

黄銅の粉末鍛造

Powder Forging of Brass

中川 威雄*・天野 富男** 浜井 達郎***・田中 孝****

Takeo NAKAGAWA, Tomio AMANO, Tatsuro HAMAI and Takashi TANAKA

1. はじめに

粉末鍛造は粉末冶金と塑性加工の複合加工として、その特徴を発揮できる分野があるにもかかわらず、大多数の場合一般の鍛造品に比べて原料粉を含めた製造コストが割高となるため、採用されるケースは極めて少ない。著者らは、これまでこの問題の解決をはかるため、スクラップである切削切粉を再生して低価格原料粉を得て、粉鍛品のコスト低減の努力を重ねてきた¹⁾²⁾

銅合金の粉末鍛造については、競合する加工法である鑄造および鍛造が比較的容易で、種々の形状的、品質的要求にも十分応えられるため、その粉末鍛造は皆無といってよかった。先に高力黄銅の粉末鍛造の研究を行ったが³⁾これはこの材料が特別に高価であるのに比して、切削切粉が極めて安価であることに着目し、その実用化の見通しを得たものであった。通常黄銅については、最近になって切削切粉より再生した焼結用原料粉が開発されているが⁴⁾やはり経済性の問題よりこの原料の粉鍛は試みられてはいない。本研究は黄銅粉末の特徴を生かし、粉末の製造工程中にプリフォーム成形工程を組み込んで新しい粉鍛工程を考えることにより、製造工程の合理化をはかり、十分な経済性をもつ方式を開発したものである。

2. 黄銅の粉末鍛造工程

予備的な実験検討の結果、黄銅プリフォームは鉄系プリフォームの粉鍛に比べて、極めて良好な熱間鍛造性を示すことがわかっている。これは原料となっている黄銅粉が鍛造用黄銅材切粉から再生されていることがその理由と考えられる。このことは、黄銅の型鍛造で型寿命が比較的長いことも合わせ考えると、通常鉄系の粉鍛で行われている圧密形式の粉鍛だけでなく、大きな塑性流動を伴った形式の文字通り本格的な粉末鍛造が可能であることを意味する。この場合には、プリフォームは単純形状のものが使用できる。

以上の考察により、単純形状のプリフォームを経済的に製造できさえすれば黄銅の粉末鍛造が成り立つことがわかる。プリフォームの経済的製造法として、単純円筒形状プリフォームの金型成形も考えられるが、この方式では新たに成形プレス機械の設置を必要とするため、ここではいわゆる U.S. スチールで開発中といわれるルーズバックプロセス⁴⁾に近い新しい方法を考えた。すなわち切削切粉を再生して粉末化する工程で、主として成形性を向上させるための還元・焼鈍工程を必要とするが、この工程である程度焼結が進行し、その後軽く再粉碎していることに着目し、還元・焼鈍工程でプリフォームの焼結をするのである。未焼鈍の粉碎粉をプリフォーム形状に相応する容器に無加圧で充填し、これを焼鈍温度よりやや高くした雰囲気炉に入れて焼結し、プリフォームを製造する。この場合の粉鍛工程は図1のようになり、通

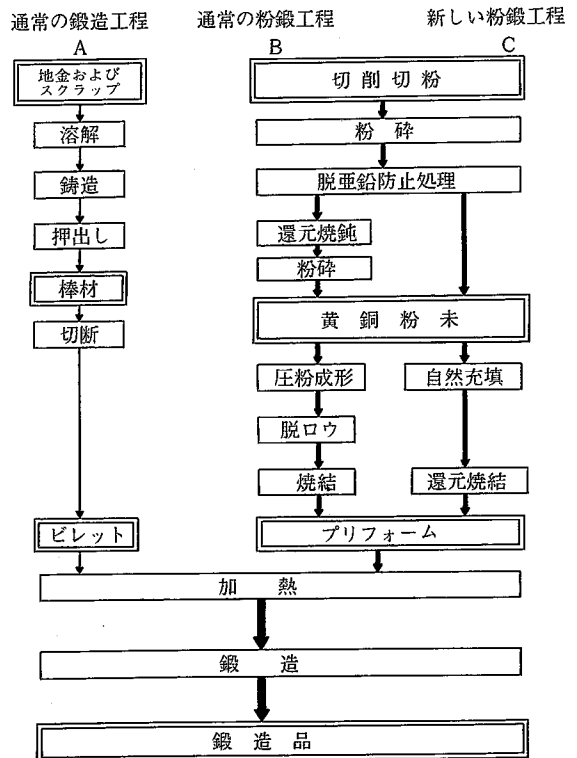


図1 黄銅粉末鍛造工程

* 東京大学生産技術研究所 第2部, 複合材料技術センター

** 職業訓練大学校

*** (株)浜井製作所

**** 協和合金(株)

常に考えられる粉鍛工程に比べれば大幅な短縮をはかることができる。

3. 供試黄銅粉

使用した黄銅粉は、鍛造用4-6黄銅棒からの鍛造品の切削切粉より再生した市販粉末（ハイメットHBR-60-80）の途中工程より採取し、脱亜鉛防止処理をしたものを用いた。表1に採取した黄銅粉の成分および粒度分布を示す。これをフルイに通し粒度分布の異なる4種類の粉末を得た。すなわち、表1そのままの粉末をD粉、D粉を42メッシュのフルイをかけて通過した粉末をC粉とした。同様に、80メッシュおよび100メッシュのフルイを通過した粉末をそれぞれB粉、A粉とした。A粉の見掛密度は3.80g/cm³、流動度は30sec/50gである。

4. プリフォーム成形および粉末鍛造条件

プリフォーム成形は無加圧とするため、図2のようなカーボンプレートの上に置いた軟鋼容器に黄銅粉を自然充填した。このままでは多少脱亜鉛が認められ、焼結に

微妙な影響を与えるため、成形容器にふたをした。焼結および鍛造の温度条件を図3に示す。プリフォーム形状を単純とし、大きな塑性流動を与えて複雑な形状の粉鍛品を得ることを目的としているので、鍛造は主としてリダクション70%の後方押しとし、補足的に密閉コイニングも行った。金型はガスバーナで100~150℃に加熱し、水溶性黒鉛で潤滑を施した。プレスは100トンのマイプレスで行った。本研究においては、プリフォーム焼結時間ならびに鍛造加熱雰囲気を変えその影響を調べた。

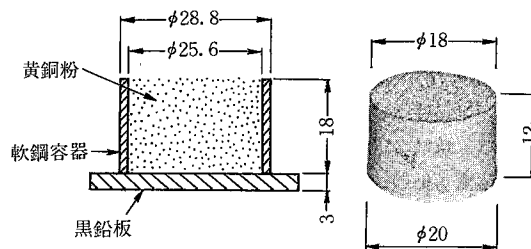


図2 プリフォーム成形容器と焼結プリフォーム (A粉, 890℃×30 min)

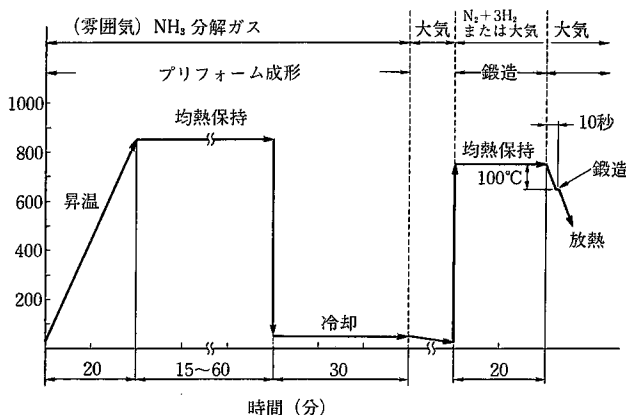


図3 プリフォーム焼結および鍛造条件

成分 (%)				A粉末の見掛密度 (g/cm ³)	A粉末の流動度 (sec/50g)	
Cu	Pb	Fe+Sn	Zn			
59.6	1.94	<0.8	Bal	3.80	30	
粒度分布 (%)						
+ 42	- 42 + 80	- 80 + 100	- 100 + 150	- 150 + 200	- 200 + 270	- 270
3.6	21.6	12.2	0.5	10.9	7.4	35.8
D粉末 C粉末 B粉末 A粉末						

表1 供試黄銅粉

5. 実験結果

5.1 焼結プリフォーム

焼結プリフォームは前掲図2にも示したように、自重の影響による収縮量の差により若干円錐形状を呈す。しかし、その傾斜角は2~3度であり、また高さ方向の密度差も0.5%以内であり、プリフォームとしては問題とされない。図4はA粉を使用した時の寸法と密度変化である。焼結温度と焼結時間の影響はかなり明瞭であり、十分な高温にて、十分な焼結時間をかければかなり高密度のプリフォームが得られることがわかる。以上の結果より、A粉に関して言えば焼結条件は800~890℃でかつ15~16分が適当と言えよう。

表2はプリフォームに及ぼす粉末の粒度の影響を示すもので、焼結条件が同一の場合、粗粉ほど焼結密度は低く、強度も低いことを示している。

5.2 粉鍛品

図5はA粉で適切な鍛造条件を知るため、後方押し出し品の外表面に発生する亀裂の有無と状況を調査分類したものである。外観からは、密度7.0g/cm³以上の焼結温度の高いものがよく、かつ鍛造は溶製材と同じく650

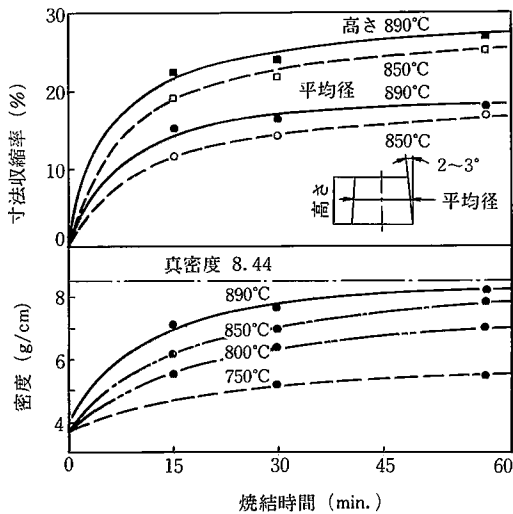


図4 プリフォーム焼結条件の影響 (A粉)

~800℃の範囲が良好であった。図6に後方押し出し品の外観の一例を示す。また図7は、A粉で890℃×30分の焼結プリフォームを種々の温度で鍛造したものの諸性質を調べたものである。鍛造温度が高くなるほど鍛造圧力は当然低下するが、製品密度はほぼ一律に溶製材並みに真密度の99%に達する。しかし、圧環強度は鍛造温度750~800℃で最高となり、また延性を示す亀裂発生までの圧環ストロークは750℃以上でないと余り大きくならない。また図8には焼結プリフォームと鍛造品の金属組織を示す。図9は鍛造性の良好な条件である890℃と850℃で焼結したプリフォームを同一の700℃で鍛造して比較したものである。製品密度と鍛造圧力はほぼ同

表2 プリフォームおよび粉鍛品に及ぼす粉末の粒度の影響
鍛造：後方押し出し(プリフォーム：890℃×30min)

種類	粉末 粒度	プリフォーム 密度 (g/cm ³)	鍛造品		
			圧環強度 (kg/mm ²)		
			鍛造比 (%)		
			0	70	85
A	-100	7.69	48	95	96
B	-80	7.29	32	72	—
C	-42	6.94	26	68	99
D	粉碎のまま	6.78	26	68	—

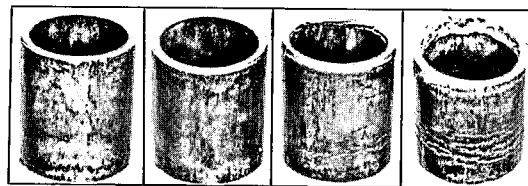
		焼結温度 (°C)				
		890	850	800	750	700
鍛造温度 (°C)	850	○	×	×	×	×
	800	○	×	×	×	—
	750	◎	◎	△	—	—
	700	◎	◎	○	×	×
	650	◎	◎	○	×	—
	600	◎	×	×	×	—

焼結 (30 min. in NH₃ cracking)

◎ 欠陥なし ○ 肌荒れ

△ 微小き裂 × き裂

図5 プリフォーム条件と鍛造法 (A粉)



焼結温度 890 850 800 750 (°C×30 min.)
プリフォーム密度 8.28 8.26 8.14 7.99 (g/cm³)

図6 後方押し出し品の外形 (A粉, 鍛造700℃)

一であるが、890℃で焼結したものが強度と靱性の点でかなり優れている。

一方押し出しの代わりに密閉コイニングをした場合は図10に示すように、150kg/mm²の高圧で圧密しても、後方押し出しに比べ、高密度も得られにくく、したがって靱性も若干低くなる。また後方押し出しに比べ、鍛造温度による差があまり顕著でないのに対し、プリフォームの焼結温度は高いほど良好な性質を示しその差は顕著である。図11にこれらの圧環強度をプリフォームから粉鍛品に至るまで、その密度でまとめた。この結果より、粉鍛品の強度はその密度で評価できることがわかった。

粒度の異なる粉末を用いたプリフォームを後方押し出し(減面率70%)した場合、80メッシュ以上の粗粉を含むC、D粉では図12に示すように外側にクラックを生じ、その圧環強度も前掲表2のように低下する。しかし、同一加熱条件で、減面率85%の後方押し出しをすれば、欠陥

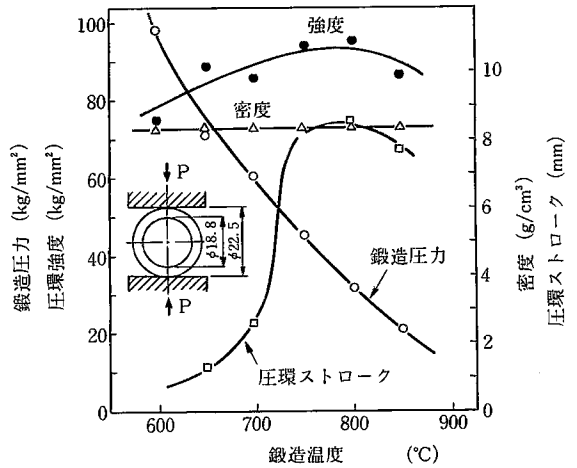
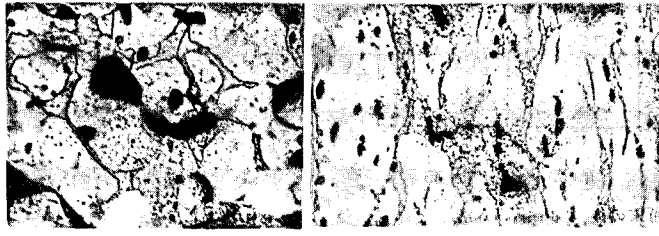


図7 鍛造圧力と鍛造品の諸性質と鍛造温度の影響 (A粉, プリフォーム 890℃×30 min)



a) 焼結プリフォーム
焼結 850℃×30 min.

b) 粉鍛品
焼結 850℃×30 min.
鍛造: 700℃×30 min.

図8 プリフォームと鍛造品の金属組織 (A粉)

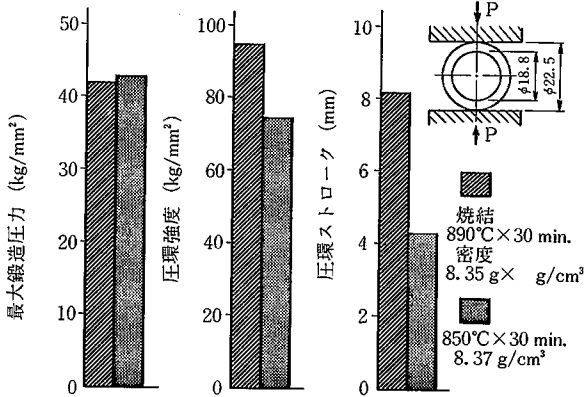


図9 プリフォーム焼結温度の差が粉鍛品の品質に及ぼす影響

なしに鍛造ができ、しかもその圧環強度は粒度に関係なく95~100 kg/mm²の高い強度を示す。

また、100メッシュ以下のA粉のプリフォームをアンモニア分解ガス中で焼結した後、大気中で20分間鍛造用の加熱して後方押し出し(減面率70%)した場合、700~800℃の加熱範囲では、いずれも欠陥なく鍛造できる。

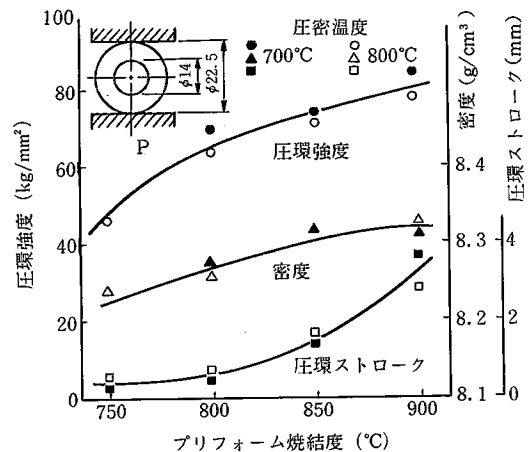


図10 密閉コイニングにおける粉鍛品の品質に及ぼす製造条件の影響 (A粉)

またそれらの圧環強度は図13に示されるように、750℃以上の高温ではNH₃分解ガス中でのものより若干低下するが、700℃ではほとんど同じであることから、黄銅

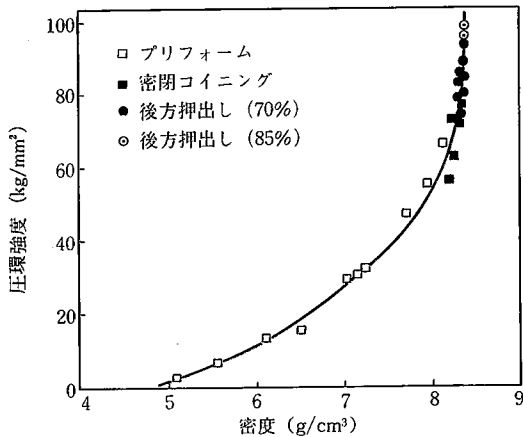


図11 プリフォームおよび粉鍛品の密度と強度の関係(A粉)

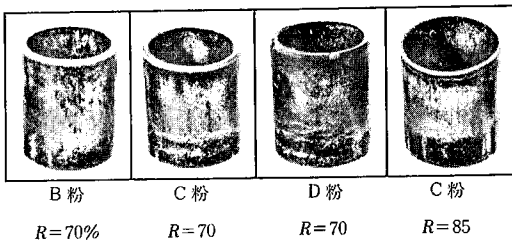


図12 粒度の異なる粉末の後方押出品の外形 (鍛造: 750℃×20min)

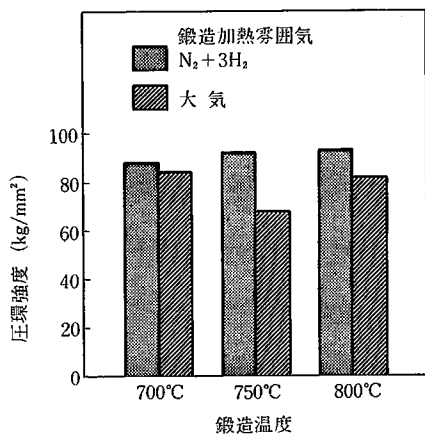


図13 鍛造加熱雰囲気粉鍛品強度に及ぼす影響

粉の場合700℃程度の大气中加熱によってもほとんど酸化の影響を受けないものと考えられる。

6. おわりに

黄銅切削切粉を粉碎した低価格黄銅粉末の製造工程中に、プリフォームの成形と焼結を済ませることにより、従来行われてきた粉末鍛造工程を大幅に短縮した新しい粉末鍛造法を考え、実験的に可能であることを確認するとともに、粉末鍛造条件を明らかにした。得られた結果を列挙すると以下のとおりである。

①脱垂鉛防止処理をした黄銅粉末を容器内に入れ還元雰囲気下で焼結すれば鍛造可能なプリフォームが得られる。

②プリフォーム焼結温度は850～900℃、鍛造温度は700～800℃が適当である。

③プリフォーム焼結温度を高くし、また粉末鍛造時に塑性流動を起こさせたり、リダクションを大きくとった方が真密度に近づき、粉鍛品の機械的性質は向上する。

④粉鍛品の品質は通常鍛造材に匹敵する。

⑤粉末粒度は細かいほどプリフォーム密度が上昇し、鍛造し易い。

⑥鍛造用加熱時の雰囲気は大气中でも可能である。

この新しい黄銅の粉末鍛造工程では、工程は大幅に短縮され、高価なプリフォーム成形用プレスが不要になる点に最も大きな特徴がある。プリフォーム成形のための容器をある程度の数準備しなければならないものの、切削切粉を再生しているため原料価格が安く歩留りも良いため、比較的大形品や異形素材を必要とする黄銅鍛造品は、この粉鍛の方が有利となることが予想される。

(1980年1月17日受理)

参考文献

- 1) 中川, Sharma: 粉末冶金による切削切粉の再生利用, 日本機械学会誌, 80巻, 704号, 668 (1977. 7)
- 2) Nakagawa, Sharma: P/M Forging and Sintering for the Recycling of Machining Swarf, Modern Development in Powder Metallurgy, Vol. 9, 347 (1977)
- 3) Nakagawa, Tanaka, Amano: Powder Forging of High Strength Brass and its Applications to Automobile Parts, Jour. Mech. Working Tech. Vol. 2, 179 (1978. 9)
- 4) Metal Powder Report, 33-3. 114 (1978)