

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12386

研究課題名(和文)CO2鋳型を使うロストワックス精密鋳造法による中学校技術・溶融加工教材の実用化

研究課題名(英文) Practical application of teaching materials for junior high school technology and melt processing by lost wax precision casting method using carbon dioxide mold(CO2 mold)

研究代表者

田島 俊造 (Tashima, Shunzo)

広島大学・教育学研究科・教授

研究者番号：40136130

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：ロストワックス鋳造法の鋳型に粘結剤が水ガラスのガス鋳型を採用して、これに、Sn-Bi-Ag合金(融点140℃)を組み合わせることで、教材としての適応性が高い鋳造法を提案している。このプロセスでは脱ロウ工程を電子レンジで行うことに成功して、簡易性と安全性の点で大幅な改善を達成している。鋳造作業における一連の工程の、模型製作 鋳型製作 鋳込み 型ばらし 仕上げを数時間で行うことができ、3次元的に自由な形状の鋳物製作が可能である。現在、教材メーカーと共に実用化を進めている。

研究成果の概要(英文)：A carbon dioxide process (binder: water glass) is adopted as a mold of the lost wax casting method. We propose a casting method with high adaptability as a teaching material by combining Sn-Bi-Ag alloy (melting point 140 °C). In this process, dewaxing is possible by processing with a microwave oven for a few minutes, achieving a great improvement in terms of simplicity and safety. It is possible to carry out a series of steps of "model making mold making casting(pouring) shake out (mold breaking) finishing", in a matter of hours. Furthermore, it is possible to produce a casting in free shapes three dimensionally. This process is currently being put into practical use together with teaching material manufacturers.

研究分野：金属加工教材の開発

キーワード：中学校技術 教材 金属加工 溶融加工 鋳造 ロストワックス鋳造法 易融合金

1. 研究開始当初の背景

現在、技術立国日本の基盤をなす加工法を学ぶ機会は中学校技術においてほかない現実があり、非常に限られた時間の中で加工法の実践が行われている。本来であれば、金属の三大加工法である塑性加工、除去加工、熔融加工法について時間を掛けて体験・実践することが望ましいが、与えられている時間が極端に少なく、全ての加工法を網羅することが困難な現実がある。とくに熔融加工法は高温を扱うなど扱いが難しく敬遠される傾向にあり、全ての加工法の基盤をなす技術であるにもかかわらず未実践の場合がほとんどである。

2. 研究の目的

熔融加工法について中学校技術教材としての「炭酸ガス型 (CO₂ガス) 法を適用したロストワックス精密鑄造法」を実用化して、安全で創造的な熔融加工体験を可能にする。これにより、中学校技術の授業において塑性加工および除去加工法を含めた加工法全体の体験ができるようにする。

3. 研究の方法

炭酸ガス型がロストワックス鑄造法に適用できる可能性について、粘結剤の水ガラス (珪酸ソーダ) の添加量と鑄型の強度との関係、重要工程の脱ロウについて新手法の開発と検討、ならびに易融合合金の選定を行う。これらにより、中学校技術に適用できる実践的な鑄造法を開発して、その安全性や環境性を実験室的に確認し、まず、大学生を対象に実践する。次に、中学校技術の現場において実践を行い、そこで生じる問題点を確認・把握して、これらをフィードバックしてプロセスの完成度を高め、中学校技術に関する教材メーカーと共同で実用化を進める。

4. 研究成果

1 鑄型

所定量の珪酸ソーダを混合した鑄物砂を自由形状に製作したロウ模型と共に穴をあ

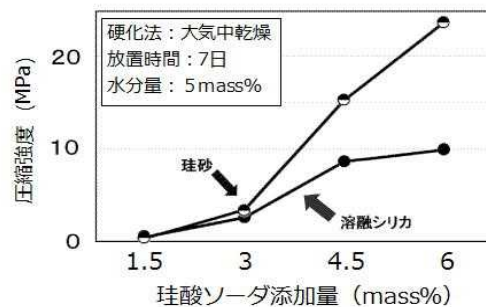


図1 珪酸ソーダの添加量と鑄型の圧縮強度 1

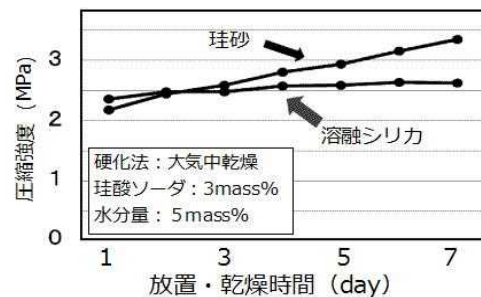


図2 乾燥放置時間と鑄型の圧縮強度

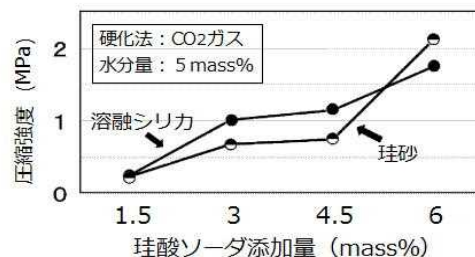


図3 珪酸ソーダの添加量と鑄型の圧縮強度 2

けるなどの工夫を行った紙コップ鑄枠に装てん、固く突き固めて埋設し、鑄型を作製する。鑄型の通気性が良好で、炭酸ガスの通気では 30sec 程度で硬化し、乾燥による場合でも基本的に 1 日で硬化する。ただし、冬場の風通しの良くない状況では少なくとも 1 週間程度を要する。

乾燥で硬化させた場合の珪酸ソーダの添加量と圧縮強度の関係を図 1 に示す。珪酸ソーダ添加量の増加に伴い強度が高くなっている。図 2 は珪酸ソーダ 3mass% の場合の乾燥時間と圧縮強度の関係で、時間の経過と共に徐々に値が大きくなる傾向を示し、珪砂ではその傾向が強い。

図 3 は CO₂ ガスを 30sec 程度吹き付けて硬化した場合で、この場合は乾燥で硬化させる

場合より強度が低く、とくに珪酸ソーダ量が多い場合において差が大きい。

粒度の細かい熔融シリカとの比較では、乾燥・硬化の珪酸ソーダ量が多い場合に熔融シリカで値が低くなる傾向を示すほかは、全体に同等の傾向を示している。熔融シリカは比表面積が大きいので必要な珪酸ソーダ量が多くなると予想したが、実用条件ではあまり差がない。

扱い易さを前提とした実用強度は、経験的にハンドリングで約 0.5MPa 以上が必要であり、また、型ばらし時の崩壊性では 2MPa を超えない方がよい。図 1、3 においてこれらに相当する条件は、乾燥・硬化の場合で 1.5~3mass%、CO₂ ガスで硬化した場合で 3~6mass% 程度である。

なお、図 3 に示す値は铸造現場における铸型強度 1) と同等の傾向であり、シン普森ミルなどの専用機械で均一かつ十分に混練する現場に比べて手作業でも同等の値が得られており、ポリ袋内で混合する本実験の手法は実用度が高く優れている。作業的には、ポリ袋に所定量の骨材と珪酸ソーダを装てんして、袋の外から混合するので安全で清潔である。

2 脱ロウと铸込み

ロストワックス法では模型を取り出さずに溶かして除去する脱ロウが重要な工程である。一般的には、型全体を高温に加熱してロウを熔融・燃焼させることで完全に除去する。しかし、この工程における実践では、弊害があったので 2)、ここでは電子レンジ加熱による方法を検討している。本研究では融点が 138°C の Sn-Bi 合金を採用しており 3、4) 低温での铸込みが可能、と考えたからである。電子レンジによる 600W × 2~3 min の加熱・脱ロウで何ら問題なく静かな铸込みが可能であり、铸物にも铸造欠陥が生じていない。すなわち、铸込み温度が 160~170°C 程度の易融合金であれば、铸型の砂粒間空隙にロウが

残留しても、铸型空間が確保され、かつ铸込み時にロウが気化しなければ、ガス系の铸造欠陥が生じず正常な铸物が得られる。今回導入した電子レンジによる脱ロウでは煙や悪臭が発生していない。安全性や環境負荷の観点からも、電子レンジによる脱ロウは教材に適している。

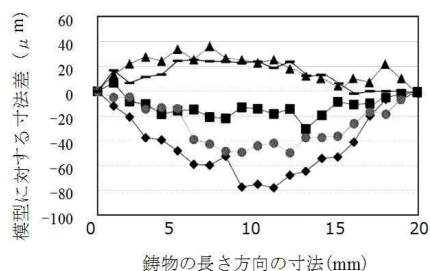


図4 歪みの測定による寸法精度評価 (試料数: 5)

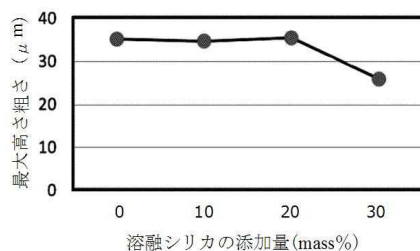


図5 熔融シリカの添加量と表面性状

3 铸造品の精度

歪み測定で铸物を評価している。図 4 に横軸に模型および铸物の長さ方向の距離をとり、縦軸に模型に対する铸物の寸法差を単位 μm として示す。両端がゼロになるようにして示しており、これらの線は代表的な 5 例を示したもので、いずれも最大で $80\ \mu\text{m}$ (0.08mm , 0.4%) 以下であり、模型形状の铸物への転写性が高く、手作業による造型でも非常に精度が高い。

図 5 は铸物の仕上がりを表面性状で評価した結果である。骨材の粒度分布は、けい砂に宇部硅砂 7 号 (粒度: 150 # ($100\ \mu\text{m}$) ピーク) を用い、これに 350 # (約 $43\ \mu\text{m}$) の熔融シリカを 10, 20, 30% 加えて変えている。全体として最大高さ粗さ $35\ \mu\text{m}$ 程度と十分な仕

上がりであり、特に溶融シリカ 30%では最大高さ粗さが $26\mu\text{m}$ である。鑄機メーカーによるロストワックス製品の最大高さ粗さは一般に $2\sim 20\mu\text{m}$ とされており 14), 簡易鑄型としては良好な状況といえよう。

本プロセスを中学校技術の授業で 120 名を対象に実践したところ不良率が 5%程度で鑄造現場に迫るものであり、アンケートでは溶融加工に対する理解度が大幅に改善していた。実践を通して安全性や環境性が良好なことを確認できており、現在は教材メーカーとの実用化を進めている。

文献

- 1) 日本鑄物協会編:改訂第4版 鑄物便覧, 丸善(株)pp. 147(1986)
- 2) 鈴木裕之, 田島俊造:低融点合金を用いたロストワックスの教材研究, 日本産業技術教育学会会誌 Vol. 48, No. 1, pp. 27-31(2006)
- 3) 芹沢弘二, 下川英恵, 寺崎健:Sn-Bi はんだの実用化状況と今後の課題, エレクトロニクス実装学会 Vol. 6, No. 5, pp. 394-399 (2003)
- 4) 菅沼克昭 酒井泰治 金権銖:Sn-Bi 共晶合金の組織および機械的性質へ及ぼす Ag 添加の影響, エレクトロニクス実装学会誌 Vol. 6, No. 5, pp. 414-419 (2003)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 件)

[学会発表] (計 件)

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

○取得状況 (計 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田島 俊造 (TASHIMA Shunzo)

広島大学大学院・教育学研究科・教授

研究者番号: 40136130