

黄銅の粉末鍛造用素材の製造について

Manufacturing of Brass Billet for Powder Forging

中 川 威 雄*・戴 豊 樹*

Takeo NAKAGAWA and Feng-Shuh DAI

1. ま え が き

切削切粉を再生した安価な4/6黄銅粉が供給されるようになり、黄銅の粉末鍛造の可能性がでてきた。4/6黄銅は熱間鍛造性が良いので、鍛造用ビレットをいかに安価に製造するかが、黄銅の粉末鍛造のポイントとなる。粉末からビレットを経済的に製造する方法としては、著者らはすでに無加圧充填法¹⁾とブリケットマシンによる方法²⁾を提案しているが、ビレット形状を複雑化して、鍛造時の材料ロスを少なくできる点など、前者の方が実用化は近いと思われる。

無加圧充填焼結によるビレット製造法を含めた、黄銅粉末鍛造プロセスを図1に示す。この製造工程はプレス機械で圧縮成形した後、焼結してビレットを製造する従来法にくらべて、加熱は1回で済み、省エネルギープロセスになっていると同時に、低コストビレットが供給できると思われた。しかしながら、耐熱性を持つ容器を多数準備する必要があり、ビレットコストに占める容器コストの割合がかなり高く、安価な容器の開発が残された問題であった。

これまでの実験では容器としては黒鉛ブロックをNC加工してキャビティを作ったものを用いていたが、材料費ばかりでなく、複雑形状となると切削加工費も相当な額に達し、しかも繰返しの使用に対しそれほどの耐久性もなかった。著者らはビレット製造に使用できる耐火物容器の開発に取り組んでいたが、十分使用に耐えると考えられる容器が試作できた。またこの容器を使って鍛造ビレットの製造と、その鍛造実験を行ったところ、満足のゆく結果が得られたので報告する。

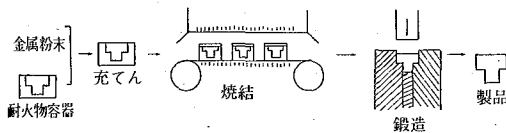


図1 黄銅粉末鍛造プロセス

2. ビレット製造用耐火物容器

容器に要求される特性としては、

①焼結温度に耐える耐熱性をもつこと、②表面が滑らかで焼結材料が付着したり、焼結材料と反応を起こさないこと、③同一形状の多数の容器が安価に作れること、④ある程度の強度があり、繰返しの使用に耐えること等が考えられる。予備の実験においてアルミナセメント系を試みたところ、十分な耐熱強度と離型性が得られず、かつ焼結雰囲気害し焼結性を阻害することがわかった。これらの点を考慮し、ロストワックス鋳型材であるハイアルミナサンド+合成ムライトフラワー耐火物に実験室で製作したびびり振動切削法によるステンレス鋼短繊維(SUS 430, 0.1φ×6mm)を入れて補強した容器を試作した。耐火物と焼結材料との反応を防止するため、型内面に黒鉛層を生成させた。使用した容器の原材料の構成を表1に、また容器の製作工程を図2に示す。基本的には耐火物スラリーの流し込みによるセラミックモールド法である。バインダーゲル化中のアルコール蒸発による表面劣化を防止するためアルコール中で硬化させた。焼成後、この容器の繰返し使用における離型性確保のために、容器表面に黒鉛層を形成させる処理を行った。黒鉛層はフェノール樹脂：フラン樹脂：グラファイト粉の混合物(重量比で約1:2:3)のアルコール溶液を容器表面に塗布し、350°Cで加熱し、炭化させたものである。黒鉛層は耐火物中に浸透し、容器の表面には0.3~0.9mm程度の厚さを持っているため、繰返し使用に十分耐えることが確認された。また、容器耐火物の圧縮強さは、ステンレス鋼短繊維の混入により、耐火物のみの場合の30kgf/cm²に比較して約70kgf/cm²と大幅に向上しており、繊維混入による靱性の増加と共に、焼結容器とし

表1 耐火物容器材料構成 (Vol.%)

耐火物	エチルシリケート40	硬化促進剤	ステンレス鋼繊維
61.3	35.6	0.7	2.4

* 東京大学生産技術研究所 複合材料センター, 第2部

研 究 速 報

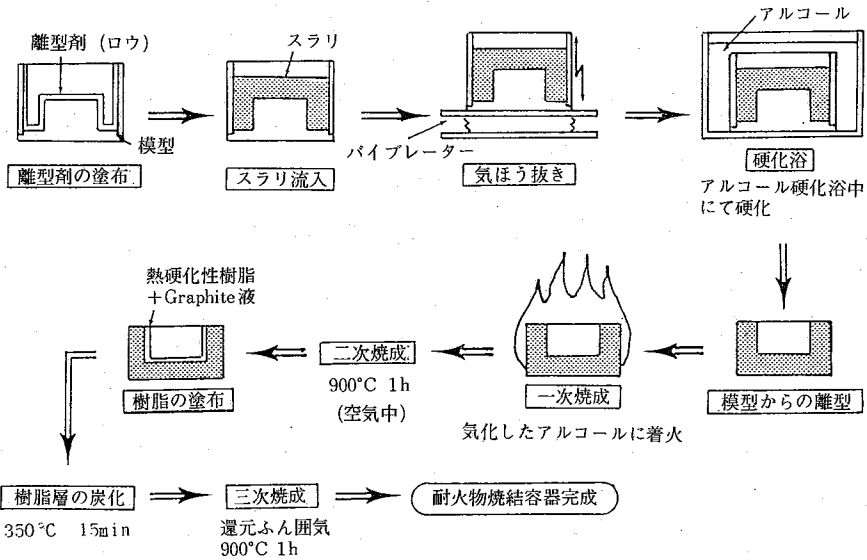


図 2 耐火物焼結容器製造工程

表 2 供試黄銅粉末

成分 (wt%)				見掛密度 (g/cm ³)	流動度 (sec/50g)
Cu	Pb	Sn	Zn		
59.6	1.94	0.8	Bal.	4.1	2.8
粒 度 分 布 (%)					
+65	-65 +100	-100 +150	-150 +200	-200 +270	-270
14.5	17.0	20.5	8.7	9.2	30.1

ての耐久性を大きく向上させている。この容器キャビティと模型との寸法を比較すると、0.4% 以内の収縮率であった。

3. 耐火物容器を用いた鍛造用ビレットの製造

3.1 供試黄銅粉末

実験に使用した 4/6 黄銅粉末の成分、粒度特性を表 2 に示す。この粉末は切削切粉を粉砕したままのもので、脱亜鉛を防止するために炭酸リチウム (Li₂CO₃) を添加してある。

3.2 容器の薄肉化

焼結容器の薄肉化は、焼結時間の短縮、炉容積の効率的利用などによる、省エネルギーの重要な要素であり、また容器材料の節減によって、容器コストの低減にも関係する。耐火物容器の薄肉化の可能性を検討するため図 3 に示す容器を試作し、肉厚 T を 10 mm, 20 mm とし、黄銅粉末 30 g を自然充填し、850°C で 20~60 分焼結して容器の肉厚の影響を調べた。その結果を図 4 に示したように肉厚 10 mm の方が短時間で高密度に達し、肉厚の影

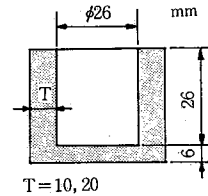


図 3 試作容器

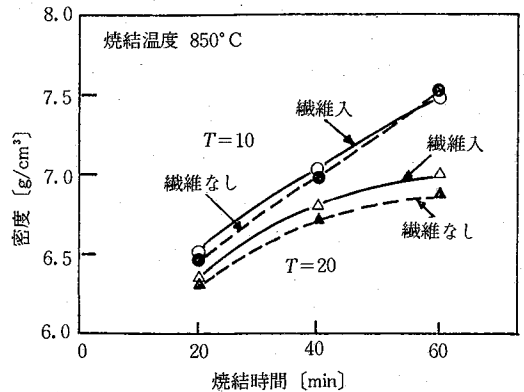
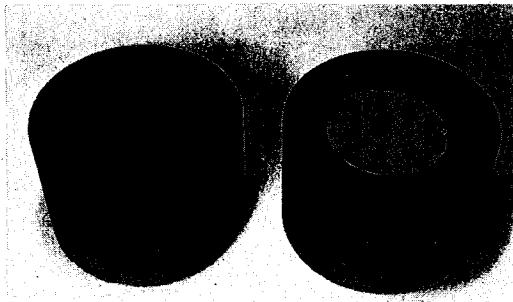


図 4 容器肉厚の影響

響が顕著である。この肉厚でも金属繊維で補強すれば繰返し使用に十分耐えることが確認された。また、本製造法による容器が、黄銅の焼結雰囲気何ら悪影響をおよぼさないことが確認された。図 5 に試作容器に粉末を充填した状態と焼結後の状態を示す。

3.3 焼結温度の影響

本容器によるビレット製造の適正な焼結温度を検討す



粉末充てん 焼結後

図5 試作容器外観

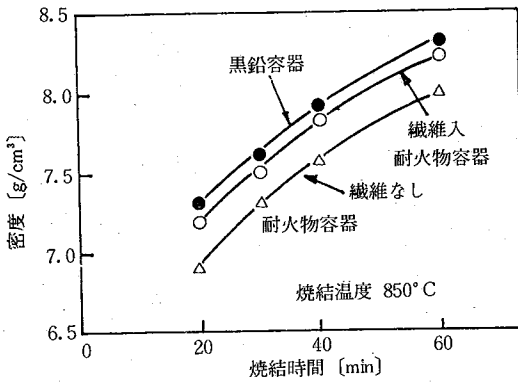


図7 黒鉛容器との比較

るために、図3に示した容器 ($T=10$ mm) を用いて焼結を行った。図6に各焼結温度における寸法収縮率と密度の時間的变化を示す。本容器においても、800~880°Cで焼結を行えば、十分高密度のプリフォームが得られることがわかった。

3.4 黒鉛容器との比較

つぎに、試作耐火物容器と黒鉛容器による焼結品密度の差を調べるために、内径 48 mm、深さ 30 mm、肉厚 10 mm の円形容器を試作し、同寸法の黒鉛容器と比較した。結果を図7に示す。ステンレス鋼繊維を混入しない耐火物容器による焼結ビレットの密度は黒鉛容器に比較して低い値を示すが、耐火物に金属繊維を混入することにより、黒鉛容器とほぼ同一の密度上昇を示し、850°C-1 hr の焼結で密度 8.25 g/cm³ が得られた。これは母材密度の 98% である。

3.5 密度分布

図8に深さ 30 mm の容器に粉末 200 g を自然充填し、焼結したビレットの上、中、下各部の密度を測定した結果を示す。焼結初期には、上、下で密度に大きな差があるが、60分焼結後にはほとんど差がなくなっている。

4. 鍛造実験

これまで述べてきたように、耐火物容器によって、鍛

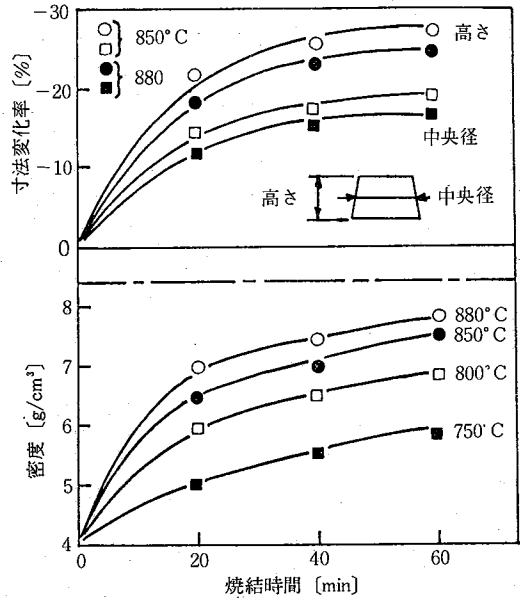


図6 焼結条件の影響

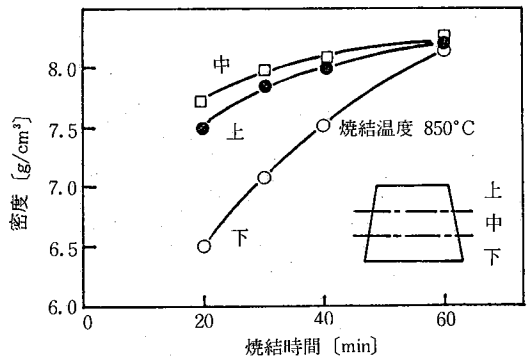


図8 密度分布

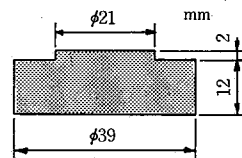


図9 鍛造用ビレット

造用の良好な焼結ビレットが製造できる見通しを得たが、実際に型鍛造実験を行い、ビレットの鍛造性の確認と、鍛造品の組織を調べた。

4.1 鍛造ビレット

ビレット形状を図9に示す。焼結温度 850°C、焼結時間 40分で焼結した黄銅ビレットの組織は $\alpha+\beta$ 相と空孔が混在する組織で、黒鉛容器によるものと差異は認められなかった。

研 究 速 報

4.2 鍛造製品

ピレットを空気雰囲気中 800°C で 20 分加熱し, 黒鉛懸濁液の型潤滑により, 図 10 に示すような形状の型鍛造を行った。図 11 に鍛造品各部の断面組織写真を示す。加圧力が 6 ton/cm² と低いため, やや空孔が多く見られるが, ピレットは良好な鍛造性を有していることが確認された。

5. ま と め

黄銅の粉末鍛造用ピレットの焼結用容器として, 従来の黒鉛に代わる耐火物容器を開発した。この新しい容器は, ステンレス繊維の混入と, 表面黒鉛層を有すること

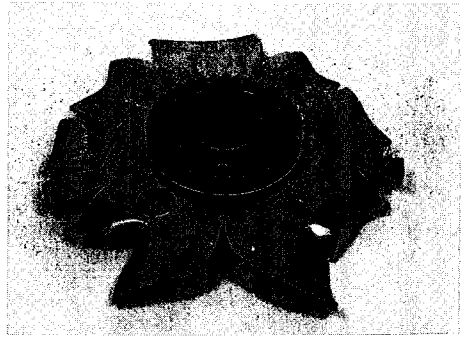


図10 鍛造品外観

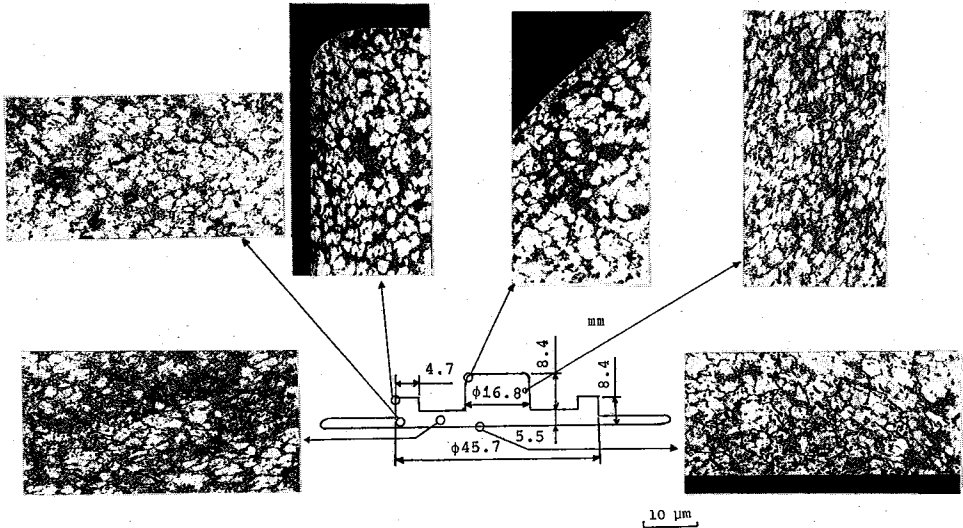


図11 鍛造品断面組織

を特徴とし, 黒鉛容器と比較して耐久性も十分なようである。この容器はまた, 模型を用い流し込みで製作できるため, 多数製作に適し, 特に図 12 に例示するような機械加工が困難な複雑形状ピレットの製造に適していると思われる。また, この容器で製作したピレットは良好な鍛造性を有することが確認された。

おわりに, 本研究を行うにあたりご協力いただいた協和合金(株), コルコート(株), 大日本インキ化学(株)の各社ならびに, 有益な助言をいただいた日本工大 柳沢章助教, 東大生研 野口裕之氏, 実験にご協力いただいた芝浦工大 福島朗氏に厚く御礼申し上げます。

(1982 年 4 月 14 日受理)

参 考 文 献

1) 中川威雄, 天野富男, 浜井達郎, 田中 孝: 生産研究,

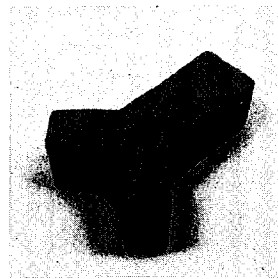


図12 耐火物容器で製造した複雑形状ピレットの例

Vol. 32, No. 3, (1980), p. 40

2) 中川威雄, 戴 豊樹, 田中 孝: 第 31 回塑加連講論,