

Нацкий Михаил Валентинович, художник-реставратор высшей категории отдела научной реставрации произведений из металла, ФГБНИУ «ГОСНИИР»

Равич Ирина Григорьевна, к.т.н., ведущий научный сотрудник отдела научной реставрации произведений из металла, ФГБНИУ «ГОСНИИР».

Изучение причин самопроизвольного растрескивания экспонатов из латуни, полученных путем обработки давлением из листа

Среди музейных коллекций часто встречаются изделия, изготовленные из листов латуни с помощью штамповки, глубокой вытяжки, чеканки. Они составляют многочисленную группу разнообразных по назначению предметов, в которую входят утилитарные и бытовые изделия, монеты и наградные знаки, музыкальные инструменты, военная амуниция, предметы церковной утвари. Подобные экспонаты часто имеют большую художественную и историческую и ценность.

В процессе хранения нередко происходит их самопроизвольное растрескивание, которое может развиваться во времени без видимых причин и затрудняет экспонирование и транспортировку подобных предметов. Реставрация таких изделий сопровождается большими трудностями, трещины плохо поддаются пайке, так как в процессе этой операции происходит дальнейшее растрескивание металла. Кроме того, деформации, присутствующие в экспонатах, сложно выправлять из-за того, что изделия с трещинами обычно отличаются малой пластичностью и высокой твердостью.

Эти затруднения, связаны во многом с тем, что причины трещинообразования не изучены, термические режимы отжига, которые используются для восстановления пластичности, не имеют научного обоснования и реставрация осуществляется вслепую. Поэтому исследование причин трещинообразования в экспонатах из латуни, полученных путем обработки давлением из листа, является весьма актуальной задачей.

Одна из трудностей подобного исследования связана с необходимостью отбора образцов в виде небольших фрагментов металла от музейных экспонатов, что не всегда возможно. Мы могли осуществить это исследование, так как в нашем распоряжении были образцы хрупкой латуни, отобранные от изделий, проходивших реставрацию в отделе металла ГОСНИИР, а также хранившиеся в фондах ГОСНИИР. Среди них датированные концом XIX века семисвечник и напольный подсвечник из Государственного историко-культурного и этнографического музея «Кижы», оклад от иконы «Беседная икона Пресвятой Богородицы» из фондов ГОСНИИР, фигура ангела с крестом из храма Божьей матери в селе Гребнево. Эти экспонаты или их сборные элементы были изготовлены из тонкого листа латуни с помощью различных способов деформации:ковки, штамповки, выколотки, токарной или слесарной обработки и т.п. Во всех изделиях наблюдалось сильное разрушение в виде разрывов металла, трещин, отрыва фрагментов, частичного руинирования, на поверхности изделий часто были заметны области омеднения.

Результаты приведенных выше публикаций давали основание полагать, что причиной самопроизвольного разрушения экспонатов могло быть коррозионное растрескивание.

Для того, чтобы проверить это предположение, был принят план исследований, который включал определение состава экспонатов, изучение их микроструктуры и оценку

напряженного состояния. Также мы измеряли толщину латунного листа, из которого были отформованы предметы. Определение состава образцов осуществляли с помощью неразрушающего метода рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на приборе HitachiX-Mad-8000, микроструктуру образцов изучали на горизонтальном металлографическом микроскопе марки МИМ-8. Исследовали поперечное сечение образцов, чтобы зафиксировать возможное распространение разрушения от внешней зоны к внутренним областям изделия. Также оценивали величину зерна в сплаве по стандартным таблицам. Для оценки уровня упрочнения из-за возможных внутренних напряжений измеряли микротвердость образцов на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100 Г.

Определение состава изделий показало, что они содержат от 32,10 % до 33,73% цинка, т.е. получены из пластичной двойной однофазной α -латуни, близкой к современным маркам латуни Л68-Л66. Недостатком этих сплавов, является склонность к коррозионному растрескиванию.

Изучение микроструктуры образцов, отобранных от разных экспонатов, показало, что она одинакова для всех изделий; ее отличают очень крупные рекристаллизованные зерна с двойниками отжига, присутствие которых показывает, что экспонаты получены из листа, который подвергали холодной деформации и затем отжигали для снятия наклепа. Диаметр зерен достигает 0,15-0,2 мм и соизмерим с толщиной изделий, равной 0,3 мм. Формирование такого крупного зерна, как следует из современных исследований [1, с.94, рис.81] свидетельствует, что листы, из которых формовали экспонаты, отжигали при температуре 700⁰С не менее 1 часа. Крупный размер зерна оказывает неблагоприятное влияние на последующие операции обработки (штамповку, вытяжку и т.п.) и приводит к формированию в изделиях внутренних напряжений [1, с.51],

Вероятно, рассмотренный выше «неправильный» режим термообработки был обусловлен тем, что в период с XIX до начала XX в. листы отжигали в пачках и затем медленно охлаждали на воздухе. Для полного прогрева пачки требовались достаточно высокая температура и длительное время отжига, что приводило к росту крупного зерна. Охлаждение листов также осуществляли в пачке, при этом ее внутренние области теряли тепло медленнее, чем внешние, что приводило к развитию термических напряжений.

Обращает на себя внимание то, что во всех экспонатах толщина листа, из которого были отформованы изделия, имела одно и то же значение. По-видимому, в России уже в XIX в. производство латунных листов было стандартизировано, и выбранная толщина 0,3 мм обеспечивали значительную вытяжку металла без трещинообразования и приложения большой силы для деформации металла.

Микроструктурное исследование позволило выявить основные типы разрушения исследованных изделий, которое проявлялось в виде трещин, распространявшихся преимущественно вдоль границ зерен. Часто вокруг этих трещин были заметны выделения чистой меди, реже вдоль границ располагалась закись меди. Большие области чистой меди иногда наблюдались и вблизи поверхности.

Измерение микротвердости изделий показало, что ее среднее значение во всех образцах достигало 90 – 110 кГ/мм², в то время как в рекристаллизованной латуни марки Л68 оно составляет 60 кГ/мм². На гистограммах микротвердости выявлялись ее значительный разброс по длине образца, разную микротвердость имели также образцы, отобранные от разных участков одного и того же изделия. Эти данные свидетельствуют о наличии внутренних напряжений, неравномерно распределенных в экспонатах. Их

присутствие могло быть обусловлено разной степенью деформации различных участков изделий в процессе их чеканки или штамповки, а также особенностями их термообработки.

Суммируя полученные результаты, можно сделать вывод, что хрупкость изученных нами латунных экспонатов вызвана межкристаллитной коррозией в сочетании с внутренними напряжениями, что привело к коррозионному растрескиванию латуни. Вероятно, важным фактором являлось то, что попавшие на реставрацию экспонаты хранились в неблагоприятных условиях, связанных с наличием влаги и присутствием в воздухе сернистого газа или аммиака. Развитию коррозионного растрескивания способствовали и некоторые особенности технологического процесса получения латунных листов и изделий из них, которые существовали в XIX веке. Так, в отличие от современных технологий, их никогда не отжигали после завершения формовки изделий, поэтому в экспонатах сохранялись внутренние напряжения. Это было особенно неблагоприятно для латуней Л66 и Л68, из которой формовали изделия, так как она склонна к коррозии. К недостаткам старых технологий можно также отнести высокую температуру и длительное время нагрева латунных листов, которые для проведения отжига складывали в пачки. Это приводило к росту очень крупного зерна, развитию напряжений и межкристаллитной коррозии. Напряжения возникали также при неравномерном охлаждении листа в пачке.

В дальнейшем мы предполагаем продолжить исследования и изучить влияние отжигов при различных температурах на уменьшение внутренних напряжений с целью изучения возможностей реставрации экспонатов из латуни, полученных путем обработки давлением из листа.