

5. A. Thakur, S. Gangopadhyay, A. Mohanty, Investigation on some machinability aspects of inconel 825 during dry turning, *Mater. Manuf. Process.* 30 (8) (2015) 1026–1034, <https://doi.org/10.1080/10426914.2014.984216>.

### ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ КОЛОКОЛОВ

*Д.Е. Бушуев, студент гр.10В71,  
научный руководитель: Ибрагимов Е.А., старший преподаватель, к.т.н.  
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail: denchik\_bushuev1996@mail.ru*

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются две технологии литья и производства колоколов. Первая технология литья колоколов затрагивает примерно 12-15 века, когда способы литья металла были примитивными по сравнению с современными способами. Вторая технология является современной и применяется для литья колоколов небольших и средних размеров. Кроме того, благодаря материалам изложенным в статье существует возможность провести сравнительный анализ двух технологий и понять как изменились способы производства и литья колоколов.

**Abstract:** This article discusses two technologies for casting and producing bells. The first bell casting technology dates back to around the 12th-15th centuries, when metal casting methods were primitive compared to modern methods. The second technology is modern and is used for casting small and medium-sized bells. In addition, thanks to the materials presented in the article, it is possible to conduct a comparative analysis of the two technologies and understand how the methods of production and casting of bells have changed.

**Ключевые слова:** Колокол, фальш-колокол, модель, обожженная форма, литье, опока, формовка, формовочная смесь, стержень, пескоструйная обработка, литье в керамику.

**Keyword:** Bell, false bell, model, fired mold, casting, flask, molding, molding mix, rod, sandblasting, ceramic casting.

Колокольное дело начало развиваться в России позже, чем на Западе, и достигло своих вершин также позднее, в 17 веке, но вершины эти были самыми высокими: крупнейшие из русских колоколов не имеют себе равных по весу, а самые благозвучные достойно представляют нашу Родину.

В старину колокола изготавливали следующим образом: сперва выкапывали в земле подходящую по размеру яму, а внутри в центре делали печь размером чуть меньше будущего колокола, затем обмазывали кирпич глиной, это внутренняя поверхность будущего колокола. Внутреннюю форму просушивали, затем наносили второй слой глины, который полностью повторял тело будущего колокола и тоже просушивали. Будущие украшения колокола делались из воска и закреплялись на втором слое. Затем аккуратно наносили третий слой повторяющий внешнюю поверхность будущего колокола. Для прочности его прокладывали проволокой и железными обручами после этого воск вытапливали и затем с помощью веревок внешнюю форму поднимали и средний слой глины отламывали и затем внешнюю форму опускали обратно. Между ними получался зазор для заливки расплавленного металла. После этого разводили сильный огонь и обжигали обе формы. Далее по специальному желобу в обожженные формы заливали расплавленный металл из печей построенных рядом с ямой и затем ждали когда металл полностью остынет. Потом разбивали внешнюю форму и поднимали из ямы готовый колокол [1]. Процесс литья представлен на рисунке 1.

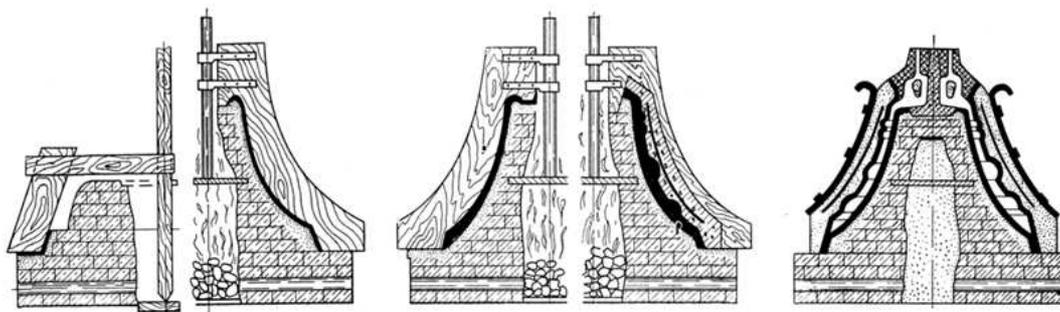


Рис. 1. Процесс литья колоколов в старину

Современный процесс производства колокола начинается на участке формовки, мастер восковщик подготавливает элементы для будущего колокола. Из воска выливаются "уши", узоры и надпись. Далее эластичные формы наполняются несколькими слоями воска. Как только восковой слепок застывает его края подравнивают при помощи скальпеля. Затем начинается этап обнарядки. Художник наряжает гипсовую модель колокола, десятки восковых элементов подгоняются друг к другу так, что бы рисунок смотрелся как единое целое. Наряженная восковыми элементами модель называется фальш-колокол. Готовый фальш-колокол переносят в основной цех на участок формовки, где его накрывают стальной опокой, а пространство между металлическими стенками и восковыми фигурами заполняют формовочной смесью. Процесс называется литьё в керамику, он самый дорогой и качественный из всех существующих, пропорции формовочной смеси представлены в таблице 1. В её состав входит этилсиликат и мелкий песок. Масса очень жидкая и отлично заполняет все пустоты [2].

Таблица 1

Состав формовочной смеси.

Компонент смеси	Содержание, %
Раствор гидролизованного этилсиликата	20-40
Алюминиевый порошок	1,5-8
Перхлорат калия	0,1-1,00
Песок мелкой фракции	остальное

Эта технология позволяет получать колокола самого высокого качества. После высыхания смеси формы размыкают и вынимают модель. Далее начинается процесс обжига и сушки, опоку переворачивают и поджигают, воск вытапливается и на внутренней стенке остается рельеф, в точности повторяющий будущий колокол. Отожженные формы переносятся на литейный участок, где их еще раз проверяют на возможные дефекты. Проверенные формы надевают на готовый стержень. Стержень - это внутренняя часть колокола, в ней уже установлено закладное кольцо на которое будет подвешиваться "язык". Стержень и опока соединяются между собой при помощи струбцин, так как давление металла очень высокое и форму может немного приподнять, в этом случае металл выйдет наружу, что приведет к браку.



Рис.2. Процесс литья колоколов

После выполнения этих операций как правило литейщик начинает разогревать плавильную печь. В течении нескольких часов плавится тугоплавкая медь и только в самый последний момент, перед заливкой, уже в расплавленный металл добавляют чистое олово. В ход должно идти только высоко качественное сырьё и наличие различных примесей недопустимо. После приготовления колокольной бронзы, ее в ковше краном поднимают из печи и приступают к литью. Сам процесс литья очень опасный так как температура плавления металла достигает около 1200 град. по Цельсию. Так как металл быстро остывает у литейщиков есть всего несколько минут на выполнение своих работ [3]. Процесс литья представлен на рисунке 2.

Залитые колокола остывают в течение суток. После остывания колокола подвергают механической обработке. Первоначально с отлитых колоколов при помощи грубой щетки сбивается формовочная смесь, далее их поверхность зачищается и шлифуется. Очищенный колокол переносят в специальную камеру, под большим давлением его обрабатывают песком, эта стадия называется пескоструйная обработка. После такой обработки весь колокол становится матовым. На финишной стадии одни части колокола затемняются, а другие полируются, так создается контраст между темными участками и светлыми.

Список используемых источников:

1. Оловянишников Н. И. История колоколов и колоколотейное искусство. - 2-е изд., доп. - М. : Т-во П.И. Оловянишникова сыновья, 1912. - 435 с., 14 л. ил., нот. ил.
2. Патент РФ №2446910, МПК В22С 1/18. Связующее для изготовления оболочковых форм в литье по выплавляемым моделям / А.С. Максютин, Н.А. Зотов, Н.С. Петелькина. - №2010154014; заявл. 28.12.2010; опубл. 10.04.2012.
3. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве.- М.: Машиностроение, 1968. - 272 с.: кл.