PM アルミ合金の粉末鍛造

大槻 真人, 由利 浩一
川瀬 欣也, 河野 通

三菱マテリアル(株)中央研究所, 〒330 大宮市北袋町1-297.

Powder Forging Processing of Rapidly Solidified Aluminum Alloy Powders

Masato Otsuki, Koichi Yuri
Kinya Kawase and Tohru Kohno

Central Research Institute, Mitsubishi Materials Corp., 1-297 Kitabukuro-cho, Omiya 330.

Received June 21, 1994

Powder forging processing of rapidly solidified aluminum alloys has benefits of excellent material properties attained by rapid solidification process and of high production efficiency of PM parts. In this study, powder forged Al-Si and Al-Fe base alloys were prepared using double action forging press and the mechanical properties were examined. In this process, it is possible to conduct two steps of compaction and deformation of preforms in one shot. It was confirmed that the mechanical properties of Al-Fe base alloy powder forged by double action forging press has good mechanical properties as of the extrusion. The double action forging give good metallurgical bonding between powders by efficient dispersion of surface oxides even the amount of plastic deformation is relatively low.

1 緒 言

急冷凝固アルミ合金粉末材は軽量かつ各種機械的、物理的特性に優れ、種々の機械部品への適用が進められているが、この為の複雑形状部品への成形固化方法として、製造コストおよび材料特性の両面から粉末鍛造法が有望視されている¹⁻²⁾。粉末鍛造プロセスにより、原料粉末を最小限の熱履歴により成形固

化し、急冷凝固組織を維持しつつその優れた材料特性を引き出しながら、従来の焼結機械部品同様の高い生産性にて複雑形状部品を生産することが可能である。本プロセスに於いては粉末の急冷凝固組織を維持しながら、緻密化、粉末間の結合付与、製品形状の付与を行う為に、ワーク温度、加圧圧力、塑性変形量、変形モード等の適切な鍛造方案、条件の

Table 1²⁾ Mechanical properties of double forged and extruded Al-25Si-2.5Cu-1Mg-1Fe alloy powder.

Process	Hardness HRB	UTS MPa	YS MPa	Elong. %	F. S. ^{a)} MPa	S. S. ^{b)} J/cm2
Forging ^{c)}	87	461	372	1.0	259	3.5
Extrusion ^{d)}	85	451	421	0.8	221	4.1

a) : Fatigue Strength, Rotation bend, N=10⁷.

b) : Sharp impact strength .

c) : Reduction ratio=30% .

d) : Extrusion ratio=1 : 25.

Fig. 1 Sample preparation steps.

選定が必要となる。著者らは今までに種々の粉末鍛造法の検討を進めており、この中で予備成形体を熱間圧縮 (coining) し、強固なプリフォームを作製した後、これを熱間鍛造 (forging) することにより高い材料歩留で健全な複雑形状部品を製造することが可能な二段鍛造法を開発している²⁻³⁾。本手法で得られる Al-Si 系合金の材料特性の例を Table 1 に示す。Al-Si 系合金等の高温での変形抵抗が比較的小さい合金粉末では、鍛造温度、圧力を適切に選定することにより coining のみの一段鍛造でも健全な製品を得ることが可能となっている⁴⁾が、この場合複雑形状の付与は難しい。一方、Al-Fe系耐熱合金で代表される高温変形抵抗の大きい粉末に対しては十分な塑性変形を施さないと製品各部での健全な粉末間の結合が得られず、複数回の鍛造が必要となる³⁾。そこで本研究では急冷凝固アルミ合金粉末鍛造品の材料特性、形状付与性、生産性向上を目的として、Al-Si系耐摩耗合金およびAl-Fe系耐熱合金を対象に複動鍛造を用いた成形固化プロセスについて検討した結果を報告する。

2 試料および実験方法

実験方法としては Fig. 1 に示す様に、窒素ガスアトマイズ法にて作製した Al-25Si 系および Al-10Fe 系急冷凝固アルミ合金粉末を原料とし、室温金型成形によりプリフォームを作製

し、これをこれを450~500℃に予備加熱した後、二軸鍛造プレスを用いた熱間鍛造に於いて、圧縮緻密化とこれに引き続くボス形状あるいはリブ形状を付与する塑性加工を連続して行い、鍛造体の形状付与性および材料特性

Fig. 2 Schematics of double action powder forging processing to consolidate (a) a disk with boss and (b) a block with rib.

を評価した．また比較として粉末押出材も作製評価した．Fig. 2 に本実験で用いた複動鍛造の概念図を示す．リブ付ブロック鍛造体は，角柱状ブロックの長手方向の両端にリブを付与した形状のもので，引張り試験はこの角柱部分中央より，その長手方向を軸方向とした試験片を切り出し評価した．

3 実験結果および考察

Photo. 1にAl-Si系粉末の二軸鍛造プレスを用いたボス付き円盤の外観写真を示す．二軸

Photo. 15) Outlook of forged Al-Si base alloy powder by double action forging (a) with and (b) without back pressure.

鍛造プレスを用いることにより，一回の鍛造工程中に緻密化と塑性加工という，内容的には二段の工程を連続して行うことが可能であり，これにより複雑形状部品を製造すること

Table 2 Mechanical properties of Al-10Fe-8Si-2Cr alloy powder forged by double action press and extruded.

Process	Die temp. ℃	Hardness HRB	UTS MPa	Elong. %
Forging ^{a)}	350	84	309	0.2
Forging ^{a)}	450	84	450	1.3
Extrusion ^{b)}	490	84	486	1.4

a) : Reduction ratio=30% .

b) : Extrusion ratio=1 : 25.

(a)

(b)

(c)

Photo. 2 SEM fractographs of powder Al-10Fe-8Si-2Cr alloy consolidated by double action forging in die temp. of (a) 350℃, (b) 450℃ and (c) by extrusion.

が可能である⁵⁾。

Table 2 にはAl-Fe系粉末のリブ付ブロック鍛造体の材料特性を示す．高温変形抵抗の大きいAl-Fe系粉末に於いても，鍛造金型温度をプ

リフォーム温度と同じ程度にする，即ち恒温複動鍛造に於いては押出材に近い材料特性が得られた．Photo. 2 に各試料の引張破断面のSEM写真を示す．金型温度の低い場合の鍛造材の破面は旧粉末粒界から成っているのに対し，恒温複動鍛造を施した試験片の破面は押出材のそれと同様，粉末内部での破断が多く，粉末間の結合が十分形成されていることが判る．本実験ではリップ部の体積から算出される鍛造圧下率は約30%と低いが，複動鍛造に於いては加圧下で粉末に塑性変形を与える為，比較的少ない加工量でも効率的な粉末表面酸化被膜の破壊分散とこれによる健全な粉末間の結合が形成されることにより良好な材料特性が得られたものと考えられる．

4 結 論

1. 二軸鍛造プレスを用いることにより一回の鍛造工程中に緻密化と塑性加工という，内容的には二段の工程を連続して行うことが可能であり，これにより複雑形状部品を短い工程で製造することが可能である．
2. 高温変形抵抗の大きいAl-Fe系粉末に於いても複動鍛造により押出材に近い材料特性が得られている．
3. 複動鍛造に於いては加圧下で粉末に塑性変形を与える為，比較的少ない加工量でも効率的な粉末表面酸化被膜の破壊分散とこれによる健全な粉末間の結合が形成されていると考えられる．

文 献

- 1) D. Raybould : Dispersion Strengthened Aluminum Alloys, The Minerals, Metals, and Materials Society (1988) 199.
- 2) 大槻真人，河野 通：粉体および粉末冶金 37 (1991) 513.
- 3) 梯 伸一郎，大槻真人，河野 通：粉体および粉末冶金35 (1988) p 673.
- 4) 川瀬欣也，大槻真人，河野 通，森本耕一郎：粉体粉末冶金協会平成3年度春季大会概要 (1991) 258.
- 5) K. Kawase, M. Otsuki, T. Kohno, K. Morimoto, M. Kobayashi : Proceedings of 1993 Powder Metallurgy World Congress (1993) 899.