

И. К. МАЛКИЕЛЬ

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ ПРЕДМЕТОВ ИСКУССТВА

Показаны возможности лазерных технологий при реставрации предметов искусства, изготовленных из драгоценных металлов.

*Ключевые слова:* научная реставрация, лазерная очистка, лазерная сварка, лазерная полировка.

В мае 1978 г. в Ленинграде на территории фабрики „Восход“ (бывшей Невской обойной фабрики) был найден клад (217 предметов), позднее он был передан в Отдел истории русской культуры Государственного Эрмитажа. Клад состоял из разнообразных бытовых предметов. Серебряная утварь была изготовлена лучшими фирмами и мастерами Петербурга и Москвы, она датируется 1824—1910 годами.

Большинство столовых приборов украшены гравированными монограммами, юбилейными датами, благодаря таким деталям удалось установить, что найденная утварь принадлежала хозяевам Невской обойной фабрики Марии Ивановне и Василию Гурьевичу Лихачевым.

„Новый металл“ превратился в „археологический“ в результате почвенной коррозии и других неблагоприятных факторов [1—3], в частности, из-за пожара на некоторых предметах образовалась копоть, на металле появились следы „побежалости“, мастика выплавилась из полых ручек ножей и вилок. Под воздействием щелочей на серебре и железе образовались углубления и сквозные отверстия. Паяные швы сосудов, в лигатуре сплавов и припоев которых использовалась медь, разошлись. Золоченое серебро также потемнело вследствие пористости золотого покрытия и диффузии серебра. Некоторые предметы клада (ножи, лопатки и т.д.) изготовлены из нескольких материалов — серебра, кости и железа. После извлечения клада состояние железных предметов резко ухудшилось: изменившаяся влажность и доступ кислорода к разрушенному металлу привели к увеличению скорости коррозии. Практически все железные предметы окислились, поэтому клад был законсервирован.

Реставрация клада началась в марте 2008 года в Лаборатории научной реставрации драгоценных металлов Эрмитажа, когда появилась возможность применять передовые технологии и новейшее оборудование для лазерной очистки и сварки, трехмерное моделирование и быстрое прототипирование (рис. 1, 2). При реставрации столовых предметов (вилки и ножи), пустотелые ручки которых были заполнены специальной мастикой, применялись методы сухой ультразвуковой и лазерной очистки.

Отличительной особенностью археологического серебра является его хрупкость, обусловленная в основном межкристаллитной коррозией. Границы зерен металла обогащены легирующими компонентами и микропримесями, которые в почве превращаются в оксиды и соли, за счет чего и происходит ослабление связи между отдельными кристаллитами, в результате серебро становится хрупким. Особенно хрупкими были сложносоставные штампованные изделия, в которых металл был нагартован.

Эрмитаж первым в России применил при реставрации лазерную сварку последнего поколения, которая отвечает всем музейным требованиям. После появления на рынке реставрационного оборудования лазерной установки, которая позволяет сваривать сложные детали (от тончайшей филигранны до толстостенных предметов) появилась возможность реставрировать уникальные предметы из драгоценных металлов.

До реставрации



После реставрации



Рис. 1

До реставрации



После реставрации



Рис. 2

Специально для Лаборатории научной реставрации драгоценных металлов итальянская компания “OROTIG” создала три уникальные адаптированные установки (см. таблицу).

**Параметры лазерной сварки серебра 84-й пробы**

Операция	Мощность излучения, кВт	Длительность импульса, мс	Частота следования импульсов, Гц	Диаметр сварного пятна, мм	Режим подачи аргона
Сварка	2,6—3,2	2,4—3,5	3—5	0,6—0,8	3—6
Заваривание пор	2,1—2,3	1,9—2,2	1—4	0,7—0,9	3—6
Сварка археологического серебра	1,1—1,6	1,2—1,5	0,5—3	0,6—0,9	6—9
Полировка швов	3,4—3,8	3,2—4	9—20	1,1—1,5	0—3

Установки комплектуются микролифтами для работы с различными по габаритам предметами. Управление всеми процессами осуществляется с помощью джойстика. Концепция свободного движения, реализованная в установках, позволяет держать предмет в руках и регулировать сварочный процесс. В реставрационной практике крайне необходима тщательная регистрация всех процессов, поэтому в микроскоп встроена цифровая видеофотокамера, подключенная к компьютеру.

Сегодня лазерная очистка произведений искусства успешно применяется при реставрации шедевров во многих странах мира. Лазерной очисткой возможно без вреда для реставрируемого изделия удалять олово, медные, железные окислы и практически любые органические наслоения, которые иногда невозможно убрать с помощью традиционных химических реактивов. Сложнее всего удалить олово и мягкие припой с поверхности серебра и золота.

В Лаборатории научной реставрации драгоценных металлов Эрмитажа применяют лазерные установки двух типов: EOS 1000 LQS и Laser Mark-Uno, Open-Laser. Производители установок указывают режимы для выполнения операции очистки серебра 84-й пробы и археологического серебра от оксидно-сульфидных и хлоридных образований, органических наслоений, окислов меди и железа, позолоты от органики, окислов меди и железа, железа — от солей и продуктов коррозии, бронзы, латуни, меди от органических загрязнений и окислов, сплава олово-свинец — от органических загрязнений.

Оптоволоконный кабель позволяет проводить реставрационные работы на расстоянии до 10 м от установки. В некоторых случаях приходится применять химическую или механическую доработку.

Лучшие результаты по лазерной очистке были получены на всех установках компании OROTIG, в некоторых случаях особенно удачно очистка проходит после размягчения окислов и загрязнений специальными химическими реактивами.

Если лазерная очистка металлов ведется в режиме эксперимента, то лазерная сварка уже давно занимает ведущее место в реставрационной практике музеев мира. Больших успехов добились итальянские реставраторы, которые долгое время применяют в своей работе установки лазерной сварки [4]. Стыки, сваренные лазером, прочнее аналогичных стыков, спаянных горелкой или с помощью микроплазмы. Их прочность составляет 95 % от прочности цельного металла. Для проверки прочности сварных швов серебряных предметов была дана нагрузка, в 10 раз превышающая вес экспонатов.

Новая технология позволяет избежать использования припоев. В области сварного шва отсутствует окалина. Для полировки сварных швов применяется автоматическая пульсирующая система. Лазерные технологии позволяют производить сварку поверх ранее сваренных поверхностей, не повреждая предыдущий шов. Для работы с различными металлами (золотом, серебром, медными сплавами и железом) изменяются параметры лазерной сварки. При лазерной сварке не изменяется вес украшения, что крайне важно для музейной практики.

Возможности лазерной сварки проиллюстрированы на рис. 3 (стрелками указано направление распространения лазерного излучения).

Параметры лазерной сварки могут изменяться. Мощность установки зависит от многих условий: загрязнения воздушных фильтров, копоти на оптических фильтрах, калибровки и настройки оптических узлов и генератора. В зависимости от интенсивности работы необходимо регулярно проводить профилактический осмотр машины. Поэтому прежде чем начать реставрационные мероприятия, рекомендуется проверить режимы на опытных образцах.

В некоторых случаях после сварки фрагментов серебряных сосудов из-за линейных напряжений металл растрескивался в новых местах, что осложнило работу. Требовалось подобрать различные режимы сварки для разных элементов одного предмета. После сварки необходимо заполировать швы (т.е. уплотнить металл в месте сварки). Режим полировки требует увеличения диаметра сварочного пятна, частоты, мощности и длительности импульса. При толщине металла более 2 мм следует лазером „завалить“ края внутрь шва и, послойно нарастив металл (до лицевой поверхности экспоната), заполировать шов.

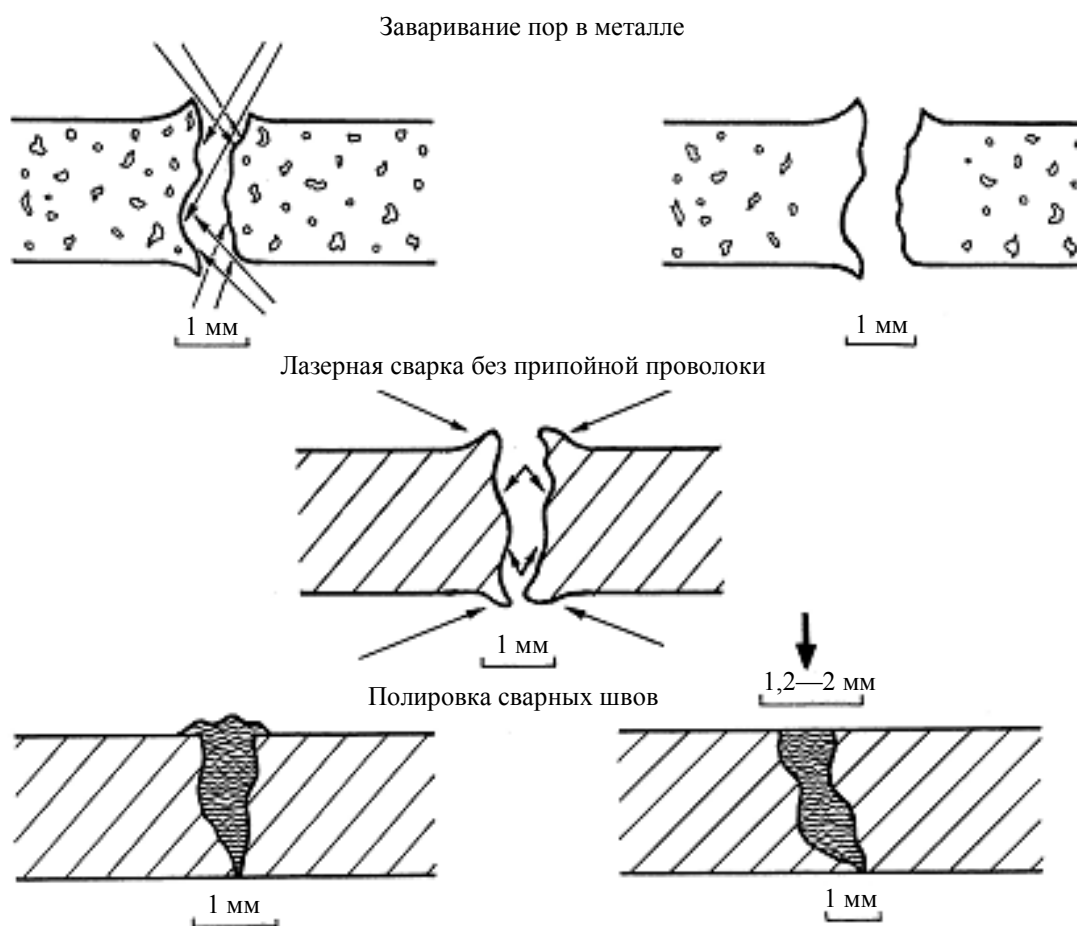
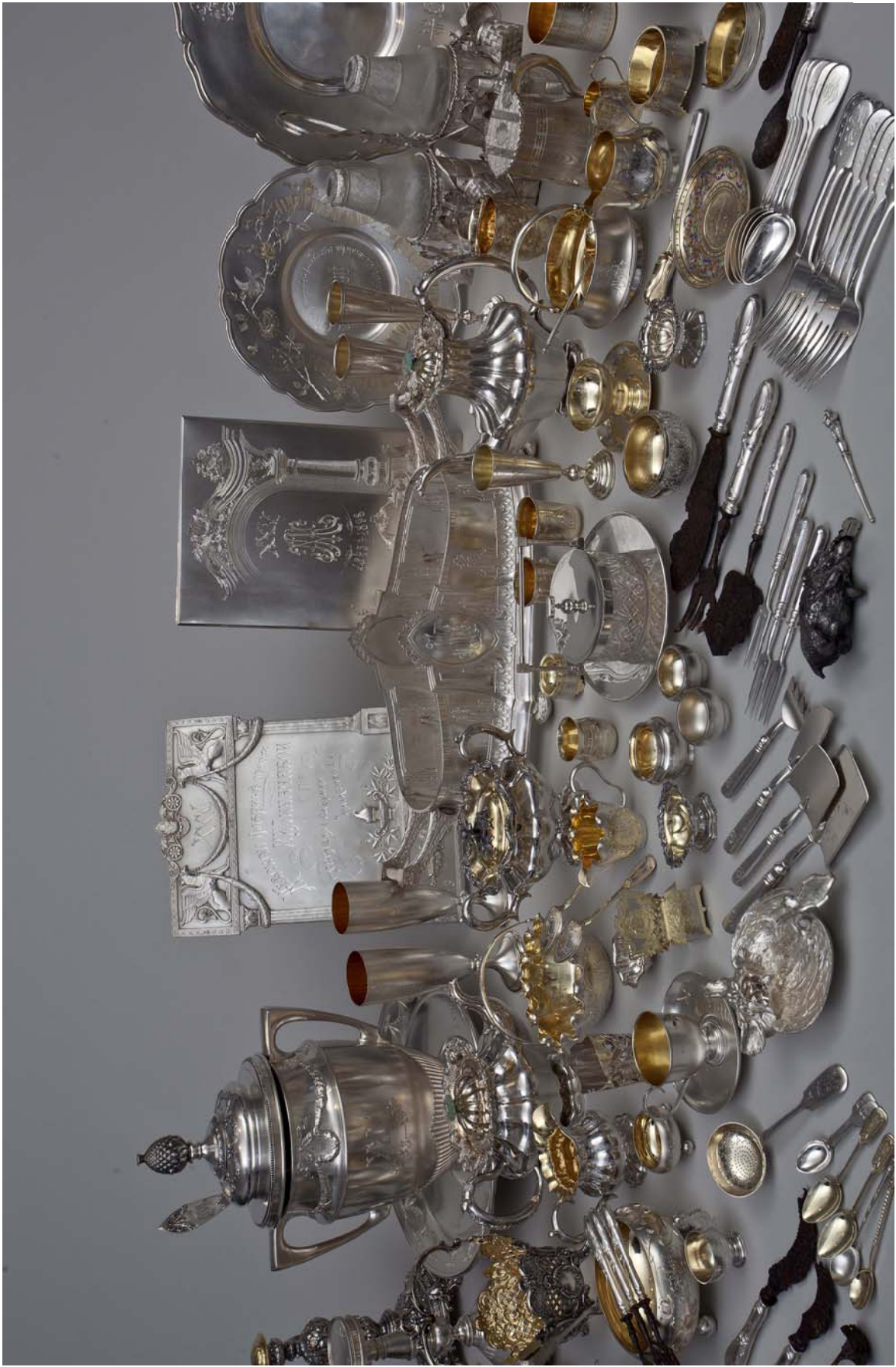


Рис. 3

Безусловно, применение лазерной сварки и лазерной очистки в музейной реставрации позволяет существенно сократить время реставрации и повысить качество работы. На рис. 4 представлены отреставрированные предметы найденного клада.

Полной теории реставрации драгоценных металлов до сих пор не разработано. Вероятно, сталкиваясь со сложными реставрационными случаями и большими комплексами изделий, можно постепенно разрабатывать отечественные методики, которые в дальнейшем помогут решать различные задачи.





*Рис. 4*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коварская С. Я.* Произведения московской ювелирной фирмы Хлебникова. М.: Московский Кремль, 2001. 120 с.
2. *Шемаханская М. С.* Реставрация металла: Метод. рекомендации. М.: ВНИИР, 1989. 154 с.
3. *Belluzzo P., Siano S., Pieri G., Lanterna G., Innocenti C.* Kermes: la rivista del restauro // LA RIVISTA DEL RESTAURO. 2007. N 67—68. P. 59—64.
4. *Abbate V., Innocenti C.* La sfera d'oro: il recupero di un capolavoro dell'oreficeria palermitana. Napoli: Electa, 2003. 165 p.

*Сведения об авторе***Игорь Карлович Малкиель**

— Государственный Эрмитаж, отдел Востока, Санкт-Петербург; зав. лабораторией научной реставрации драгоценных металлов

Рекомендована  
программным комитетом КонференцииПоступила в редакцию  
08.09.10 г.