

金合金におけるロストワックス精密鑄造技術の向上（第1報）

宮川 和博・佐野 照雄・望月 陽介・秋本 理恵・清水 進

Improvement of Lost Wax Precision Casting Technology of Gold Alloy (1st Report)

Kazuhiro MIYAGAWA, Teruo SANNO, Yosuke MOCHIZUKI, Rie AKIMOTO and Susumu SHIMIZU

要 約

産地ブランド「Koo-fu」にて開発されたKoo-fu K18WGの熱処理条件による機械的性質と組織の変化を確認することおよび鑄造時の埋没方法の改良について検討を行った。熱処理時のビッカース硬さ、引張強さ、伸び、金属組織から、最適な熱処理条件を見出すことができた。また、鑄造工程の効率化を目的として、従来の埋没方法とは異なる二重埋没法を検討した結果、従来のプラチナ用埋没材を使用した場合と同等の品質の鑄造が可能であることが確認できた。

1. 緒 言

本県の代表的地場産品である貴金属装身具は、小さく複雑な形状であることから、大部分がロストワックス精密鑄造法により製造されている。

装身具に用いられる貴金属合金には、プラチナ合金、金合金、銀合金があるが、近年の経済情勢の悪化による低価格品への移行、貴金属地金の高騰および自動車触媒等他の分野での利用の増加よりプラチナ製品は減少傾向にあり、金合金の生産が大部分を占めるようになってきている。中でも白色系のホワイトゴールドやピンク色がかかったピンクゴールド等、通常の金色ではない金合金の需要が増加傾向にある。

こうした動向に対応して、県内では業界団体である山梨県水晶宝飾連合会が中心となって産地ブランド「Koo-fu」を推進しており、新素材としてKoo-fu Pt950に続いてKoo-fu K18WGが開発され、販売されている。

しかし、Koo-fu K18WGは従来のK18WGに比べ融点が高く、性質や鑄造条件が異なる部分があり、最適な熱処理条件についても不明である。

そこで本研究では、Koo-fu K18WGにおける熱処理条件による機械的性質及び組織変化の関係を明確にすること、および鑄造の効率化を目的とした埋没方法の改良について検討を行った。

2. 実験方法

2-1 実験材料

実験には、県内業界団体にて開発・販売されているKoo-Fu K18WG2番を用いた。Koo-fu K18WG2番は金、パラジウムをはじめ含有金属がすべて貴金属である高品

位金合金である。また、従来のホワイトゴールドと比較してロジウムめっきを施す必要が無く、しかも高硬度であるなどの特徴がある。

2-2 熱処理実験

溶体化および時効硬化が起こる温度範囲を調べるために、切り出した試験片を電気炉（株デンケン製、KDF-S80G）で、500℃～1200℃にて一定時間加熱後急冷し熱処理を行った。また、各温度で1時間熱処理を行った試験料を300℃～900℃にて一定時間加熱後大気放冷し、時効硬化処理を行った。

2-3 熱処理実験の評価

各温度にて熱処理を行った試験片についてビッカース硬さ測定、引張試験、金属組織観察を行い評価した。

ビッカース硬さは、微小硬度試験機を用いて、試験荷重300gf、荷重保持時間15秒にて同一試験片内の3点を測定した。



図1 引張試験片

引張試験は、図1に示す引張試験片を作製し、万能試験機 (RTC-1310) を用いて引張速度10mm/minで行い、引張強さおよび伸びを測定した。

金属組織観察は、試料を樹脂に埋込み、鏡面光沢状に研磨した後、王水にて60秒エッチングを行い、金属顕微鏡にて組織観察を行った。

2-4 埋没方法の改良

表1に貴金属 casting に用いられる2種類の埋没材の特性を示す。Koo-fu K18WGは融点が1400℃程度と高いため金銀 casting 用埋没材では石膏が熱分解し casting 欠陥発生の要因となる。そのためプラチナ casting 用埋没材を使用して casting を行う。しかし、プラチナ casting 用埋没材は金銀 casting 用埋没材とは異なり自硬性がないため混練や埋没、乾燥等の工程での作業性が悪く時間もかかる。また、 casting 後の casting 型が非常に強固であるため、 casting 型からの製品の取り出しに時間がかかるとともに、細かい部分に入り込んだ埋没材を除去するためにはフッ酸等を使用するため作業の安全性に注意を要する。

そこで、埋没および casting 型除去作業の効率化を目指し、ワックスツリーを一度プラチナ用埋没材でコーティングし、その後金銀 casting 用埋没材で埋没を行う二重埋没法を検討した。(図2~図4参照)

実験には、プラチナ casting 用としてA1-MIXを、金銀 casting 用としてスーパーベスト20を使用した。両者とも県内で一般的に使用されている埋没材である。

コーティングは、プラチナ casting 用埋没材に水、バインダーを加えスラリー状にし、ワックスツリーを浸漬した後に引き上げ乾燥させた。コーティングが薄い場合は、ある程度の厚みになるまでこの工程を数回繰り返した。その後、金銀用埋没材を指定の混水比で混練し、埋没を行った。 casting は表2に示す条件で行い、 casting 後、 casting 型を室温にて10分間放置した後、水中に投入して casting 型を破壊し、製品を取り出した。(図5)

また、同形状のものを、プラチナ casting 用埋没材および金銀 casting 用埋没材を使用して casting を行い、 casting 品を比較した。

表1 埋没材の特性

	プラチナ casting 用	金銀 casting 用
成分	SiO ₂ (99.8%以上)	SiO ₂ +CaSO ₄
対象	貴金属全般	金, 銀 1100℃以下
casting 肌	良好	普通
流動性	悪い	良好
自硬性	なし	有り
乾燥	8~10h	2h
作業性	悪い	容易
casting 型除去	困難	容易



図2 ワックスツリー



図3 コーティング後



図4 埋没



図5 casting 品

表2 casting 条件

使用埋没材	コーティング	A1-MIX
	本埋没	スーパーベスト20
混水比		40% (埋没材1kg : 水400ml)
乾燥		2h
焼成		室温→150℃→250℃→750℃
casting 機		安井インターテック社製
		真空遠心 casting 機VCC
casting 型温度		750℃
casting 温度		1500℃
回転速度		290RPM

2-5 casting 品の評価

casting した試験片を目視にて、 casting 欠陥の有無を確認した。

3. 結果および考察

3-1 熱処理実験について

図6に熱処理温度による硬さの変化を示す。熱処理温度800℃から軟化し始め、1000℃を超えると硬さがHV100を下回り、1100℃、1200℃ではHV80以下まで下がることが確認できた。図7に示す金属組織からも800℃-120minで再結晶の始まりが確認でき900℃からは30minや60minにおいても微細結晶粒が観察できた。また、熱処理温度の上昇とともに結晶粒の大きさも大きくなり、1200℃では結晶粒子が大きく成長していることが確認できた。時効硬化処理の条件は、溶体化されていると考えられる熱処理温度900℃~1200℃のサンプルを用いて実験を行った。

図8 (a) ~ (d) に時効硬化処理時の硬さの変化を、図9に時効硬化処理時の金属組織の結果を示す。

熱処理温度900℃の120分までの範囲では、析出が起これば硬さも殆ど増加していない。熱処理温度1000℃~1200℃のサンプルにおいては、時効硬化処理温度700

℃で析出が起こりHV170, HV189, HV189と増大していることが確認でき、図9の組織観察から1200℃容態化処理後に700℃, 60分の時効硬化によって、結晶組織

に部分的な析出相が出ていることが確認された。また時効硬化処理温度800℃では、硬さが増加するものもあるが時間と共に低下しており、析出が進んで過時効の状態になっていると考えられる。

図10に引張試験結果を示す。引張試験は、硬さや金

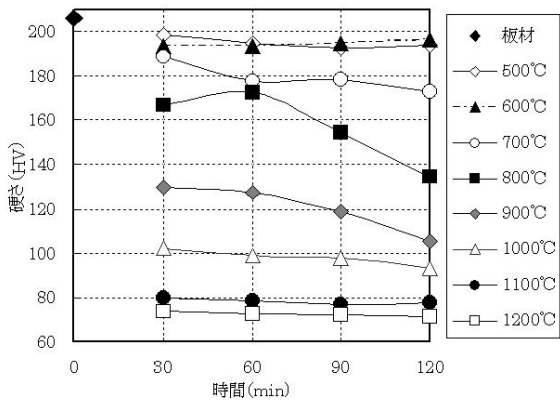


図6 熱処理温度による硬さの変化

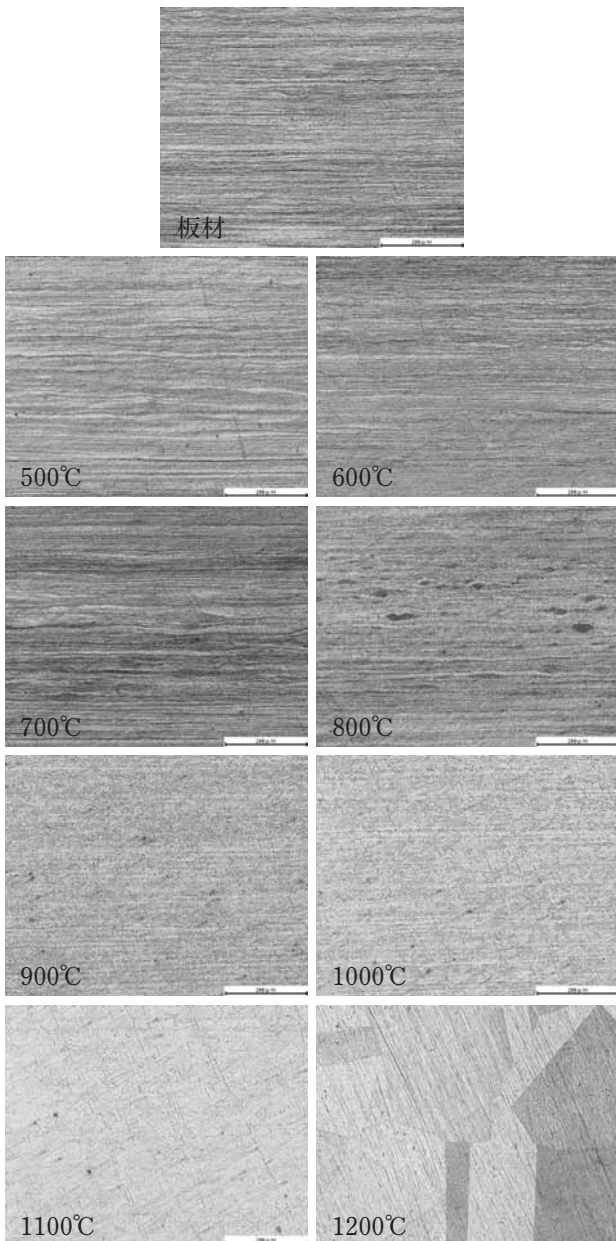
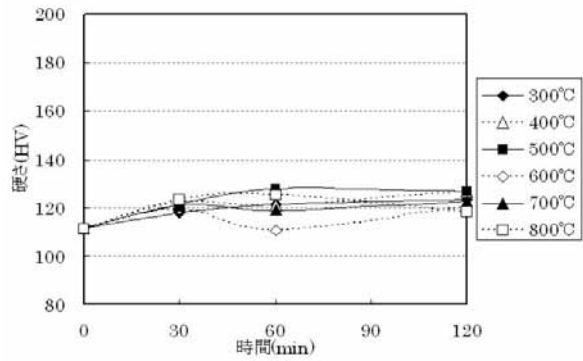
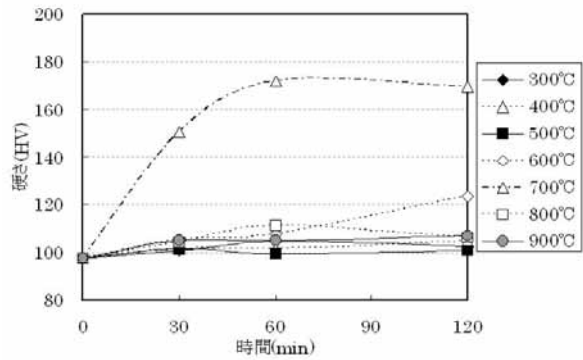


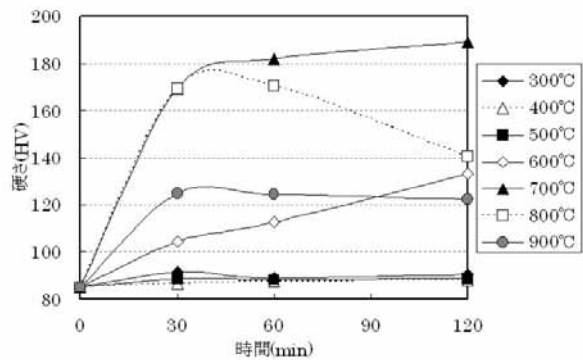
図7 熱処理時 (120min) の金属組織 (×200)



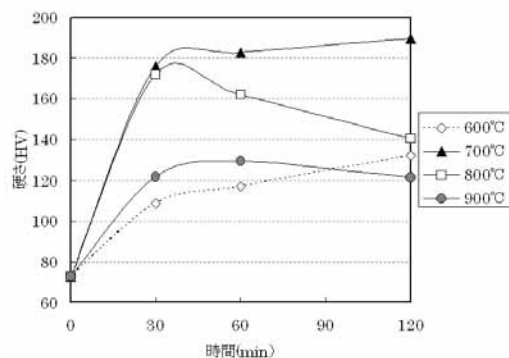
(a) 熱処理温度900℃



(b) 熱処理温度1000℃



(c) 熱処理温度1100℃



(d) 熱処理温度1200℃

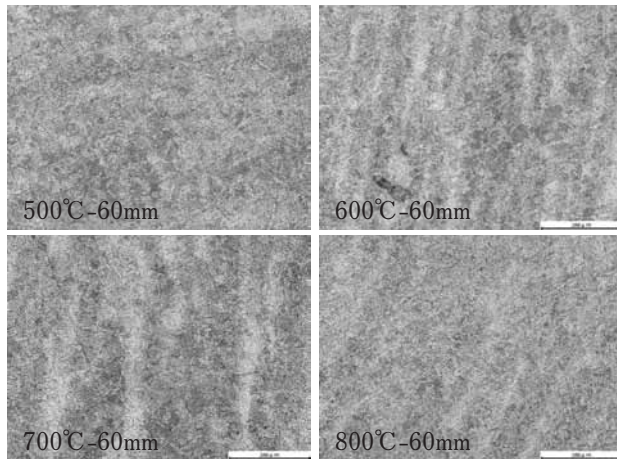
図8 時効硬化処理時の硬さの変化

属組織の結果から、熱処理温度900℃～1200℃、時効硬化処理温度700℃、800℃のサンプルについて行った。

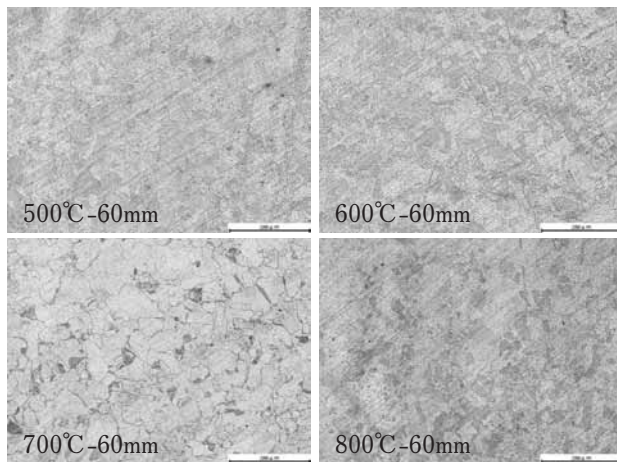
その結果、熱処理温度1100℃、時効硬化処理温度700℃での処理が硬さ、引張強さとともに高く、18%程度の伸びもある条件であることが確認できた。

3-2 埋没方法の改良について

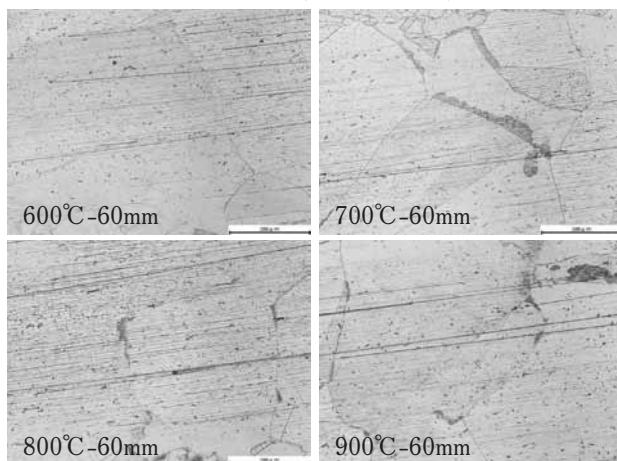
図11に二重埋没法および各埋没材で铸造を行った試験片の表面外観写真を示す。二重埋没法では、僅かに鑄



熱処理温度 (1000℃-60min)



熱処理温度 (1100℃-60min)



熱処理温度 (1200℃-60min)

図9 時効硬化処理時の金属組織 (×200)

造欠陥が見られるものの、プラチナ鑄造用埋没材のものと比較しても遜色のない鑄造が行えることが確認でき

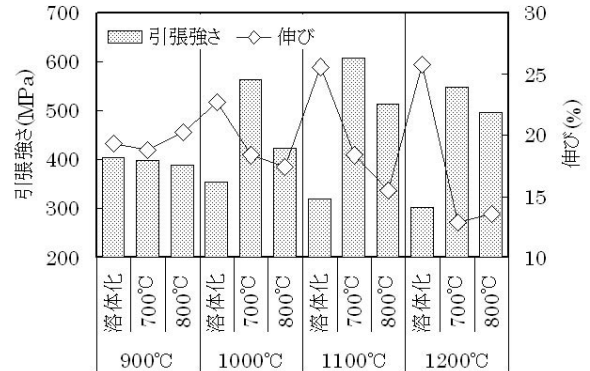


図10 引張試験結果 (熱処理60min)

た。金銀鑄造用埋没材では、石膏の熱分解の影響と思われる欠陥が試験品一面に発生している。このことから、プラチナ用埋没材でコーティングするだけでも、石膏の熱分解の影響を受けず、良好な鑄造が行えることができた。

二重埋没法では、水中急冷により、鑄型が破壊でき、コーティング部分もほとんど剥離してしまう。そのため、鑄型破壊の時間が、従来のプラチナ鑄造用埋没材を使用した場合に比べ、短縮することができる。また、埋没材価格もプラチナ鑄造用11,000円 (25kg)、金銀鑄造用12,500円 (45kg) とプラチナ鑄造用埋没材の方が2倍ほど高額であるため、製造コストの削減にも繋がる。

4. 結 言

- (1) Koo-fu K18WGにおける熱処理条件を把握するため熱処理時の機械的性質、組織の変化および埋没方法について検討を行った結果、800℃-120分で再結晶が始まり、900℃以上にて溶体化処理が可能であることが確認できた。特に1000℃以上では、硬さもHV100以下まで低下し、伸びもある熱処理が可能である。

熱処理温度が低いと引張強さは温度が高い時よりも高く、熱処理温度が高くなると軟化し伸びが出る。また、時効硬化処理温度の低い場合は、引張強さが低く伸びが大きい。温度が高くなると引張強さは強くなり、伸びが大きくなる。今回行った実験では、熱処理1100℃、時効硬化処理700℃の条件で、硬さ、引張強さ、伸びともに高い熱処理が行えることが分かった。

宝飾品においては、形状や用途により求める機能が異なるので、今回のデータを基に次工程や用途に適した熱処理条件の選定が可能になった。



(a) 二重埋没法



(b) プラチナ鑄造用埋没材



(c) 金銀鑄造用埋没材

図11 各条件にて鑄造した試験片

- 2) 宮川 和博, 佐野 照雄, 望月 陽介, 清水 進:
山梨県工業技術センター研究報告, No.23, p.61-66
(2009)
- 3) 諏訪 小丸: ジュエリーキャストイングの基本と実
際, 柏書店松原 (2001)

(2) 二重埋没法による鑄造では, 従来のプラチナ鑄造用埋没材を使用した場合の品質同等の鑄造が可能であることが確認でき, 鑄造時のコスト削減に寄与できると考えられる. 今後は, より短時間で効率的なコーティング手法の検討, プラチナ鑄造用埋没材以外のコーティング材料の検討, 複雑で細かい形状の製品への適応性についての検討を行う必要がある.

参考文献

- 1) 宮川 和博, 佐野 照雄, 望月 陽介, 清水 進:
山梨県工業技術センター研究報告, No.22, p.75-80
(2008)