Journal of Islamic Crafts, 2026; 10 (1): 123-144

Journal of Islamic Crafts

Tabriz Islamic Art University 1999

DOI : http://dx.doi.org/10.66224/jic.10.1.392

Original Paper Open Access

Study of the Technology of Casting Using Ceramic Shell Molds in the Art of Metalworking

Ghasem Alipour[1], Akram Mohammadizadeh[2]*, Abbas Karimi[3]

1. Master's degree, Islamic Art Faculty, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran
2. Assistant Professor, Islamic Art Faculty, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran
3. Lecturer, Islamic Art Faculty, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

Received: 2025/05/19 Accepted: 2025/08/18

Abstract

Casting, as an ancient method, has been used by humans to control and shape metals since ancient times. The application of this art-industry has been carried out according to the needs of each civilization in creating various works, so that this method is among the most important inventions of mankind. The use of casting in the art of metalworking is carried out in various ways, among which casting using ceramic shell molds is the most common type among contemporary artists in the world, while the use of this method in Iran is often reserved for industrial applications because limitations in art education centers, such as inadequate facilities and incomplete technical knowledge, have caused artists and metalworking art enthusiasts to pay less attention to it. This research, in response to the question of what capabilities ceramic shell molds have in creating artistic volumes with the metal casting technique, seeks to understand more precisely the characteristics of this type of mold, especially in terms of dimensional accuracy, surface quality, and the ability to create works with complex details in metal art pieces. The purpose of this research is to investigate and evaluate ceramic shell molds using a practical model in the construction of artistic volumes. In the results of this research, it can be said that the use of these molds, in addition to providing greater accuracy and detail, is also effective in improving the mechanical properties and efficiency of the metal volume. This method has increased the speed of production of complex and delicate parts and has minimized the need for post-processing operations. This research is applied in terms of its purpose, descriptive-analytical in terms of its nature and method, and quantitative-qualitative in terms of data analysis. The data collection method was of a library and field type, involving the recording of the observations and experiences of the authors. In this research, the authors made a mold and cast it to obtain more objective and accurate results.

Keywords:

Metalworking Art, Ceramic Shell Molds, Metal Casting, Metal Volume

* Corresponding Author: a.mohammadizadeh@tabriziau.ac.ir

©2026 by the Authors.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

Introduction

The art of metalworking has undergone many changes and developments throughout history, as craftsmen in this field have used various techniques such as hammering, bending, and casting to create artistic and practical works. Among these historical methods, casting is one of the oldest advanced metalworking techniques, with a history dating back thousands of years. The first casting works belong to ancient civilizations such as Egypt, Mesopotamia, India, and Iran, where humans used this method to make tools, ornaments, weapons, and practical objects. This art gradually evolved over time, and with the advancement of human knowledge, it became one of the main pillars of metal industries. This method developed significantly during the Industrial Revolution, and in the last century, with the use of new technologies and advanced materials, it became one of the most basic production processes in various industries. Studying the history of casting shows the deep connection of this art with human needs and industrial developments throughout history.

The casting process includes making a preliminary model, molding it and making a mold, melting the metal, and pouring it into the mold in order to shape it after solidification, which is possible in various forms such as sand casting, pressure casting, and lost wax. These techniques are used in various industrial and artistic fields. Casting using ceramic shell molds is one of the lost wax methods, the use of which has been popular in various fields of art and industry in recent years. This method is important not only in the variety and accuracy of products, but also in the ability to mass-produce and the cost-effectiveness of the production process. These molds are known as one of the efficient methods for producing high-quality metal parts due to their unique features, such as high heat resistance, dimensional accuracy, and the ability to produce complex details. However, this method has not received much attention from artists in Iran because the lack of written technical resources and limited facilities has caused artists to use other casting methods to create their works. Therefore, addressing this area is essential to creating new perspectives in the creation of works of art. The present study aims to investigate and evaluate ceramic shell molds in metal casting and seeks to answer the question of what capabilities ceramic shell molds have in creating artistic volumes with the metal casting technique. First, it studies lost wax casting methods and the raw materials used in this method, as well as provides a practical explanation of the casting process with ceramic shell molds.

Materials and Methods

This research is of an applied type based on its purpose and descriptive-analytical research based on its nature and method. The method of data analysis in this research is quantitative-qualitative, and the data collection method is of a library and field type, which was carried out by recording the authors' observations and experiences regarding the process of model making, ceramic shell molding, and brass alloy casting step by step.

Results

Ceramic shell molds have certain advantages and disadvantages compared to plaster molds, which affect the choice between these two types of molds, depending on the type of application and production needs. One of the most important advantages of ceramic shell molds is their high accuracy in producing parts. These molds are able to create more precise and complex details than plaster molds. This feature is especially useful for producing parts with complex shapes or requiring high accuracy in dimensions and sizes. Also, ceramic molds have the ability to withstand very high temperatures. This feature makes them suitable for use in casting metals with high melting points, such as steel, titanium, and other high-temperature alloys, while plaster molds can only withstand lower temperatures. The mechanical strength of ceramic molds is also higher than that of plaster molds. These molds are more resistant to the stresses and strains of the casting process, which makes them more efficient in more complex processes and on

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

larger scales. In addition, ceramic molds have better corrosion resistance, which gives them a significant advantage in harsh industrial conditions. As a result, these molds are a good choice for producing parts that are exposed to corrosive materials or high temperatures. However, ceramic shell molds also have disadvantages. One of these disadvantages is the higher cost of these molds compared to plaster molds. The production of ceramic molds requires special materials and more complex processes, which increases the cost of production. In addition, the manufacturing time of ceramic molds is usually longer than that of plaster molds. This factor can become a limitation in cases where parts need to be produced quickly.

Discussion

Ceramic molds require more specialized and sophisticated equipment, while gypsum molds can be made with simpler equipment and are therefore less expensive to manufacture. Ultimately, the choice between ceramic and gypsum shell molds will depend on the type of manufacturing requirement and environmental conditions. Ceramic molds are a good choice when precision, high-temperature resistance, and mechanical strength are important, while gypsum molds may be a better choice for applications where cost and manufacturing time are more important.

Conclusion

The use of metal casting methods in the production of works of art has a rich historical background in Iran. This is evident from studying the history of metalworking art, as most of the masterpieces of metalworking art were made using this method by historical craftsmen. With the advancement of industry and new technologies, casting methods have been developed in recent centuries, and the use of new methods such as ceramic shell molds has replaced traditional methods. Casting metal works with ceramic shell molds is one of the lost wax casting methods, in which, after modeling and initial molding, a wax model is made by combining three parts of refractory materials, modifiers, and adhesives and molded in layers in several stages. After undergoing the process of dewaxing and evaporation in a furnace, the metal materials are melted and cast into these molds. In this study, based on practical experiences, it can be said that ceramic shell molds are known as one of the important methods for producing metal parts with high precision and desirable surface quality. These molds have very high heat resistance, which, in addition to speeding up the molding and dewaxing process, provides appropriate dimensional accuracy in the final product. Although the use of heat-resistant refractories such as zirconia and alumina has increased the cost of manufacturing these molds compared to other methods, they have a significant effect on increasing accuracy and producing complex details in a way that reduces the duration of post-casting finishing operations. The use of fused materials in these molds has increased their resistance to thermal shocks, which has led to a reduction in losses in the molten material casting process and can well meet the needs of artists, especially in the manufacture of limited-volume parts. Ultimately, the small volume of refractory materials used to make these molds is very important in reducing material waste, which can play an important role in environmental assessment and its wider acceptance in the field of art.

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

This page is intentionally rendered without text

این صفحه آگاهانه بدون متن ارائه شده است

هنرهای صناعی اسلامی، ۱۴۰۵؛ ۱۰ (۱) :۱۴۴-۱۲۳

Journal of Islamic Crafts

DOI : http://dx.doi.org/10.66224/jic.10.1.392

مقاله پژوهشی

دسترسی آزاد

مطالعه فناوری شیوه ریخته‌گری به روش قالب‌های پوسته سرامیکی در هنر فلزکاری

قاسم علی‌پور[۱]، اکرم محمدی زاده[۲]*، عباس کریمی[۳]

۱. کارشناسی ارشد هنرهای اسلامی (فلز)، دانشکده هنرهای صناعی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
۲. استادیار، دانشکده هنرهای صناعی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
۳. مربی، دانشکده هنرهای صناعی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

دریافت: ۱۴۰۴/۲/۲۹ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۲۷

چکیده

ریخته‌گری به‌عنوان یک روش قدیمی، از دیرباز تاکنون برای مهار و شکل‌دهی فلزات مورداستفاده بشر قرار گرفته است. به‌کارگیری این هنر – صنعت با توجه به نیازهای هر تمدن در خلق آثار مختلف صورت‌گرفته تا این روش در زمره مهم‌ترین ابداعات بشر قرار گیرد. استفاده از ریخته‌گری در هنر فلزکاری به روش‌های مختلف صورت می‌پذیرد که از بین آن‌ها ریخته‌گری به روش قالب‌های پوسته سرامیکی رایج‌ترین نوع در بین هنرمندان معاصر جهان است، درصورتی‌که استفاده از این شیوه در ایران اغلب به مصارف صنعتی اختصاص‌یافته چرا که محدودیت‌های موجود در مراکز آموزشی هنر همچون امکانات ناکافی و دانش فنی ناقص موجب شده تا هنرمندان و علاقه‌مندان هنر فلزکاری کمتر بدان توجه نمایند. این پژوهش در پاسخ به این پرسش که قالب‌های پوسته سرامیکی چه قابلیت‌هایی در ساخت احجام هنری با تکنیک ریخته‌گری فلز دارند؟ به دنبال شناخت دقیق‌تر از ویژگی‌های این نوع قالب‌ها، به‌ویژه از نظر دقت ابعادی، کیفیت سطح و توانایی ساخت اثر با جزئیات پیچیده در قطعات هنری فلزی است. هدف از این پژوهش بررسی و ارزیابی قالب‌های پوسته سرامیکی با استفاده از یک الگوی عملی در ساخت احجام هنری است. در نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت استفاده از این قالب‌ها علاوه بر دقت و جزئیات بیشتر در بهبود خواص مکانیکی و کارایی حجم فلزی نیز مؤثر است. این روش سرعت تولید قطعات پیچیده و ظریف را افزایش داده و نیاز به عملیات پس پرداخت را به حداقل رسانده است. این پژوهش بر اساس هدف از نوع کاربردی، بر اساس ماهیت و روش از نوع پژوهش‌های توصیفی- تحلیلی و بر اساس تجزیه‌وتحلیل داده، کمی-کیفی است. روش گردآوری داده‌ها از نوع کتابخانه‌ای و میدانی به روش ثبت مشاهدات و تجربیات نگارندگان بوده است. در این پژوهش نگارندگان اقدام به ساخت قالب و ریخته‌گری آن نموده‌اند تا نتایج عینی و دقیق‌تر حاصل گردد.

واژگان کلیدی

هنر فلزکاری، قالب‌های پوسته سرامیکی، ریخته‌گری فلز، حجم‌های فلزی

* مسئول مکاتبات: a.mohammadizadeh@tabriziau.ac.ir

©2026 by the Authors.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

۱. مقدمه

هنر فلزکاری در طول تاریخ دستخوش تغییر و تحولات بسیاری بوده که صنعتگران این حوزه با بهره‌مندی از فنون مختلفی همچون چکش‌کاری، خم‌کاری و ریخته‌گری در خلق آثار هنری و کاربردی مبادرت ورزیده‌اند. از بین این شیوه‌های تاریخی، ریخته‌گری از کهن‌ترین فنون پیشرفته فلزکاری است که تاریخچه آن به هزاران سال پیش باز می‌گردد. نخستین آثار ریخته‌گری به تمدن‌های باستانی همچون مصر، بین‌النهرین، هند و ایران تعلق دارد، جایی که انسان‌ها برای ساخت ابزار، زیورآلات، سلاح و اشیا کاربردی از این روش استفاده می‌کردند. این هنر با گذر زمان و پیشرفت دانش بشر، به‌تدریج تکامل یافت و به یکی از ارکان اصلی صنایع فلزی تبدیل شد. این شیوه در دوران انقلاب صنعتی، به طور قابل‌توجهی توسعه پیدا کرد و در قرن اخیر با استفاده از تکنولوژی‌های نوین و مواد پیشرفته، به یکی از اساسی‌ترین فرایندهای تولید در صنایع مختلف تبدیل شد. مطالعه تاریخچه ریخته‌گری نشان‌دهنده پیوند عمیق این هنر با نیازهای بشر و تحولات صنعتی در طول تاریخ است.

فرایند ریخته‌گری شامل ساختن مدل اولیه، قالب‌گیری از آن و ساخت قالب، ذوب کردن فلز و ریختن آن به داخل قالب به‌منظور شکل‌دهی به آن پس از انجماد است که در شکل‌های گوناگونی همچون ریخته‌گری ماسه‌ای، ریخته‌گری تحت‌فشار و موم گم‌شده امکان‌پذیر است. این فنون در بسترهای مختلف صنعتی و هنری مورداستفاده قرار می‌گیرند. ریخته‌گری به روش قالب‌های پوسته سرامیکی به یکی از روش‌های نوع موم گم‌شده اطلاق می‌گردد که استفاده از آن در سال‌های گذشته در حوزه‌های مختلف هنر و صنعت رواج داشته است. این روش نه‌تنها در تنوع و دقت محصولات، بلکه در قابلیت تولید انبوه و صرفه اقتصادی در سرعت فرایند تولید دارای اهمیت است. این قالب‌ها به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود مانند مقاومت حرارتی بالا، دقت ابعادی و قابلیت تولید جزئیات پیچیده، به‌عنوان یکی از روش‌های کارآمد در تولید قطعات فلزی باکیفیت بالا شناخته شده‌اند. بااین‌حال این شیوه در ایران چندان موردتوجه هنرمندان قرار نگرفته است، چرا که عدم برخورداری از منابع فنی مکتوب و محدودیت در امکانات موجب شده هنرمندان بیشتر از سایر شیوه‌های ریخته‌گری برای ساخت آثارشان استفاده نمایند؛ لذا پرداختن به این حوزه جهت ایجاد چشم‌اندازهای نو در خلق آثار هنری امری ضروری است. پژوهش حاضر باهدف بررسی و ارزیابی قالب‌های پوسته سرامیکی در ریخته‌گری فلزات درصدد پاسخ به این پرسش که قالب‌های پوسته سرامیکی چه قابلیت‌هایی در ساخت احجام هنری با تکنیک ریخته‌گری فلز دارند؟ ابتدا به مطالعه شیوه‌های ریخته‌گری موم گم شده و مواد اولیه مورداستفاده در این روش و همچنین به توضیح عملی فرایند ریخته‌گری با قالب‌های پوسته سرامیکی پرداخته است.

۲. پیشینه پژوهش / چارچوب نظری

در خصوص شیوه‌های موجود در ریخته‌گری فلزات و همچنین توضیح فرایند روش‌های ریخته‌گری منابع گسترده‌ای موجود است که از بین آن‌ها منابع محدودی به جزئیات قالب‌های پوسته سرامیکی پرداخته‌اند. اغلب منابع به‌صورت کلی این روش از ریخته‌گری را جهت ساخت قطعات صنعتی مورد بررسی قرار داده‌اند، اما ارزیابی عملی مشخصی در خصوص شیوه‌های ساخت آثار هنری با این تکنیک ارائه نشده است. مسعود رنگی و سعید کاویانی (۱۳۹۴) در کتاب «موم و قالب سرامیکی در ریخته‌گری دقیق» به بررسی انواع موم‌ها و تولید و آماده‌سازی آن‌ها پرداخته‌اند؛ در ادامه انواع مواد مورداستفاده در ساخت قالب‌های پوسته سرامیکی را شرح داده و کلیتی از قالب‌گیری و ریخته‌گری با این روش را ارائه نموده‌اند. مسعود علیزاده، امیر مقصودی پور، سعید حصارکی و عباس کشاورز (۱۳۸۹)در مقاله‌ای با عنوان «اثر ماده آلی روی خواص پوسته قالب سرامیکی مورداستفاده در ریخته‌گری دقیق» در چهارمین همایش مشترک انجمن مهندسین متالوژی و انجمن ریخته‌گری ایران، به اهمیت چسب سیلیس کلوئیدی در ساخت قالب‌های سرامیکی و به چگونه برطرف کردن نقاط ضعف و استحکام بخشیدن به این چسب‌ها برای جلوگیری از ترک‌خوردن قالب‌ها با استفاده از مواد افزودنی مختلف که به قالب‌ها استحکام می‌بخشد، پرداخته‌اند. همچنین سی. دبلیو آمن (۱۳۸۱)، در کتاب «راهنمای ریخته‌گری» به روش‌ها و مراحل اجرای ریخته‌گری فلزات پرداخته است. فرد.

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

آر سیاس (۱۳۹۵)، در کتابی با عنوان «ریخته‌گری به روش موم سوزی» به بررسی و تحلیل روش موم‌سوزی و راه‌گاه‌گذاری می‌پردازد. سعید طارمی و محمد بابازاده آغاسماعیلی (۱۳۸۴) در کتابی باعنوان «ریخته‌گری دقیق» داده‌های جامعی از فرایند ریخته‌گری قطعات صنعتی با روش قالب‌های پوسته سرامیکی را مورد بحث قرار داده‌اند. جاین میلز (۲۰۰۱)در کتاب" Chrysalis, Encyclopedia of Sculpture Techniques " به نحوه ساخت انواع مدل‌های مومی مورداستفاده در ریخته‌گری فلزات پرداخته و در ادامه توضیح کاملی از فرایند ریخته‌گری این مدل‌ها با قالب‌های گچی ارائه نموده است. در این پژوهش علاوه بر بررسی سیر تحول ریخته‌گری در تاریخ هنر ایران به مطالعه فنی و تجربی این تکنیک پرداخته شده است و تجربیات نگارندگان در این خصوص به‌صورت عینی مشاهده و ثبت گردیده است.

۳. روش پژوهش

این پژوهش بر اساس هدف از نوع کاربردی و بر اساس ماهیت و روش از نوع پژوهش‌های توصیفی- تحلیلی است. روش تجزیه‌وتحلیل اطلاعات در این پژوهش کمی- کیفی است و روش گردآوری داده‌ها از نوع کتابخانه‌ای و میدانی است که از طریق ثبت مشاهدات و تجربیات نگارندگان در خصوص فرایند ساخت مدل، قالب‌گیری پوسته سرامیکی و ریخته‌گری با آلیاژ برنج به‌صورت مرحله‌به‌مرحله صورت‌گرفته است.

٤. پیشینه استفاده از ریخته‌گری فلز در ایران

ریخته‌گری به زبان ساده به فرایندی گفته می‌شود که «طی آن ماده مذاب در فضای خالی قالب ریخته می‌شود تا پس از سردشدن سخت شود و به شکل نهایی درآید» (غضنفری سوادکوهی، ۱۳۸۲، ص. ۸۵).

ریخته‌گری به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تولید اشیا فلزی، سابقه‌ای طولانی در تمدن ایران دارد. ریخته‌گری به‌طورکلی فرایندی باستانی است که کاربرد وسیعی در روش‌های مجسمه‌سازی و صنعت دارد «از دوره‌های گذشته انسان‌های اولیه با جریان‌یافتن فلزمذاب حاصل از سنگ معدن مس در کنار آتش گداخته‌ای که در زمین افروخته بودند و انجماد آن در یک گودال، با فرایند ریخته‌گری آشنا شدند» (اشتری، ۱۳۸۸، ص. ۲۵۴).

شواهد باستان‌شناسی نشان می‌دهد که صنعت ریخته‌گری در ایران حداقل از هزاره سوم پیش از میلاد در مناطقی مانند سیلک، کاشان، تپه حسنلو، شهداد کرمان و تپه زیویه کردستان رایج بوده است (Pigott, 1999, p.106-73). (شکل۱)

شکل۱. قالب ریخته‌گری و بوته ذوب فلز، هزاره اول پ.م، موزه آذربایجان

Figure 1. Casting mold and metal melting crucible, 1st millennium BC, Azarbaijan Museum

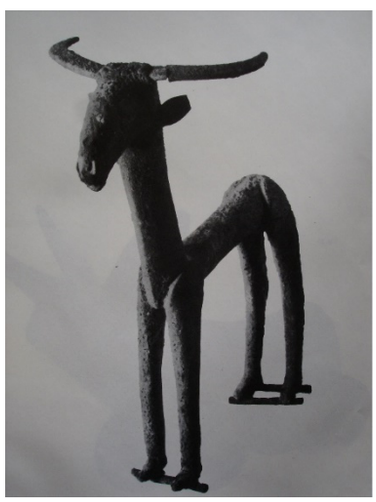
[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

فلات ایران و فرهنگ مستقر در آن، با اتکا به مدارک باستان‌شناختی، یکی از نخستین مناطق و جوامعی بود که به فناوری ذوب و استخراج فلز (مس) دست‌یافت (اکبرزاده، ۱۳۹۱، ص.۷). در محوطه‌هایی مانند شهداد کرمان، اشیا ریخته‌گری شده‌ای از مفرغ و مس یافت شده‌اند که از پیشرفت شیوه‌های ذوب و شکل‌دهی فلز در دوره عیلامی و مادها حکایت دارد (هینتس، ۱۳۹۹، ص.۱۱۲). مفرغ‌سازان لرستان کارگاه‌های ذوب و ریخته‌گری کاملی داشتند و در آنجا به خلق آثار خود می‌پرداختند. جالب این است که قالب‌گیری و ریخته‌گری مفرغ‌های لرستان یکی از پیشرفته‌ترین روش‌های مفرغ‌سازی است که امروزه نیز از این روش‌ها استفاده می‌شود. (شکل۲). تاریخی که برای اشیای مفرغی ارائه شده در فاصله ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ سال ق.م است. اقوامی که این اشیا را تولید کرده‌اند کاسی‌ها و کیمیریان بوده‌اند. (آژند، ۱۳۹۰، ص. ۲۶). بنابر آثار مکشوفه از تپه‌های باستانی ساخت حجم‌های مفرغی به روش ریخته‌گری از تکنیک‌های رایج هزاره اول پ.م در بین اقوام ایرانی بوده است (شکل۳). در کاوش‌های محوطه باستانی قلی‌درویش جمکران (قم)، مربوط به عصر آهن ۱و۲ چند کوره ذوب فلز و فلزگری همراه با اشیا آهنی، مفرغی و طلا و قالب‌های سنگی و سفالی همراه با قطعات بوته‌های سفالی ذوب فلز و سرباره‌های فلزات مختلف و سنگ فلز آهن و مس مورد شناسایی قرار گرفت که به وضوح نمایانگر پیشرفت و تحول فلزگری در فرهنگ‌های عصر آهن حاشیه غربی کویر مرکزی ایران است (اکبرزاده، ۱۳۹۱، ص. ۸)

شکل۲. لگام اسب، مفرغ لرستان، هزاره اول پ.م، موزه لرستان

Figure 2. Horse bridle, bronze from Lorestan, first millennium BC, Lorestan Museum



شکل۳. مجسمه مفرغی، مارلیک، هزاره اول پ.م (نگهبان، ۱۳۷۸، ص. ۴۴۶)

Figure 3. Bronze statue, Marlik, 1st millennium BC (Negahban, 1999,p.446)

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

در دوران هخامنشی (۵۵۰ – ۳۳۰ ق.م) ریخته‌گری به اوج خود رسید. کاوش‌های تخت‌جمشید و پاسارگاد گواه استفاده از قالب‌های دائمی برای تولید انبوه ابزار و قطعات تزیینی فلزی هستند (شکل۴).

شکل٤. دستبند طلا، با دو سر بز کوهی ریخته‌گری، هخامنشی (اکبرزاده، ۱۳۹۱، ص. ۳۹)

Figure 4. Golden Bracelet, with two heads of a cast goat, Achaemenid (Akbar zadeh. 2012,p. 39)

در دوره اشکانی و بعد از آن با روی کار آمدن ساسانیان (۲۲۴ – ۶۵۱ میلادی) استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر ریخته‌گری افزایش یافت. نمونه‌های متعددی از ظروف نقره و برنز ساسانی که با روش‌های ریخته‌گری و چکش‌کاری تولید شده‌اند، در موزه‌های معتبر جهان نگهداری می‌شوند (شکل۵ و ۶).

شکل۵. مرد مفرغی شمی، دوره پارتی، موزه ملی ایران

Figure 5. Shami Bronze Man, Parthian Period, National Museum of Iran

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

شکل٦. پایه‌تخت به شکل گریفین، مفرغ ریخته‌گری، دوره ساسانی (مصباح و شادرخ، ۱۴۰۱، ص. ۱۸۱)

Figure 6. Bed base in the shape of a griffin, cast bronze, Sasanian period (Mesbah& Shadrokh, 2022, p. 181)

در دوران اسلامی و بالاخص بعد از قرن ۱۰م (۶هجری) هنر تولید، قالب‌گیری و ریخته‌گری فلزات، رشد چشمگیری پیدا نمود و در این دوران ظروف و اشیای گوناگونی را که به شکل جانوران، مجسمه‌های کوچک پرندگان، جعبه جواهر، قلمدان، پایه‌های شمعدان، تنگ‌های زیبا، فانوس‌های مشبک، قاب‌های آینه و آفتابه را قالب‌گیری و ریخته‌گری می‌کردند و بعد آن‌ها را پرداخت و با زیبایی و هنر تمام، قلمزنی و حکاکی می‌نمودند (اشتری، ۱۳۸۸، ص. ۸۵) (شکل۷و۸).

شکل۷. عودسوز مفرغی، دوره سلجوقی، قرن ۱۲ م (khalili, 2012.p.112)

Figure 7. Bronze incense burner, Seljuk period, 12th century AD(khalili, 2012.p.112)

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

شکل ۸. دیگ مفرغی، ریخته‌گری، قرن ۱۵ م، مقبره خواجه احمد یسوی

Figure 8. Bronze cauldron, foundry, 15th century AD, tomb of Khwaja Ahmad Yesavi

۲. ضرورت استفاده از شیوه ریخته‌گری در ساخت آثار هنری

ریخته‌گری به‌عنوان یکی از کهن‌ترین شیوه‌های تولید نه‌تنها در خدمت صنعت، بلکه همواره دارای پیوندی عمیق باهنر بوده است. در تمدن‌های باستانی، این روش اغلب برای ساخت اشیای تزیینی و کاربردی باارزش زیبایی‌شناسی بالا به کار گرفته می‌شد و به‌عنوان یکی از تکنیک‌های رایج مورداستفاده قرار می‌گرفت (چراغی و دیگران، ۱۴۰۰، ص. ۲۸). این پیوند تاریخی نشان دهنده آن است که هنر نقش محوری در شکل‌گیری ساختار زیبایی، معنا و عملکرد قطعات ریخته‌گری شده ایفا می‌نموده است. امروزه نیز استفاده از مفاهیم و فرم‌های هنری در فرایند طراحی و انجام ریخته‌گری، نه‌تنها ارزش زیبایی‌شناختی محصولات را افزایش می‌دهد، بلکه به خلق آثاری ماندگار با هویت فرهنگی و ملی کمک می‌کند (هینتس، ۱۳۹۹، ص. ۱۱۸). بسیاری از مجسمه‌سازان، طراحان‌صنعتی و حتی معماران از شیوه‌های ریخته‌گری برای تجسم آثار خلاقانه خود استفاده می‌کنند، چرا که این روش امکان بازتولید جزئیات دقیق و فرم‌های پیچیده را فراهم می‌سازد (Rogers, 2005,p. 34).

از سوی دیگر، کاربرد ریخته‌گری در هنر موجب ارتقا سطح کیفی محصولات این حوزه شده است. به طور مثال شیوه موم گم‌شده در خلق آثاری نفیس نظیر تندیس‌ها، ظروف فلزی و قطعات تزیینی با نقوش نمادین و فرهنگی کاربرد فراوان داشته است (Lopez 2009,p.102) همچنین آموزش مفاهیم هنری در کنار مهارت‌های فنی ریخته‌گری به هنرمندان و صنعتگران، موجب توسعه خلاقیت و توانمندی در طراحی آثار منحصربه‌فرد شده است.

نیاز به کسب دانش، تجربه و مهارت در تکنیک ریخته‌گری بسیار ضروری است و اغلب مراکز هنری و کارگاه‌های فلزکاری در حوزه هنر کمتر به استفاده از این شیوه پرداخته‌اند، درصورتی‌که این شیوه نسبت به دیگر شیوه‌های ساخت بدنه‌های فلزی مزایای بیشتری دارد. در تهیه قطعات هنری روش ریخته‌گری به دلیل داشتن ویژگی‌های خاص از نظر تکنولوژی و جنبه‌های اقتصادی به‌عنوان یک روش مهم و اساسی مطرح است، در این روش دسترسی هنرمند به ساخت فرم و حجم‌های متنوع آسان‌تر بوده است و از طرف دیگر تولید و سرعت عمل در ساخت اثر بسیار بالاتر است. قابلیت تولید فرم یکسان و امکان تولید احجام پیچیده و ظریف از دیگر ویژگی‌های ریخته‌گری می‌توان لحاظ کرد. ازآنجایی‌که این روش با استفاده از ذوب فلز انجام می‌پذیرد، لذا امکان بازیافت ماده فلز با استفاده از ذوب مجدد نیز فراهم می‌گردد و نیز ساخت احجام با آلیاژهای مختلف با استفاده از ذوب انواع مواد فلزی میسر است. در این تکنیک امکان استفاده از انواع شیوه‌های ریخته‌گری نظیر: خاک و ماسه، موم گمشده وجود دارد (مراودات شخصی با بهزاد قوامی، کارآفرین حوزه ریخته‌گری، ۱۴۰۳/۱۰/۱۵).

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

۳. شیوه‌های ریخته‌گری در ساخت آثار هنری فلز

در طول تاریخ از ریخته‌گری فلز در حالت‌های گوناگون جهت ساخت آثار فلزی بهره گرفته شده است به‌نحوی که در دوره معاصر این روش در اشکال گسترده و پیشرفته‌تری مطابق با نوع و فرم اثر با توجه به نکات اقتصادی و سرعت تولید مورداستفاده هنرمندان و صنعتگران قرار می‌گیرد. در حوزه هنر اغلب از شیوه‌های ریخته‌گری ماسه‌ای و ریخته‌گری موم گم‌شده یا دقیق استفاده می‌شود که هر یک از این حالت‌ها دارای مزایا و معایب متفاوتی هستند.

۳-۱. ریخته‌گری ماسه‌ای

فرایند ریخته‌گری ماسه‌ای (Sand Casting)یک روش در حوزه ریخته‌گری فلزات است که در آن ماسه یا سیلیس به‌عنوان ماده اصلی برای ساخت قالب استفاده می‌شود. بیش از ۶۰ درصد از کل قطعات ریخته‌گری به‌وسیله ریخته‌گری ماسه‌ای تولید می‌شوند در این روش فلز ذوب شده در داخل قالب ماسه‌ای ریخته می‌شود (Mills,2001,p.70). در واقع فرایند ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای با ساخت یک مدل از چوب یا فلز آغاز شده و با فشردن ماسه در اطراف مدل در دو تکه مجزا قالب شکل می‌گیرد. این روش به‌دلیل قیمت ارزان و اقتصادی بودن اغلب جهت ساخت قطعات بزرگ استفاده می‌شود، اما محدودیت در ساخت فرم‌های پیچیده و نامتقارن و همچنین دقت ابعادی و سطحی پایین باعث شده تا امکان ساخت آثار ظریف و پیچیده را نداشته باشد (kalpakjian&Schmid,2014,p. 297).

شکل۹. ریخته‌گری ماسه‌ای

Figure 9. Sand casting

۳-۲. ریخته‌گری موم گم‌شده (دقیق)

«فرایند موم گمشده (Lost wax casting) یک روش سنتی ریخته‌گری فلزات، به‌ویژه برنز است که برای ایجاد اشیای پیچیده و دقیق مانند مجسمه‌ها و جواهرات استفاده می‌شود. این روش با قدمتی بیش از ۵۰۰۰ سال، از دوران مصر باستان تا دوران رنسانس و حتی در هنرهای آفریقایی و یونانی مورداستفاده قرار گرفته است. از مزایای این روش دقت بالا در بازتولید جزئیات، به‌ویژه در ساخت مجسمه‌ها و آثار هنری باارزش است، در عوض این روش فرایندی پیچیده و زمان‌بر است که نیاز به مهارت‌های تخصصی دارد و ممکن است در برخی مواقع مشکلات فنی مانند پر نشدن کامل قالب یا تغییر شکل جزئیات رخ دهد. باوجود این‌که امروزه روش‌های دیگری برای ریخته‌گری فلزات وجود دارد، فرایند موم گم‌شده به دلیل دقت و کیفیت بالای آن همچنان در تولید آثار هنری و جواهرات مورداستفاده قرار می‌گیرد» (Rich,1974,p.147). در این روش، مدل از موم ساخته

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

شده و با دوغاب گچی یا سرامیکی پوشانده می‌شوند. پس از ذوب موم قالب باقی‌مانده برای ریختن فلزمذاب استفاده می‌شود. این روش همان‌طور که ذکر گردید اغلب برای قطعات پیچیده بادقت بالا کاربرد دارد.

ریخته‌گری به روش موم گم‌شده اغلب به دو صورت در قالب‌های گچی و قالب‌های پوسته سرامیکی صورت می‌پذیرد. ریخته‌گری در قالب‌های گچی از روش‌های دقیق و هنری برای تولید قطعات فلزی با جزئیات بالا است که اغلب برای ساخت قطعات تزیینی و مجسمه‌های هنری از آن استفاده می‌شود. در این روش مدل مومیِ موردنظر پس از راهگاه گذاری در داخل یک محفظه قرار گرفته و با گچ مخصوصِ ریخته‌گری قالب‌گیری صورت می‌گیرد. در ادامه پس از سخت‌شدن گچ و طی فرایند خشک‌کردن قالب، مدل مومی با اعمال حرارتی حدود ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد از داخل قالب خارج و مرحله تبخیر موم در دمای بالای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. در مرحله آخر فضای خالی به‌دست‌آمده از خروج و تبخیر موم با برنز مذاب پر می‌شود و پس از سردشدن فلز، قالب گچی شکسته و قطعه نهایی استخراج می‌شود (سیاس، ۱۳۹۵، ص.۱۶). نوع دوم ریخته‌گری به روش موم گمشده استفاده از قالب‌های پوسته سرامیکی است که موضوع اصلی این مقاله بوده که در ادامه بدان پرداخته خواهد شد.

٤. ریخته‌گری با قالب‌های پوسته سرامیکی

قالب‌های پوسته سرامیکی (Casting with ceramic shell mold) یکی از فناوری‌های پیشرفته در صنعت ریخته‌گری هستند که به طور ویژه در تولید قطعات پیچیده استفاده می‌شوند. این قالب‌ها به دلیل خواص عالی مواد سرامیکی در برابر حرارت و تغییرات دما، برای ریخته‌گری فلزات با دمای ذوب بالا بسیار مناسب هستند. روش پوسته سرامیکی از فناوری‌های جدیدتری بهره می‌برد که در اواسط دهه ۱۹۶۰ میلادی از صنعت ریخته‌گری صنعتی اقتباس شده است. امروزه در حدود ۹۵ درصد از کل ریخته‌گری‌های انجام شده در ریخته‌گری‌های هنری تجاری مورداستفاده قرار می‌گیرد (Langland,1999,p. 115).

قالب‌های پوسته سرامیکی، قالب‌هایی هستند که از لایه‌های نازک مواد سرامیکی ساخته می‌شوند. این قالب‌ها با استفاده از روش‌های مختلف، مانند غوطه‌وری و پوشش‌دهی، بر روی یک مدل مومی ایجاد می‌شوند (آمن، ۱۳۸۱، ص. ۳۹). در فرایند قالب‌گیری پوسته سرامیکی، ابتدا یک مدل مومی از قطعه موردنظر ساخته می‌شود. سپس این مدل به‌صورت متوالی در دوغاب سرامیکی غوطه‌ور شده و با پاشش ذرات ریز پوشانده می‌شود. این مراحل تکرار می‌شوند تا لایه‌های متعددی تشکیل شده و پوسته‌ای باضخامت و استحکام مناسب ایجاد گردد. پس از خشک‌شدن و سخت‌شدن پوسته، موم از داخل آن حذف شده و قالب سرامیکی آماده برای ریخته‌گری فلز می‌شود. این روش امکان تولید قطعات بادقت بالا، سطح صاف و جزئیات پیچیده را فراهم می‌کند (Rezaee,2024,p.15).

٤-١. بررسی مواد اولیه مورداستفاده در ریخته‌گری با قالب‌های پوسته سرامیکی

قالب‌های پوسته سرامیکی نیز مانند سایر بدنه‌های سرامیکی از اجزا تشکیل‌دهنده یک سیستم قالب‌گیری سرامیکی پیروی می‌کنند که عبارت‌اند از: مواد دیرگداز، چسب، روان‌ساز.

• مواد دیرگداز

«اکثر مواد دیرگداز نسبت به فلز ریختگی نقطه ذوب بالاتری دارند، اما این فقط یک خاصیت مطلوب آن‌ها است. به‌عنوان‌مثال بر اساس خواص انبساط حرارتی، مواد دیرگدازی که از لحاظ پایداری ابعادی و مقاومت به شوک حرارتی ضعیف هستند، حذف می‌شوند. در بین مواد دیرگداز فیوزد سیلیکا کمترین و سیلیس بیشترین مقدار انبساط حرارتی را داشته و زیرکون و آلومینا به ترتیب بعد از فیوزد سیلیکا قرار دارند. در جدول ۱، خواص مواد دیرگداز مورداستفاده در قالب‌های سرامیکی ارائه شده

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

است» (طارمی و بابازاده آغ اسماعیلی، ۱۳۸۴، ص. ۲۱).

جدول ۱. خواص مواد دیرگداز مورداستفاده در قالب‌های سرامیکی (طارمی و بابازاده آغ اسماعیلی، ۱۳۸۴، ص. ۲۲).

Table 1. Properties of refractory materials used in ceramic molds(Taromi & Babazadeh Agh Esmaili,2005, p. 22)

ماده دیرگداز	فرمول شیمیایی	نقطه ذوب تقریبی (C°)	چگالی (g/cm³)
مولایت	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	1810~	3.10 – 2.70
کیانیت	Al_2SiO_5	1545	3.65 – 3.53
سیلیمانیت	Al_2SiO_5	1545	3.26 – 3.24
آندالوزیت	Al_2SiO_5	1500	3.20 – 3.15
رس دیرگداز (کائولینیت)	$Al_2Si_2O_5\ (OH)_4$	تجزیه در 500–600	2.65 – 2.58
اکسید آلومینیوم (آلومینا)	Al_2O_3	2050	4.00~
فیوژدسیلیکا	SiO_2(آمورف)	1710	2.2~
سیلیس کریستالی (کوارتز)	SiO_2	1710	2.65~
زیرکون	$ZrSiO_4$	2550	4.65 – 4.50

• چسب

وظیفه اصلی چسب دوغاب سرامیکی: اتصال ذرات دیرگداز درشت به یکدیگر است. ذرات چسب 5-10mμ است. در نتیجه نسبت سطح ذرات بسیار بالا است. چسب‌های مورداستفاده اغلب سل‌های سیلیس یا سیلیکات‌ها هستند و ممکن است پایه آبی یا الکلی باشند که در نتیجه به تفکیک تشریح شده است:

– چسب‌های پایه آبی

سل‌های سیلیس کلوئیدی

– چسب‌های پایه الکلی

اتیل سیلیکات

ایزوپروپیل سیلیکات

مشتقات الکل سیلیکات (سیلیکات‌های آمینوالکیل)

چسب‌هایی که امروزه بیشتر در ریخته‌گری دقیق به کار می‌روند، عموماً اتیل‌سیلیکات یا سیلیس کلوئیدی است» (طارمی و بابازاده آغ اسماعیلی، ۱۳۸۴، ص. ۲۴).

• روان‌سازها (بهینه‌سازی دوغاب)

برای افزایش کارایی و عمر دوغاب در قالب‌های پوسته سرامیکی، می‌بایست به مجموعه‌ای از اصول و روش‌های علمی و فنی پایبند بود. دوغاب‌های سرامیکی در قالب‌های پوسته‌ای نقش حیاتی ایفا می‌کنند، چرا که کیفیت و استحکام نهایی قطعات ریخته‌گری شده به ویژگی‌های این دوغاب‌ها وابسته است. به همین دلیل، دوغاب سرامیکی باید بهینه‌سازی شود که این کار

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

باعث افزایش کارایی و عمر دوغاب‌ها می‌شود که موارد زیر در بهینه‌سازی دوغاب‌ها بسیار مهم هستند.

۱. انتخاب مواد اولیه باکیفیت

۲. بهینه‌سازی فرمولاسیون دوغاب

۳. کنترل دقیق پارامترهای فرایند

۴. بهبود شرایط نگهداری

۵. استفاده بهینه از دوغاب

۶. بازیافت دوغاب

علاوه بر مواد اولیه مورداستفاده در قالب‌های پوسته سرامیکی استفاده از انواع موم‌های مختلف نیز می‌تواند در کیفیت آثار ریخته‌گری شده مؤثر باشد. استفاده از موم در قالب‌های پوسته سرامیکی یک فرایند دقیق و حساس است که نیاز به انتخاب موم‌های مناسب دارد. تجربه نشان می‌دهد که انتخاب موم درست می‌تواند تفاوت زیادی در کیفیت قطعه نهایی ایجاد کند. سه نوع اصلی موم‌هایی که معمولاً استفاده می‌شود در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۲. معرفی و مقایسه خواص برخی موم‌های مورداستفاده در صنعت ریخته‌گری دقیق (طارمی و بابازاده آغ اسماعیلی، ۱۳۸۴، ص. ۱۱)

Table 2. Introduction and comparison of the properties of some waxes used in the precision casting industry)Taromi & Babazadeh Agh Esmaili,2005, p.11)

نوع موم	نقطه ذوب(سانتی‌گراد)	درصد انقباض حین سرمایش
زنبورعسل	61-65	9-10
پارافین	48-74	11-15
میکروکریستالین	60-93	13
کارنانوبا	82-86	15
آمیدواستر	20-35	Minimum3

٤-۲.بررسی فرایند ریخته‌گری فلز با قالب‌های پوسته سرامیکی

در بررسی مراحل ریخته‌گری به روش قالب‌های پوسته سرامیکی نگارندگان علاوه بر داده‌های علمی و نظری با اتکا به تجربیات استادکاران به‌صورت عملی نسبت به ساخت یک اثر حجمی با این روش اقدام نموده و داده‌های ثبت شده را در این بخش به‌صورت مرحله‌به‌مرحله ارائه داده‌اند.

• مدل‌سازی اولیه:

ابتدا مدل اصلی شیء موردنظر از موادی مانند خمیر مجسمه‌سازی ساخته می‌شود. این مدل شامل تمامی جزئیات دقیق است که در نهایت در شیء فلزی ظاهر خواهد شد.

• ساخت قالب:

در روش غیرمستقیم، یک قالب ژلاتینی از مدل مومی ساخته می‌شود. موم ذوب شده در چندین لایه داخل این قالب ژلاتینی ریخته می‌شود تا ضخامت مناسبی به دست آید که باضخامت نهایی شیء فلزی مطابقت داشته باشد.

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

• ایجاد هسته:

پس از آماده‌شدن پوسته مومی، یک هسته مقاوم در برابر حرارت از موادی مانند گچ به‌صورت دوغاب یا خاک رس ساخته می‌شود و داخل پوسته مومی قرار می‌گیرد. این هسته به شکل‌گیری داخل شیء فلزی کمک می‌کند. برای نتیجه بهتر از گچ مخصوص ریخته‌گری استفاده شده است.

• آماده‌کردن قیف و میله‌های مومی برای راهگاه گذاری

در این مرحله میله‌های مومی و قیف جهت راهگاه گذاری به مدل مومی متصل می‌شود.

• دوغاب زنی

مدل داخل دوغاب فروبرده می‌شود، مدت خشک‌شدن دوغاب بر روی پوسته مومی ۱ الی ۲ ساعت است، این مرحله ۱۵ تا ۲۰ بار تکرار می‌شود تا ضخامت مناسب را پیدا کند. ترکیب دوغاب بر اساس داده‌های کمی بر اساس جدول ۳ است.

جدول۳. ترکیب دوغاب قالب پوسته سرامیکی (طارمی و بابازاده آغ اسماعیلی، ۱۳۸۴، ص. ۳۱)

Table3. Ceramic shell mold slurry composition (Taromi & Babazadeh Agh Esmaili,2005, p.31)

جزء	درصد وزنی	توضیح
سیلیکات اتیل (Ethyl Silicate 4O)	75%	عامل چسبنده و منبع Sio2
ایزوپروپانول(اتانول صنعتی)	15%	رقیق‌کننده و کمک خشک‌کننده
آب مقطر	2-5%	تنظیم رطوبت و ویسکوزیته
پودر زیرکون (ZrSiO4)	45-55%	مقاومت حرارتی بالا، سطح صاف
دفلکولانت (Ammonium Polyacrylate)	0.2%	جلوگیری از تجمع ذرات

• ذوب موم

در این مرحله، قالب با تمام محتویات در کوره موم سوزی یا دستگاه بخار (اتوکلاو) قرار داده می‌شود. حرارت باعث ذوب‌شدن موم و خروج آن از قالب می‌شود.

• پختن قالب درون کوره:

قالب درون کوره به دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته شده تا کاملاً پخته و سرخ شود.

• ذوب فلز و تزریق به درون قالب:

در این مرحله فلز موردنظر به‌وسیله کوره ذوب شده و از طریق راهگاه به درون قالب ریخته می‌شود.

• جداسازی قالب:

پس از خنک‌شدن فلز، قالب خارجی که از موادی شکننده تهیه شده بود، شکسته می‌شود و شیء فلزی نهایی نمایان می‌شود.

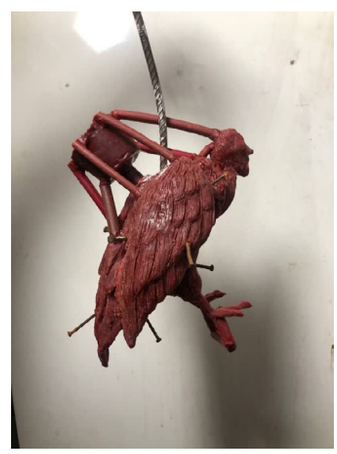
جدول شماره ۴ مراحل ریخته‌گری را به‌صورت تصویری که حاصل تجربیات عملی نگارندگان است نشان می‌دهد.

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

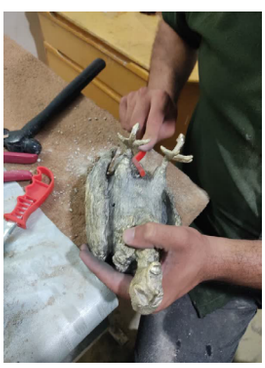
جدول٤. مراحل ریخته‌گری در قالب‌های پوسته سرامیکی

Table 4. Casting steps in ceramic shell molds

آماده‌کردن مدل مومی	ریختن دوغاب داخل مدل برای تو خالی‌شدن	فروکردن میخ برای نگه‌داشتن ماهیچه و میلهٔ فلزی برای نگه‌داشتن مدل داخل دوغاب
آماده‌کردن میله‌های مومی برای راهگاه گذاری	آماده‌کردن قیف برای راهگاه گذاری	راهگاه گذاری مدل
		
مدل راهگاه گذاری شده	دوغاب‌زنی	ماسه‌پاشی

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

خشک‌شدن دوغاب و ماسه روی مدل	باز کردن قسمتی از مدل برای موم سوزی	موم سوزی
قالب بدون موم	پختن قالب داخل کوره	ذوب کردن برنج برای ریختگی
		
ریختن مذاب داخل پوسته‌های سرامیکی	شکستن پوسته	تمیزکاری

۵. مزایا و معایب قالب‌های پوسته سرامیکی نسبت به قالب‌های گچی

قالب‌های پوسته سرامیکی نسبت به قالب‌های گچی از مزایا و معایب خاصی برخوردارند که بسته به نوع کاربرد و نیاز تولید، انتخاب بین این دو نوع قالب را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. یکی از مهم‌ترین مزایای قالب‌های پوسته سرامیکی، دقت بالای آن‌ها در تولید قطعات است. این قالب‌ها قادرند جزئیات دقیق‌تر و پیچیده‌تری را نسبت به قالب‌های گچی ایجاد کنند. این

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

ویژگی به‌ویژه برای تولید قطعات با فرم‌های پیچیده یا نیاز به‌دقت بالا در ابعاد و اندازه‌های مختلف بسیار مفید است. همچنین، قالب‌های سرامیکی توانایی تحمل دماهای بسیار بالا را دارند. این ویژگی آن‌ها را برای استفاده در ریخته‌گری فلزات با نقطه ذوب بالا مانند فولاد، تیتانیوم و سایر آلیاژهای دمای بالا مناسب می‌سازد. درحالی‌که قالب‌های گچی تنها می‌توانند دماهای پایین‌تری را تحمل کنند، مقاومت مکانیکی قالب‌های سرامیکی نیز بالاتر از قالب‌های گچی است. این قالب‌ها در برابر تنش‌ها و فشارهای ناشی از فرایند ریخته‌گری مقاوم‌تر هستند که باعث می‌شود در فرایندهای پیچیده‌تر و در مقیاس‌های بزرگ‌تر کارایی بهتری داشته باشند. علاوه بر این، قالب‌های سرامیکی مقاومت بهتری در برابر خوردگی دارند که این ویژگی به آن‌ها مزیت قابل‌توجهی در شرایط صنعتی سخت می‌دهد. در نتیجه، این قالب‌ها برای تولید قطعاتی که در معرض مواد خورنده یا دماهای بالا قرار می‌گیرند، انتخاب مناسبی هستند.

بااین‌حال، قالب‌های پوسته سرامیکی دارای معایبی نیز هستند. یکی از این معایب، هزینه بالاتر این قالب‌ها نسبت به قالب‌های گچی است. تولید قالب‌های سرامیکی به مواد خاص و فرایندهای پیچیده‌تری نیاز دارد که این امر هزینه تولید را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، زمان ساخت قالب‌های سرامیکی معمولاً بیشتر از قالب‌های گچی است. این عامل می‌تواند در مواردی که نیاز به تولید سریع قطعات باشد، به یک محدودیت تبدیل شود. برای ساخت قالب‌های سرامیکی نیاز به تجهیزات خاص و پیشرفته‌تری وجود دارد، درحالی‌که قالب‌های گچی را می‌توان با تجهیزات ساده‌تری ساخت و به همین دلیل هزینه‌های تولید آن‌ها کم‌تر است.

در نهایت، انتخاب بین قالب‌های پوسته سرامیکی و گچی بستگی به نوع نیاز تولید و شرایط محیطی خواهد داشت. قالب‌های سرامیکی در مواقعی که دقت، مقاومت در برابر دماهای بالا و مقاومت مکانیکی مهم هستند، گزینه مناسبی هستند، درحالی‌که قالب‌های گچی برای کاربردهایی که هزینه و زمان ساخت مهم‌تر هستند، ممکن است انتخاب بهتری باشند. جدول شماره ۵ ویژگی‌های قالب‌های سرامیکی را نشان می‌دهد.

جدول ۵. ویژگی‌های قالب سرامیکی

Table 5. Ceramic mold Featuress

ویژگی	قالب‌های سرامیکی
دقت	دقت بالاتر و جزئیات دقیق‌تر
تحمل دما	توانایی تحمل دماهای بسیار بالا
مقاومت	مقاومت بالا در برابر تنش و فشار
زمان ساخت	زمان ساخت طولانی‌تری دارد
هزینه	هزینه بالا به دلیل مواد و فرایند مختلف
مقاومت در برابر خوردگی و سایش	مقاومت عالی در برابر خوردگی و سایش
قابلیت استفاده در فلزات مختلف	مناسب برای ریخته‌گری فلزات با دمای بالا
سبک بودن قالب	سبک‌تر نسبت به قالب‌های گچی
دقت در شکل‌های	دقت عالی در ریخته‌گری شکل‌های مختلف

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

٦. نتیجه‌گیری

استفاده از شیوه‌های ریخته‌گری فلز در ساخت آثار هنری، پیشینه تاریخی غنی در کشور ایران دارد، این مهم بامطالعه تاریخ هنر فلزکاری امری مشهود است به‌نحوی که بخش اعظم شاهکارهای هنر فلزکاری با استفاده از این روش توسط پیشه‌وران تاریخی ساخته شده‌اند. با پیشرفت صنعت و تکنولوژی‌های نوین، روش‌های ریخته‌گری در قرون اخیر توسعه‌یافته و استفاده از روش‌های نوین همچون قالب‌های پوسته سرامیکی جایگزین شیوه‌های سنتی گردیده است. ریخته‌گری آثار فلزی با قالب‌های پوسته سرامیکی یکی از روش‌های ریخته‌گری با موم گم‌شده است که در این فرایند پس از مدل‌سازی و قالب‌گیری اولیه مدل مومی ساخته شده با ترکیب سه بخش مواد دیرگداز، روان‌سازها و چسب به‌صورت لایه‌ای در چند مرحله قالب‌گیری شده و پس از طی فرایند مومزدایی و تبخیر آن در کوره، مواد فلزی ذوب و ریخته‌گری داخل این قالب‌ها صورت می‌پذیرد. در این پژوهش با توجه به تجربیات عملی صورت‌گرفته می‌توان گفت قالب‌های پوسته سرامیکی به‌عنوان یکی از روش‌های مهم در تولید قطعات فلزی بادقت بالا و کیفیت سطحی مطلوب شناخته می‌شوند. این قالب‌ها دارای مقاومت حرارتی بسیار بالایی هستند که علاوه بر ایجاد سرعت در فرایند قالب‌گیری و مومزدایی، دقت ابعادی مناسبی را در اثر نهایی ارائه می‌دهند. استفاده از نسوزهای مقاوم به حرارت همچون زیرکونیا و آلومینا اگرچه هزینه ساخت این قالب‌ها را نسبت به سایر شیوه‌ها افزایش داده است اما در افزایش دقت و جزئیات پیچیده تأثیر قابل‌توجهی دارند به‌نحوی که مدت‌زمان عملیات تکمیلی پس از ریخته‌گری را کاهش می‌دهند. استفاده از مواد فیوزد شده در این قالب‌ها موجب افزایش مقاومت آنها در برابر شوک‌های حرارتی شده که این مهم منجر به کاهش تلفات در فرایند ریخته‌گری مواد مذاب گردیده که این ویژگی می‌تواند به‌خوبی نیازهای هنرمندان را، به‌ویژه در ساخت قطعات حجمی محدود برآورده کند. در نهایت حجم کم‌استفاده از مواد نسوز جهت ساخت این قالب‌ها در کاهش ضایعات مواد اهمیت بسیاری دارد که می‌تواند نقش مهمی در ارزیابی محیط‌زیستی و پذیرش گسترده‌تر آن در حوزه هنر داشته باشد.

سپاسگزاری: این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان بررسی قابلیت قالب‌های پوسته سرامیکی در طراحی و ساخت حجم فلزی به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه هنر اسلامی تبریز است.

مشارکت نویسندگان: نویسنده اول مراحل ساخت و محصول نهایی و تدوین اولیه مقاله را برعهده داشته است، نویسنده دوم تدوین نهایی مقاله و نویسنده سوم جمع‌آوری و تهیه اطلاعات علمی و در اختیار قراردادن تجربیات شخصی را به عهده داشته‌اند.

تأمین مالی: این پژوهش هیچ بودجه خارجی دریافت نکرده است.

تضاد منافع: نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافع را اعلام نمی‌کنند.

دسترسی به داده‌ها و مواد: مجموعه‌داده‌های مورداستفاده و/یا تحلیل شده در طول پژوهش حاضر از طریق درخواست منطقی از نویسنده مسئول قابل‌دسترسی هستند.

منابع

References

Ajand, Yaqoub(2011). History of ancient art. Tehran: Samt Organization. [In Persian].

Akbarzadeh, Daryoosh(2012). A Treasury of Iran Golden and Silver Objects. [In Persian].

Amen,C.W. (2002). Casting Guide. Ciroos Zamani. Tehran: Iranian Technical Publications [In Persian].

Ashrari, mehdi. (2002) The role of mold in art.Tehran: Javdan kherad. [In Persian].

Cheraghi, Z. Rezaloo, R. Hossyni nia, SM, Eskandaripoya, M. Chegini, M. (2022). Investigation of Lorestan bronze objects from a symbolic perspective: A case study of the role of Gilgamesh. 3(6). 23-44. DOI: 10.22103/jic.2022.3149

Cias R. Fred, (2016). Lost Wax Casting, Mona Pad, Tehran: Bedoon Publication. [In Persian].

Ghazanfari Savadkouhi. Peymaneh, (2003). Molding in volume production.Tehran: Kamal Honar Publishing [In Persian].

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

Hintz, Walter. (2020). New findings from ancient Iran. Parviz Rajabi,Tehran: Qoqnoos. [In Persian].
Kalpakijan,S,& Schmid,S.R. (2014). Manufacturing Engineering. And Technology (vth ed), pearson.
Khalili, Nasser. (2012) Islamic Art & Architect. China:Worth press.
Langland. Tuck, (1999), from Clay to Bronze a study guide to figufative sculpture, watson- guptill, Nk.
Lopez, Ana M. (2009). Metalworking through History: An Encyclopedia (Handicrafts Through World History): Green Wood. Uk.
Mesbah, bita& Shadrokh, Sara(2023). A Comparative Study of Griffin Motif in Iran and Greece. Negareh, 17(62). 173-191. (DOI): 10.22070/negareh.2021.5250.2482
Mills. John, (2001), Encyclopedia of Sculpture Techniques,Chrysalis books group,Londan.
Negahban, Ezzatollah. (1999) Marlik excavations. Tehran: National Cultural Heritage Organization. . [In Persian].
Personal correspondence with Behzad Ghavami, an entrepreneur in the foundry industry, (2025.01.04)
Pigott, V.C. (1999). The production on the Iranian Plateau. In Ancient Metallurgy in Iran. University of Pennsylvania Museum.
Rezaee Ali , (2024), AM Ceramic Shell Technology for Investment Casting America Makes
Rich. Jack C, (1974). The Materials and Methods of Sculpture. Dover Publication: New York.
Rogers,K. (2005). The Art of Casting in Iron and Bronze. Thames&Hudson: USA.p.31-45
Taromi, Saeed & Babazadeh Agh Esmaili, Mohammad. (2005)Precise Casting.Tabriz: Forouzesh. [In Persian].
اشتری. مهدی (۱۳۸۸). نقش قالب درهنر. تهران: جاودان خرد.
اکبرزاده. داریوش (۱۳۹۱). آثار زرین و سیمین ایران زمین. تهران: پازینه با همکاری موزه ملی ایران
آژند. یعقوب (۱۳۹۰) تاریخ هنر باستان، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب (سمت).
آمن. سی. دبلیو، (۱۳۸۱) ,راهنمای ریخته‌گری، مترجم. سیروس زمانی. تهران: انتشارات فنی ایران.
چراغی، زهرا. رضالو، رضا. حسینی‌نیا، سیدمهدی. اسکندری پویا، محمد، چگینی، محمدرضا (۱۴۰۰). بررسی اشیای مفرغی لرستان از منظر نمادشناسی مطالعه موردی نقش گیلگمش. پژوهشنامه تمدن ایران.۳ (۶). ۲۳-۴۴
سیاس. فرد. آر، (۱۳۹۵)، ریخته‌گری به روش موم سوزی، مترجم: موناپاد. تهران: انتشارات بدون.
طارمی. سعید، بابازاده آغ اسماعیلی. محمد. (۱۳۸۴). ریخته‌گری دقیق، تبریز: انتشارات فروزش.
غضنفری سوادکوهی. پیمانه (۱۳۸۲) قالبگیری در حجم‌سازی. تهران: موسسه فرهنگی و هنری کمال هنر.
مراودات شخصی با بهزاد قوامی، کارآفرین حوزه ریخته‌گری، (۱۴۰۳/۱۰/۱۵)
مصباح، بیتا و شادرخ، سارا (۱۴۰۱). مطالعه تطبیقی نقشمایه گریفین در ایران و یونان. نگره. ۱۷ (۶۲). ۱۷۳-۱۹۱.
نگهبان، عزت‌الله، (۱۳۷۸). حفاری‌های مارلیک. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
هینتس، والتر، (۱۳۹۹). یافته‌های تازه از باستان‌شناسی ایران. ترجمه پرویز رجبی. تهران: انتشارات ققنوس.

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

[Downloaded from mail.jih-tabriziau.ir on 2026-10-24]

[DOI: 10.66224/jic.10.1.392]

This page is intentionally rendered without text

این صفحه آگاهانه بدون متن ارائه شده است