

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ ЧУГУНОЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОЛЖСКОЙ БУЛГАРИИ (14 – 15 ВВ.)

**Е. Ф. Шайхутдинова^{1, 2}, Р. М. Янбаев¹, Р. Х. Храмченкова^{2, 3},
А. Г. Ситдилов^{2, 3}, А. В. Беляев³**

¹ Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А. Н. Туполева-КАИ,

² Казанский (Приволжский) Федеральный университет,

³ Институт археологии им. А. Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан,
г. Казань, Россия

Волжская Болгария на рубеже 14 – 15 вв. была одним из экономических и производственных центров Золотой Орды. Согласно археологическим находкам в 14 – 15 вв в г. Болгар появляется местное металлургическое производство чугунных изделий. Исследование 15 фрагментов чугунных котлов выявило некоторые технологические и эксплуатационные характеристики данных изделий.

Ключевые слова: металлургия, чугун, микроструктура, Золотая Орда, Волжская Булгария

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF PRODUCTS IRON FOUNDRIES FROM VOLGA BULGARIA (14 – 15 CENTURIES)

**E. F. Shaykhutdinova^{1, 2}, R. M. Yanbaev¹, R. Kh. Khrumchenkova^{2, 3},
A. G. Sitdikov^{2, 3}, A. V. Belyaev³**

¹ Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI,

² Kazan Federal University,

³ Institute of archaeology named after A. Kh. Khalikov
Tatarstan Academy of Science, Kazan, Russia

At the turn of the 15th century Volga Bulgaria represented one of the economic and manufacturing centres of the Golden Horde. In accordance with archaeological findings, local metallurgical production of cast iron products originated in Bolgar in the 14th-15th c. A research of 15 fragments of cast iron cauldrons has revealed certain technological and operational characteristics of the articles.

Ключевые слова: metallurgy, cast iron, microstructure, Golden Horde, Volga Bulgaria

Территория Среднего Поволжья начала II тысячелетия характеризовалась высокой концентрацией заселенности. Об интенсивности развития экономики того периода свидетельствуют многочисленные археологические находки. Основой экономики того времени, наряду с земледелием и животноводством составляло ремесленное производ-

ство. К числу основных его видов можно отнести металлургию и металлообработку [1].

Исследованные археологические артефакты служат доказательством того, что многие изделия были произведены на месте их обнаружения. Однако открытым остается вопрос об рудных источниках и процессе технологического производства. Поэтому

основной нерешенной научной проблемой остается выявление сырьевых источников и реконструкция технологии чугунолитейного производства.

Все объекты обнаружены в результате археологических раскопок на территории Болгарского государственного историко-архитектурного музея-заповедника (Болгар, Республика Татарстан, Россия). Чугунные котлы, с которых был взяты образцы на анализ, относятся к позднезолотоордынскому периоду, 30-е годы 14 в. до 1431 г.

Образцы представляют собой кусочки металла примерно 2,0×1,0 см, полученные путем отлома от исходных стенок котла. Толщина образцов варьируется от 0,5 до 2,0 см.

Исследования проводились на изломе образца с помощью сканирующей автоэмиссионной электронной микроскопии Merlin в Междисциплинарном центре «Аналитическая микроскопия» Казанского (Приволжско-го) Федерального университета.

Проведенные исследования показали, что все образцы содержат избыточное количество углерода, что свидетельствует о его передельном характере чугуна. Причем содержание углерода сильно варьируется по площади исследования. Например, в образце № 33 диапазон его содержания от 4,40 до 15,79 %.

Структура чугуна на всех образцах не однородна и содержит: белый чугун эвтектического и заэвтектического типа (рисунок 1); избыточный углерод и серый чугун с пластинчатым графитом (рисунок 2).

Наблюдается сильная ликвация микропримесей чугуна. Практически во всех образцах присутствует алюминий и кремний. Содержание фосфора и серы также варьируется в широких пределах. Кроме этого, в корродированной части образцов найдены такие химические элементы как кислород, калий, натрий, кальций и хлор.

Выявлена как мелкокристаллическая, так и дендритная структура. Зерна имеют пластинчатую, игольчатую и сферическую форму. На отдельных образцах обнаружены пустые каналы, имеющие вероятно графитовую природу образования.

Исследование морфологии поверхности излома выявило 2 типа растрескивания образцов: радиальное распространение трещин и образование трещин на границах зерен.

На изломе образца № 42 обнаружено большое скопление газовой пористости (рисунок 3). Почти на всех образцах наблюда-

ются усадочные поры или следы усадочных процессов.

Образцы имеют разную степень коррозии и механизмы ее распространения.

В отличие от чугунной посуды, найденной на территории Юга России и Южного Урала [2], болгарские котлы имеют большое содержание углерода и соответственно большое количество графитовых образований в структуре. Структура котлов с Болгарского городища характеризуется большим содержанием феррита и меньшим содержанием цементита и перлита. Также отличительной особенностью данных котлов является содержание алюминия в химическом составе.

Все исследованные образцы имеют явный химический состав и структуру передельного чугуна. Крупные сферообразные образования выявлены на изломе могут свидетельствовать об эндогенной природе кристаллизации. Наблюдается сильная ликвация химического состава чугуна. Структура имеет хаотический характер. Все это свидетельствует о явно несовершенной технологии производства чугуна и отливок из него. Котлы из данного материала вероятно были очень хрупкими. Что косвенно подтверждается большим объемом осколков в общей массе найденных артефактов из чугуна.

Присутствие алюминия и кремния подтверждает догадку археологов об использовании местной железосодержащей руды - глинистых железняков. Помимо этого, присутствие данных элементов можно объяснить использованием алюмосиликатов в качестве флюсов. Содержание в отдельных образцах микроэлементов титана, марганца, магния, никеля вероятно обусловлено тем, что в руду или при переплаве сырьевых железа добавлялся стальной или чугунный лом.

Таблица 1 – Распределение углерода в образце № 33

Участок образца	Содержание С, %
33 – 1	13,07
33 – 2	15,13
33 – 3	4,40
33 – 4	4,61
33 – 5	15,79



Рисунок 1 – Общий снимок микроструктуры излома образца № 33

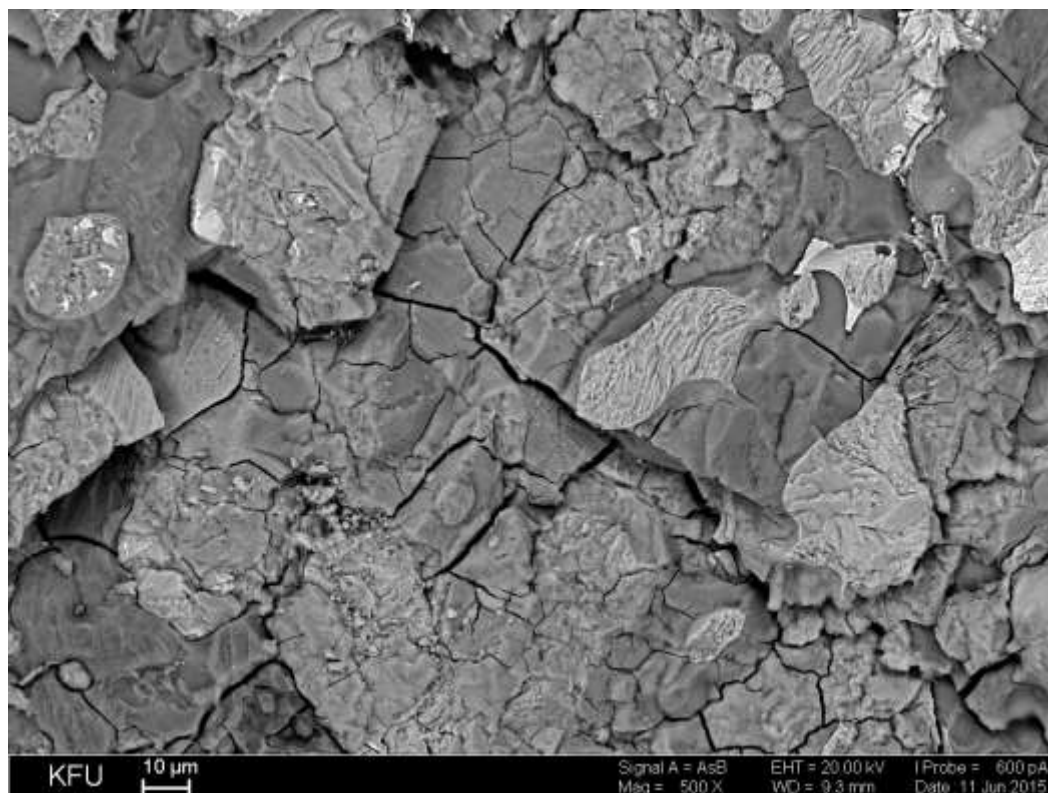


Рисунок 2 – Общий снимок микроструктуры излома образца № 33



Рисунок 3 – Пористость в образце № 42 (макроснимок)

Значительное растрескивание, радиального характера нескольких образцов, свидетельствует о длительных значительных термопеременных нагрузках, которые могли сопровождаться отжигоподобными фазовыми превращениями. Вероятно, эти образцы являлись донной частью котла. Это также подтверждается тем, что в этих образцах обнаружены пустые графитовые каналы.

Таким образом, чугунолитейное производство Волжской Булгарии на рубеже 14 – 15 вв. находилось начальной стадии и вероятно развивалось отдельно от остальных государств, входящих в Золотую Орду.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Список литературы

1. Город Болгар: Ремесло металлургов, кузнецов, литейщиков. - Казань, 1996. – 300с.
2. Рязанов, С.В. Чугунолитейное ремесло в Золотой Орде // Известия Алтайского государственного университета. - 2008. – № 4/2. – С. 159-168.

Шайхутдинова Евгения Флюровна^{1, 2} – к. т. н., доцент¹, старший научный сотрудник²

Янбаев Руслан Мискадесович¹ – к.т.н., заведующий кафедрой

Храмченкова Резида Хавиловна² – к. ф.-м. н., заведующая отделом

Ситдилов Айрат Габитович^{2, 3} – д. и. н., заведующий кафедрой², директор³

Беляев Александр Владимирович³ – научный сотрудник

¹ ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ»,

² Казанский (Приволжский) Федеральный университет,

³ Институт археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия