(b)に示すようにしごき加工が行えないRd₆=2mmで成形後、テーパダイでリストライク加工するとベアリングハウジング側壁部の板厚が金型隙間より薄くなっている。

以上の結果より、リストライク前工程である6工程の

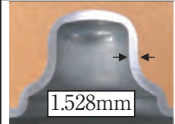
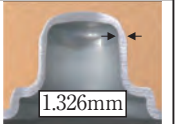




		第6工程のダイ肩半径	
		Rd ₆ :4mm	Rd ₆ :2mm
6工程の断面形状, 側壁最大板厚			
		評価/最大しごき率	評価/最大しごき率
7工程	ストレートダイ		
		△/17.5%	○/5.0%
7工程	テーパダイ		
		○/4.5%	○/-10.1% 内径精度NG

図12 各Rd₆の断面形状と7工程ベアリングハウジング部のめっきかす発生状況 (H:12mm, Rd₇:1.8mm)

Fig.12 Cross sectional shape of bearing housing part at 6th step with various Rd₆ and the degree of generation of plating flakes at 7th step (H:12mm, Rd₇:1.8mm).

ベアリングハウジング高さHおよびRd₆は、いずれも6工程ベアリングハウジング部の板厚に大きく影響することが分かった。この板厚が必要以上に厚く7工程目でしごき率12%程度以上になると次工程のリストライク加工時にめっきかすが発生する。逆に板厚が薄い場合、めっきかすは発生しないが、しごき加工不足となり内径精度が低下する。

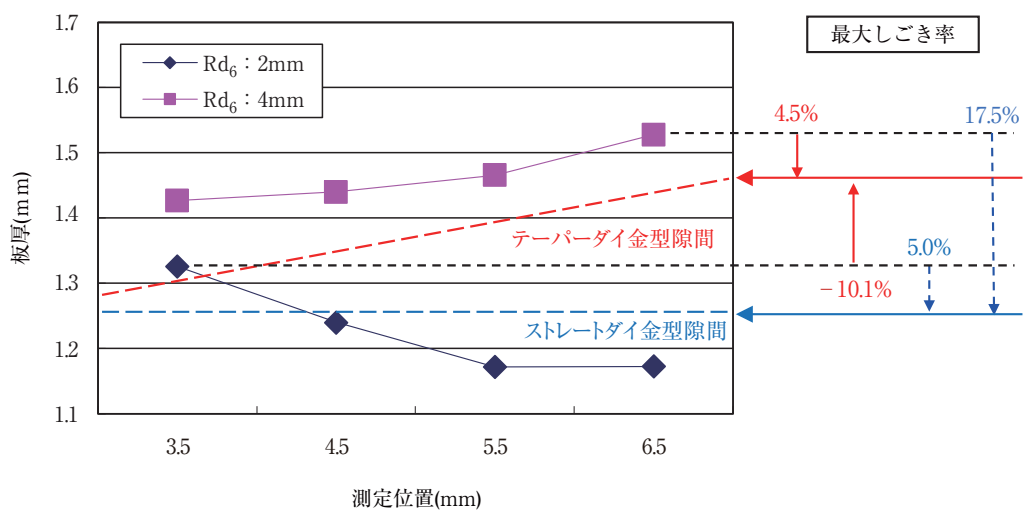


図11 各Rd₆と6工程ベアリングハウジング部の板厚分布および7工程時のしごき率の関係

Fig.11 Relationship between Rd₆ and thickness distributions of bearing housing part at 6th step, and Rd₆ and ironing rate at 7th step.

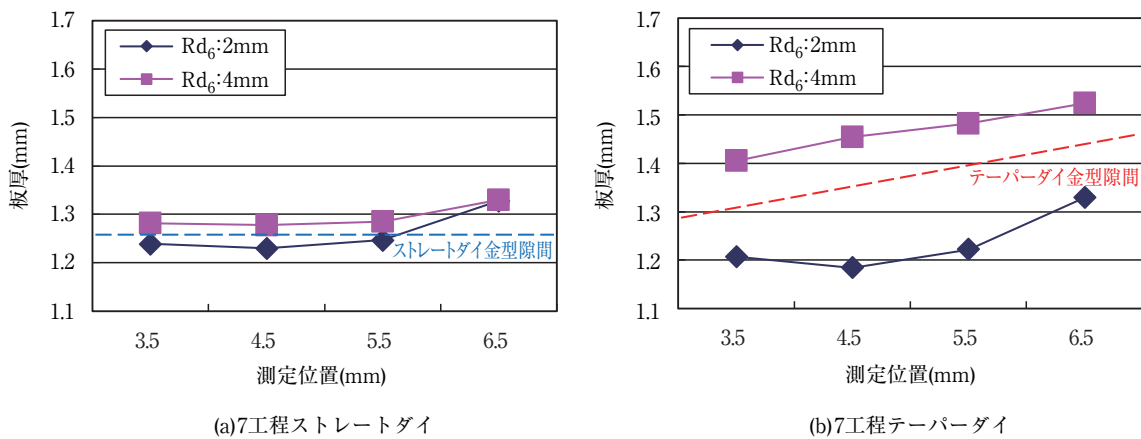


図13 各ダイ形状におけるRd₆と7工程ベアリングハウジング部の板厚分布の関係
 Fig.13 Relationship between Rd₆ and thickness distributions of bearing housing part at 7th step in each die profile.

4.2 めっきかす発生に及ぼすベアリングハウジング部
 リストライク工程（7工程）のRd₇の影響

次にベアリングハウジング部のリストライク加工を行う7工程のRd₇の影響について検討した。

図14に6工程の断面形状と7工程の各Rd₇におけるめっきかす発生状況を示す。ストレートダイ、テーパダイともにRd₇が小さいほどめっきかすが発生しやすかった。ただし、その傾向は、ダイ肩半径Rd付近のしごき率が17.5%と高いストレートダイの方が顕著であった。

図15に各ダイ形状における7工程後のベアリングハウジング部のめっき層の断面観察結果を示す。ダイ肩半径Rd₇が元板厚1.8mmの半分以下の0.45, 0.9mmの場合、銅素地が露出していた。またテーパダイにおいてもRd₇が0.45, 0.9mmの場合、しごき率を4.5%まで緩和しても図14に示すようにめっきかすが発生し、めっき層が薄くなった。

以下に、設計の都合上、元板厚の半分程度の小さなRd₇が必要な場合の改善手法を示す。

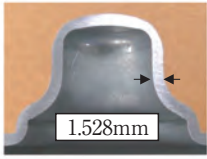






6工程の断面形状、側壁最大板厚				
	Rd ₇ :0.45mm	Rd ₇ :0.9mm	Rd ₇ :1.8mm	Rd ₇ :1.8 → Rd ₇ :0.9mm
	評価	評価	評価	評価
7工程 ストレートダイ 最大しごき率： 17.5%				△
	*	×	△	
7工程 テーパダイ 最大しごき率： 4.5%				○
	△	△	○	

図14 6工程形状と7工程の各Rd₇におけるめっきかす発生状況 (H:12mm, Rd₆:4mm)
 Fig.14 Cross sectional shape of bearing housing part at 6th step and the degree of generation of plating flakes at 7th step with various Rd₇ (H:12mm, Rd₆:4mm).

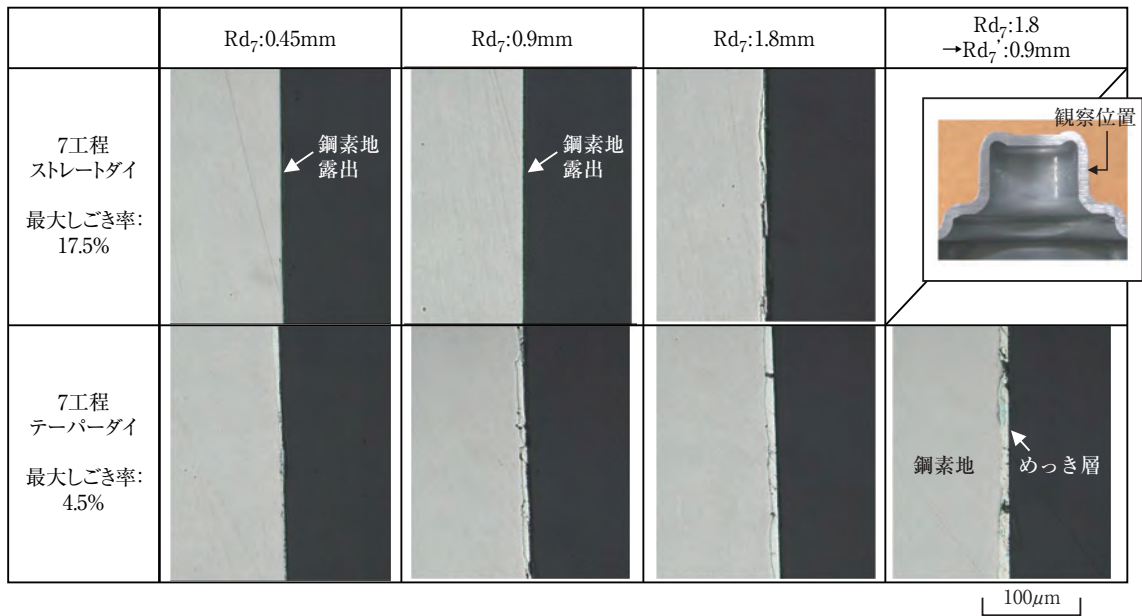


図15 各ダイ形状におけるベアリングハウジング部のめっき状態に及ぼすRd₇の影響 (H:12mm, Rd₆:4mm)
 Fig.15 Influence of Rd₇ on plating state at bearing housing part in each die profile (H:12mm, Rd₆:4mm).

まず、テーパダイのRd₇は元板厚程度の大きさ1.8mmに設定してリストライク加工し、次に目標とするRd₇'=0.9mmで再度リストライク加工することにより、めっきかすの発生を防止するものである。結果を図14、図15に示すが、リストライク工程を二回に分けてもめっきかすは発生しておらず、めっき層厚みもテーパダイ

のみ使用時のRd₇=1.8mmと同等であった。

図16に各ダイ形状におけるRd₇と7工程後のベアリングハウジング部の板厚分布の関係を示す。Rd₇の違いによらずしごき加工後のベアリングハウジング側壁部板厚はほぼ同じ値となり、いずれも金型隙間より若干厚い傾向を示していた。これはしごき加工が十分に行われてい

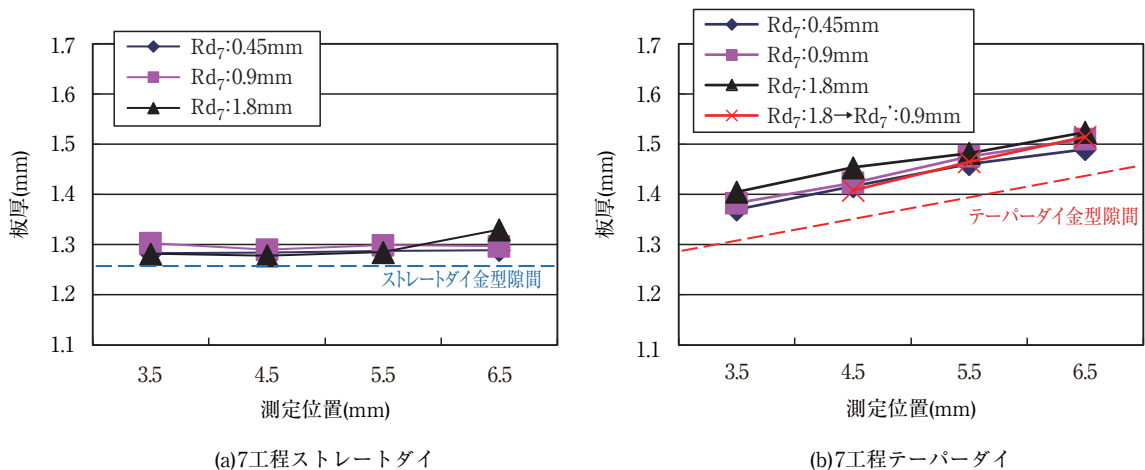


図16 各ダイ形状におけるRd₇と7工程ベアリングハウジング部の板厚分布の関係 (H:12mm, Rd₆:4mm)
 Fig.16 Relationship between Rd₇ and thickness distributions of bearing housing part at 7th step in each die profile (H:12mm, Rd₆:4mm).

ることを示唆している。

図17に7工程における各Rd₇の最大しごき率とベアリングハウジング部内径の関係を示す。加工条件aがストレートダイ、b～dがテーパダイの結果を示す。なお、本模擬品のベアリングハウジング部の内径目標値は12.02 (+0.02, -0) mmに設定した。6工程のベアリングハウジング側壁部を全体にわたってほぼ均一なしごき率となるテーパダイを用いれば、めっきかすが生じない加工条件bのしごき率が4.5%程度でも加工条件aの高いしごき率17.5%のストレートダイとほぼ同等の内径精度が得られた。加工条件c、dのようにリストライク加工時のしごき率が2.5%以下になるとしごき加工が不足して内径が大きくなり、内径目標値を満足できなかった。その傾向はパンチ先端(測定位置:3.5mm)側において顕著であった。

図18にめっきかす発生および内径精度に及ぼすRd₇としごき率の関係を示す。Rd₇が小さいほどめっきかすが発生するしごき率は小さくなる傾向にある。またしごき率が2.5%以下ではしごき加工不足となり、ベアリングハウジング部の内径精度を満足できない。例えばRd₇が元板厚と同じ1.8mmの場合、しごき率が12%以下でめっきかすの発生を防止できるが、Rd₇が元板厚の半分の0.9mmの場合、しごき率が4.5%以上でめっきかすの発生が懸念され、成形可能範囲がほとんどないことが分かる。ただし、前述したように、元板厚の半分以下のRd₇が必要な場合は、一旦大きなRd₇でリストライク加工後、次工程で再度最終製品と同じ小さなRd₇でリストライク

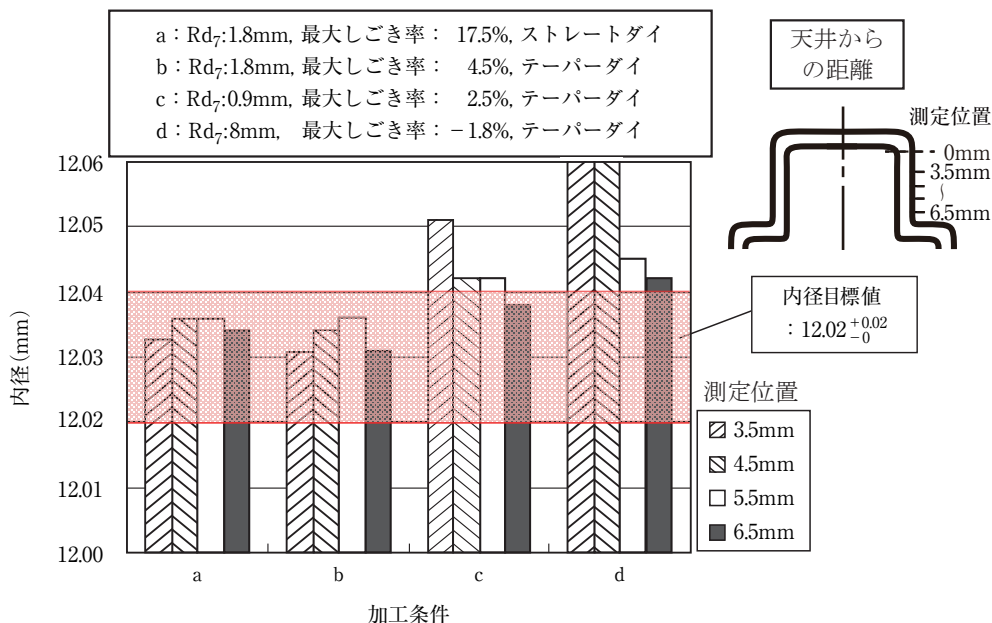


図17 各Rd₇のしごき率とベアリングハウジング部内径の関係
 Fig.17 Relationship between ironing rate and inner diameters of bearing housing part in each Rd₇.

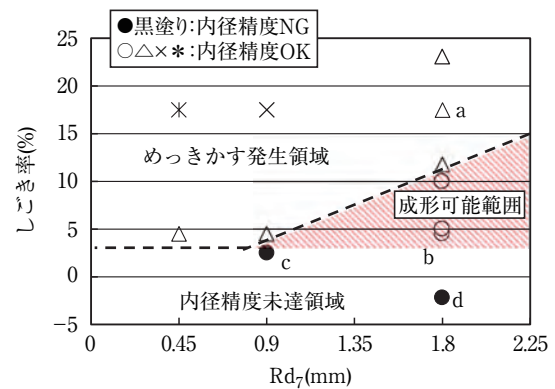


図18 めっきかす発生および内径精度に及ぼすRd₇としごき率の関係
 Fig.18 Relationship between Rd₇ and ironing rate on the plating flakes generation and inner diameter precision.

加工すればよい。

以上の結果から、めっきかすの発生を防止しつつ内径精度を確保するには、ターゲット製品のベアリングハウジング部の内径寸法目標値を考慮してリストライク工程のしごき率とRd₇の大きさ (Rd₇の段階的な小R化含む) を設定することが重要である。

5. 結 言

ZAMモータケース加工において、高い内径精度とめっきかすの発生防止を両立すべく加工面から検討した。得ら

れた結果は以下の通りである。

- (1) リストライク前のベアリングハウジング部の板厚分布に金型形状を合わせたテーパダイを用いた場合、ベアリングハウジング側壁部全体にわたりほぼ均一なしごき率が得られる。また、めっきかすの発生を防止し、かつ内径精度を満足する適正しごき率範囲が広い。
- (2) めっきかすの発生はリストライク工程におけるしごき率と Rd_7 の影響を大きく受け、内径精度はリストライク工程におけるしごき率の影響を受ける。
- (3) モータケースのベアリングハウジング部の内径寸法目標値を考慮して、リストライク工程のしごき率と Rd_7 の大きさ(Rd_7 の段階的な小R化含む)を設定することで、めっきかすの発生防止と内径精度の確保を両立できる。

参考文献

- 1) 小松厚志, 泉谷秀房, 辻村太佳夫, 安藤敦司: 日新製鋼技報, 81 (2001) 10.
- 2) 清水剛, 吉崎布貴男, 三吉泰史, 安藤敦司: 日新製鋼技報, 85 (2004) 11.
- 3) 中村尚文, 桜田康弘, 森川茂, 朝田博: 日新製鋼技報, 88 (2007) 36.
- 4) 中村尚文, 佐々木宏和, 黒部淳: 日新製鋼技報, 92 (2011) 29.
- 5) 精密小型モータ市場実態総調査2015, 大阪マーケティング本部編, 富士経済, 東京, (2015) 1.