

О СТАРЕЙШЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПАЙКИ НА ПРИМЕРЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ НАХОДОК – ЗОЛОТОГО КУБКА ИЗ ТРИАЛЕТИ И МУФЕЛЯ ИЗ КВАЦХЕЛИ

Эр. Маградзе

Национальный музей, Грузия, 0105, г. Тбилиси, ул. Фуртцеладзе, 3. E-mail: e.magradze@gmail.com

Если рассматривать этапы развития человечества с материальной и духовной точки зрения, то значительным достижением в этой области является открытие и изучение металлов, а также изобретение методов их обработки. Результатом деятельности и постоянного поиска в этом направлении является создание и развитие металлургии. Шедевры же ювелирного искусства предстают перед нами как продолжение этих процессов. Неотъемлемой частью этих процессов является накопление знаний посредством наблюдения, совершенствование усвоенных правил и приемов. Одним из наиболее важных из них является процесс пайки как способ соединения готовых деталей из металлов, который был изобретен человеком на ранней стадии человеческого развития. Библиогр. 8, рис. 8

Ключевые слова: пайка, реакционный и субстанционный припой, металлическое золото, пайка артефактов

Цель настоящего исследования состоит в том, чтобы представить инструменты и технологии, существующие в древнейших ювелирных мастерских, а также, опираясь на полученные результаты работ по соединению деталей при помощи пайки, сделать выводы о составе припоя и методах его применения.

Опираясь на проделанные наблюдения, могу сказать, что на древнейших изделиях наблюдаются следы двух видов припоя. Первый — это «субстанционный припой», при котором на золотое или серебряное изделие наносится расплав из небольшого количества золота или серебра (из того же металла, из которого состоит изделие), с добавлением специального легирующего металла.

И второй, так называемый реакционный припой, который содержит сложное химическое соединение органических и неорганических веществ. Под воздействием температуры это соединение, в результате восстановительной реакции, расплавляет поверхность изделий и прочно соединяет друг с другом мельчайшие детали.

Сегодня, в современных ювелирных мастерских, при пайке серебряных или золотых изделий применяется только первый метод. То есть для достижения нужных результатов и необходимой температуры используются «субстанционные припои». Для их изготовления берется золото или серебро, только в малом количестве, с добавлением легирующего металла. В их число входят: элементное серебро, медь, свинец, цинк, олово, кадмий и др. Вводя эти металлы в различных пропорциях в основной состав золота или

серебра, мы получаем особенные сплавы, которые при помощи соответствующих флюсов и температуры прочно соединяют две детали изделия [1].

При пайке используются газовые горелки, которых существует множество видов; мы можем использовать их, исходя из поставленной задачи. Они довольно просты в использовании и позволяют мастеру эффективно обрабатывать детали. Эти устройства легко регулируют пламя с помощью специального вентиля, увеличивая или уменьшая газовую струю [1].

В процессе смены культурных эпох человеческого развития ювелирное искусство стало процветать и первичное металлическое золото, необходимое для этой работы, считалось священным, оно считалось принадлежащим богам [2].

Труды многих авторов, работавших в средние века, дошедшие до наших дней, рассказывают нам как об обработке металлов в целом, так и о ювелирном деле: Аль Бирун, Теофилус, Арраз, Агрикола, Бирингучио, Челлини, Вахтанг VI и др.

Рассматривая историю обработки драгоценных металлов, исследователь не может обойти стороной одну из важнейших рукописей, принадлежащую перу бенедиктинского монаха Просвитеру Теофилусу, творившему в XI–XII веках [3].

Для нашего исследования трактат Теофилуса был особенно интересен тем, что в нем обсуждаются методы подготовки золотой основы для перегородчатой эмали и изготовление перегородок для эмали. Также он дает советы о приготовлении припоя и его использовании [3].

Теофилус рассматривает два типа припоя:

– полученный способом легирования золота или серебра;

– изготовленный из химических веществ.

Второй вид припоя, как указано выше, готовится из таких органических и неорганических соединений, которые при температуре 900...920 °С расплавляют поверхность золота или серебра и связывают две детали друг с другом. Такой метод зародился в далеком прошлом человечества, и передовые народы древнего мира использовали этот метод для создания изящных видов искусства, таких как филигрань и зернь, на основе переработки таких природных материалов как хризоколла (водный силикат меди $\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) или малахит (водный карбонат меди $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$). Значение же состава припоя по Теофилусу в том, что он в период развитого Средневековья описывает метод изготовления данного припоя с помощью искусственных химических процессов [3].

В своем трактате о методах ювелирной пайки рассказывает итальянский ювелир и скульптор XV века Бенвенуто Челлини. Он описывает содержимое легированной (субстанциионной) пайки. Так как во время чеканки почти всегда образуются дефекты в виде отверстий и трещин, необходимо их заполнить такого типа припоем [4].

Он предлагает устранить данные дефекты только с помощью субстанциионной пайки, поскольку реакционная пайка, ввиду отсутствия субстанции, не в силах покрыть погрешности. Последняя позволяет расплавить поверхность драгоценного металла, что является хорошим способом соединения каждой маленькой детали.

П. Теофилус также указывает на необходимость подготовки легированной и субстанциионной пайки, только он, в отличие от Челлини, вместо серебра, вводит в золото медь [3].

О легировании золота медью рассказывает также грузинский ученый XVII–XVIII веков царь Вахтанг VI в своем трактате «Книга о приготовлении растворов и химических превращениях» [5].

Эти примеры ясно указывают на существование всеобщих непрерываемых знаний в области обработки драгоценных металлов, которые, хотя и были всегда строго скрывааемыми, все же распространялись и принимали характерные черты одной общей культуры человечества.

После описания применения и содержания припоя, Теофилус рассказывает о том, как мастер должен выполнять свою работу по пайке. Он указывает на то, как в кучке горящего угля создать такое пространство, чтобы изделие непосредственно не соприкасалось с огнем, и определенная температура равномерно окружала бы соединяемые детали. То есть, как позже и Челлини, он пы-

тается в кучке горящих углей создать похожее на муфель пространство. Хотя Теофилусу известен способ изготовления железного муфеля для выжигания эмали и он даже описывает этот метод [3], но для пайки он все же предлагает другой способ, видимо для того, чтобы была возможность проследить за процессом. А железный муфель, необходимый для выжигания покрытых эмалью пластин, он описывает так: «Внеси пластину в огонь на тонком углубленном подносе с короткой металлической ручкой. Накрой его железной крышкой, которая должна быть вогнута, как маленькая чаша, и также полностью покрыта отверстиями... Эта крышка также должна иметь небольшое кольцо в середине, при помощи которого можно было бы ее накрыть и открыть...».

Описанное Теофилусом небольшое, изготовленное из железа приспособление, которое, по видимому, использовалось в средние века, состоит из двух независимых частей – нижнего вогнутого подноса с ручкой и круглой полусферической железной крышки с кольцом. Воссоединение этих двух деталей создает замкнутое пространство – муфель. Название «муфель» происходит от латинского слова *muffla*, по-французски *moufle*, что означает «муфта» или «закрытый».

Интересно узнать, существовало ли такое устройство в более ранние времена, и какие могли быть модификации или какие материалы должны были быть использованы.



Артефакт муфель «Колхидский колпак»

В 2012–2013 гг. в Национальном музее Грузии я реализовал проект «По следам утерянных технологий – перегородчатая эмаль», в рамках которого планировалось исследовать своеобразие технологий грузинско-византийской перегородчатой эмали. В процессе работы над проектом мне удалось идентифицировать артефакт, относящийся к середине I тыс. до н.э. из Ванского городища – сделанное из листового железа конусообразное изделие с множеством отверстий. Это приспособление состоит из двух, сделанных из чеканного железа, частей. Как и муфель, описанный П. Теофилом, он имеет нижнюю вогнутую часть и плотно прикрываемую крышку конической формы с металлическим кольцом наверху.

После изучения и реконструкции так называемой крышки Теофила, легче стало идентифицировать крышку из Вани. Это, безусловно, муфель. Как только мы поместим это приспособление в огонь, внутри камеры образуется высокая температура, и, как показали опыты, это дает нам возможность глазурировать мелкие керамические изделия, выжечь покрытую эмалью пластину, а также соединить (припаять друг к другу) тончайшие детали из золота и серебра. Реконструкция описанного предмета и многие эксперименты показали, что он соответствует требованиям для всех перечисленных выше ювелирных операций.

Из этого был сделан вывод, что П. Теофилус, создавая свой трактат, знал и использовал традиционные знания ювелирной мастерской древнего мира. Мы назвали артефакт из Вани «Колхидским колпаком» [6].

Естественно, возникает вопрос, что такое устройство должно было быть известно в более ранние времена, и как в строении колхидского колпака просматривается полноценность и мудрость знаний древних мастеров.

В течение долгих лет работы в этой области мое внимание привлекали хранящиеся в Национальном музее два предмета из огнеупорной глины, покрытые отверстиями. Один из этих двух артефактов был обнаружен при археологических раскопках в Кар-



Копия муфеля «Колхидский колпак»

лийском районе, близ деревни Урбниси на горе Твлепия [7], второй же в ЮгоВосточной Грузии в районе Дедоплисацкаро и относятся к IV–III тыс. до н. э. Одна из этих двух крышек, найденной в деревне Урбниси, имеет нижнюю часть, которая идеально сочетается с указанной глиняной крышкой и была найдена археологами в 1956 г.

В 2018 г. в Национальном музее Грузии мы осуществили научный проект под названием «Мудрость, воплощенная в золоте – золотой кубок из Триалети». В рамках проекта я должен был изучить технологию создания исторического памятника культуры – украшенного аппликациями и различными декорами золотого кубка, который был найден в Юго-Восточной Грузии на Триалетском хребте, известном центре курганной культуры, в 1930-е годы и относится к началу II тыс. до н.э.

Технологически этот кубок является предметом сложнейшего строения. Нет такого вида ювелирного искусства, применяемого даже в более поздние эпохи, которого не было бы использовано в этом кубке. Он украшен сердоликом, лазурью, агатом, янтарем, тонко обработанными минералами. А в прекраснейшее, украшенное филигранью и зернью изделие, впяаны перегородчатые формы, заполненные цветной ювелирной пастой. Установлено, что этот кубок изготовлен местными ювелирными мастерами и представляет собой образец тончайшего искусства, не имеющего аналога [8].



Артефакт «Золотой кубок из Триалети»



Нерасплавленные фрагменты субстанции припоя на артефакте «Золотой кубок из Триалети»

В ходе расследования, в первую очередь меня интересовало, сколько способов пайки использовал мастер при создании этого кубка. При наблюдении под микроскопом стало ясно, что золотые листовые пластины были припаяны легированным или субстанционным методом. Это подтверждается тем, что в некоторых местах сохранились нерасплавленные прямоугольные фрагменты припоя.

Это указывает на то, что легированным способом приготовленные некоторые припойные пластины не расплавились во время первого нагревания, а мастер остерегся нагреть изделие во второй раз. Как раз из-за того, что в некоторых местах детали изделия не были основательно припаяны, во время многовекового захоронения кубок деформировался и в результате были частично оторваны аппликации с его корпуса.

При детальном рассмотрении выявляется, что мастер применил и другой тип припоя. В частности, аппликации на самом кубке, филигрань на ножке, оправы для камней и зернь явно припаяны тем методом, которым пользовались в последующие века для соединения перегородок, филиграни, зерни. Методом, о котором рассказал нам П. Теофилус, а позже и Челлини. При применении этого припоя на поверхности изделия выявляются следы легкой эрозии.

Этот вид припоя действует на поверхности металла, не проникая внутрь [5]. Указанным методом пайки драгоценных металлов для соединения шариков зерни, золотых перегородок и тончайшей филиграни, пользовались народы древнейших цивилизаций. Для соединения же более крупных деталей, как показали наблюдения, применяли легированный или субстанционный припой. Это еще раз подтвердилось при детальном изучении химического состава триалетского кубка, с помощью портативного неструктурного рентгенофлуоресцентного анализатора XRF. Были изучены четыре интересующие нас части кубка. Вот итоги этого исследования:

Край..... Au – 83,4; Ag – 11,9; Cu – 3,6; Fe – 0,291;
Средняя наружная
часть кубка..... Au – 83,1; Ag – 12,9; Cu – 3,59; Fe – 0,348;
Филигрань..... Au – 82,8; Ag – 11,7; Cu – 4,55; Fe – 0,283;
Ножка кубка..... Au – 80,1; Ag – 15,7; Cu – 3,31.



Следы реакционного припоя на артефакте «Золотой кубок из Триалети»

Данные научные наблюдения подтверждают многолетние изыскания в этой области. В частности, на местах соединения отмечается избыток легированного металла, в отличие от основной части. Там, где находится филигрань, наблюдается небольшое увеличение содержания меди. Это правильно, так как при применении припоя реакционного типа действует принцип восстановления меди из оксидного состояния до состояния металла. Это вызывает создание тончайшей медной пленки на поверхности золота, которая под воздействием высокой температуры прочно соединяется с золотом и создает слой, имеющий низкую температуру плавления. Это явление происходит молниеносно и очень бережно соединяет маленькие детали друг с другом.

Проведенные химические анализы по составу кубка показывают повышение содержания серебра в местах, где должен был быть применен субстанционный припой. Мы можем смело утверждать, что этот припой изготовлен из золота с добавлением серебра и меди, где серебро преобладает.

Я думаю, что полученные итоги по изучению кубка из Триалети имеют большое значение в области технологий изучения артефактов и пайки.

Все вышесказанное подтверждается рецептами припоя и методами их применения, описанными П. Теофилусом и Б. Челлини. Оба автора подчеркивают, что для надежного соединения больших деталей мастер обязательно должен использовать металлическую или субстанционную пайку, авторы трактатов применяют ее в распиленном состоянии [4].

Обнаруженные на золотом триалетском кубке фрагменты нерасплавленного припоя, а также эрозия вокруг инкрустированной и покрытой зернью части золота, проясняют, что в данном регионе уже в начале II тысячелетия до н. э. известны оба типа припоя и методы их применения.

Проводя исследования с триалетским кубком, я задавался вопросом: какими же инструментами пользовался создатель этого шедевра. Так как в ювелирном деле большое значение придается соединению деталей, в процессе проекта мы реконструировали древние орудия труда и инструменты, применяемые при этом. Как подтвердилось во время эксперимента с «колхидским колпаком», он оказался ювелирным приспособлением для выжигания изделий. Такие же испытания мы провели с муфелем из Квацхели, который целиком сделан из глины и очень похож на «колхидский колпак». Мы задались вопросом, не мог ли древний мастер с помощью этого приспособления производить операции, требующие высокой и стабильной температуры.

По своему строению муфель из Квацхели представляет собой две части, нижняя — камера для огня



Керамический муфель из Квачхели

и верхняя, прилегающая к ней, крышка — отражающая тепло. В свою очередь нижняя, предназначенная для огня часть, своим краем плотно прилегает к поллой сфере, эта же сфера стоит на трех ножках, соединенных общим дном. У этой сферической чаши снизу имеется отверстие для воздуха, который подается в камеру. Внутри камеры для горения образуется очень высокая температура, греющая воздух в нижней части. Из-за сильного огня дно камеры раскалено и греет воздух в сфере. Струя горячего воздуха смешивается с холодным воздухом, входящим из нижней сферы и теплым подается в камеру с горящими углями. Известно, что с помощью теплого воздуха топливо нагревается в два раза быстрее и экономнее горит, стабильно аккумулирует тепло под отражающей крышкой. Это создает отличные условия для работы.

Мы создали из глины муфельную печь наподобие квацхельской и провели с ее помощью множество экспериментов.

В камере для огня под отражающей крышкой создается и поддерживается тепло, более стабильная и однородная температура, чем в современных горелках для пайки, которые не позволяют создать возрастающий в силе огонь, необходимый для спаивания деталей. В муфеле же, созданном на

примере квацхельского артефакта, изготавливаемый предмет согревается легко, и самое главное, одинаково по всей поверхности. Это же является предпосылкой качественной удачной пайки.

С помощью теоретических исследований и многочисленных практических экспериментов мы доказали, что при помощи муфеля типа квацхельского можно проводить множество ювелирных операций, таких как: расплавление золота или серебра в маленьких тиглях, обжиг чеканных деталей и их соединение с помощью пайки. Этот муфель представляет собой лабораторное приспособление

сложной конструкции, которым пользовались в своих мастерских древнейшие мастера — ювелиры еще в конце IV и начале III тыс. до н.э.

Приспособления подобного типа встречаются нами и в более поздние века. Так, ярким примером этого является найденный при раскопках в Ванском городище (Западная Грузия) железный муфель с окошечками, прозванный нами «колхидский колпак». А еще позже П. Теофилус рассказывает в своем трактате о крышке для выжигания эмали.

Таким образом, тщательно изученные нами виды пайки на «триалетском кубке» и эксперименты, проведенные с квацхельским муфелем, дают основание утверждать, что почти на всей территории современной Грузии творили мастера высочайшего класса, которые в совершенстве владели технологией обработки цветных и драгоценных металлов. Артефакт же, относящийся к началу II тыс. до н.э., найденный археологами на Триалетском хребте, говорит о том, что здесь существовала целая система ювелирных мастерских, основанных на глубоких знаниях. Этот наш артефакт — золотой кубок из Триалети — достойное тому подтверждение.

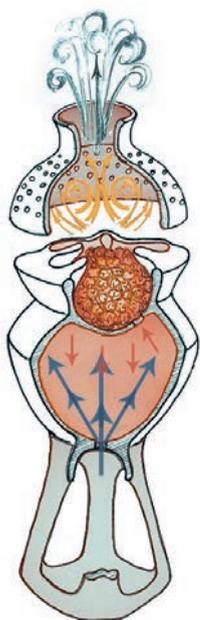
Исследования проходили в рамках научного гранта «Фонда Руставели» — PHDF18449.

Список литературы

1. Бреполь Э. (1982) *Теория и практика ювелирного дела.* — Ленинград, Машиностроение.
2. Хаушка Рудольф. (2004) *Учение о субстанции.* — Калуга, Духовное познание.
3. Theophilus. (1979) *On Divers Arts.* New York: Djver Publications Inc.
4. Вахтанг VI (Багратиони). (1981) *Книга о приготовлении растворов и химических превращениях.* — Тбилиси, Изд-во Тбилисского университета (оригинал на грузинском).
5. Челлини Бе. (2003) *Жизнеописание. Трактаты. Поэзия.* Санкт-Петербург, Азбука.
6. Magradze Ermine. (2014) Manifesting of the Early Antigue Goldsmith Workshop in Site of Ancient Vani on the Example of Colchian Cover. *Bulletin of the Georgian National Museum. Series of Social Science.* Tbilisi, 50B, 323-340.
7. Джавахишвили Ал., Глонти Л. (1962) *Археологические раскопки, проведенные в 1954–1961 гг. на селце Квачхелеби (Твлепия-кохи).* Урбниси. Тбилиси, Изд-во Академии наук Грузинской ССР (оригинал на грузинском).
8. Куфтин Б.А. (1941) *Археологические раскопки в Триалети.* Там же.

References

1. Brepol, E. (1982) *Theory and practice of jewelry making.* Leningrad, Machinostroenie [in Russian].
2. Khaushka, R. (2004) *Theory about substance.* Kaluga, Dukhovnoe Poznanie [in Russian].
3. Theophilus. (1979) *On Divers Arts.* New York: Djver Publications Inc.
4. Vahtang V.I. (Bagrationi) (1981) *Book on preparation of solutions and chemical transformations.* Tbilisi, Izd-vo Tb. Un-ta [in Georgian].
5. Chellini Be (2003) *Biography. Treatises. Poetry.* St.-Petersburg, Azbuka [in Russian].
6. Magradze, E. (2014) Manifesting of the early antigue goldsmith workshop in site of ancient Vani on the example



Принципиальная схема работы «керамического муфеля из Квачхели»

- of Colchian Cover. *Bull. of the Georgian National Museum. Series of Social Sci.* Tbilisi, 50B, 323-340.
7. Dzhavakhishvili, Al., Glonti, L. (1962) *Archeological excavations performed during 1954-1961 in Kvatskhelebi village (Tvlepia-Kokhu)*. Urbnisi, Tbilisi. Academy of Sci. of Georgian SSR [in Georgian].
8. Kuffin, B.A. (1941) *Archeological excavations in Trialeti*. Ibid.

ABOUT THE OLDEST TECHNOLOGY OF BRAZING ON THE EXAMPLE OF ARCHAEOLOGICAL FINDINGS – A GOLDEN CUP FROM TRIALETI AND MUFEL FROM KVATSKHELI

Er. Magradze

National Museum, 3 Furtseladze Str., 0105, Tbilisi, Georgia. E-mail: e.magradze@gmail.com

Considering the stages of human development from a material and spiritual point of view, a significant achievement in this field is the discovery and study of metals, as well as the invention of methods for their processing. The result of activity and constant search in this direction is the creation and development of metallurgy. Masterpieces of jewellery are presented to us as a continuation of these processes. An integral part of these processes is the accumulation of knowledge through observation and improvement of the learned rules and techniques. One of the most important of them is the brazing process as a method of joining finished metal parts that was invented by a human at an early stage of human development. 8 Ref., 8 Fig.

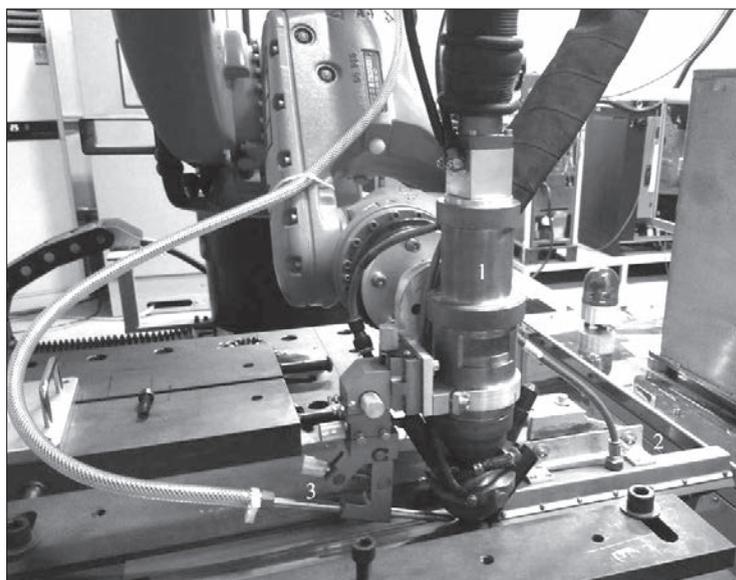
Keywords: brazing, reaction and substance brazing alloy, metallic gold, brazing of artifacts

Поступила в редакцію
28.01.2020

Розроблено в ІЕЗ ім. Є.О. Патона

ГІБРИДНЕ ЛАЗЕРНО-МІКРОПЛАЗМОВЕ ЗВАРЮВАННЯ НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ

Зварні вироби з тонколистових нержавіючих сталей виготовляють сучасною промисловістю з метою застосування в областях техніки, пов'язаних з необхідністю експлуатації досить міцних конструкцій, схильних до корозії та певним механічним впливам. Прикладами таких областей техніки можуть бути: виготовлення конструкцій побутового призначення для умов морського клімату або підвищеної вологості, елементів корпусних конструкцій транспортної техніки (наприклад, корпусів залізничних вагонів), сильфонних компенсаторів для атомної енергетики, обладнання хімічної і харчової промисловості (наприклад, баків, фільтрів) та інше. При цьому часто ставиться завдання зварювання нержавіючих сталей товщиною до 3,0 мм встик. Одним із сучасних інноваційних способів зварювання, що дозволяє мінімізувати залишкові деформації, отримувати високоякісні та довговічні з'єднання, є гібридне лазерно-мікроплазмове зварювання. В ІЕЗ ім. Є.О. Патона відпрацьовані базові технологічні прийоми гібридного лазерно-мікроплазмового зварювання тонколистових нержавіючих сталей та проведено вибір параметрів режимів, а також досліджені механічні та корозійні властивості отриманих з'єднань. Проводили гібридне лазерно-мікроплазмове зварювання тонколистових нержавіючих сталей без присадного дроту та з його застосуванням. Визначили, що застосування присадного дроту доцільно починаючи з товщини не менше 1,0 мм. При цьому для повного розплавлення дроту діаметром 0,8 мм в разі зварювання з щільно зістикованими крайками погонну енергію процесу необхідно збільшити на 20–40%, а в разі зварювання з зазором між крайками на 15-30%. Величина зазору повинна складати близько 15–20% від товщини кромок. Визначення механічних та антикорозійних властивостей отриманих гібридним лазерно-мікроплазмовим зварюванням з'єднань з нержавіючих сталей підтвердило перспективність промислового застосування цього способу.



Зовнішній вигляд головки для лазерно-мікроплазмового зварювання в руці робота KUKA KR30HA: 1 – інтегрований плазмотрон; 2 – система захисту шва; 3 – мундштук для подачі присадного дроту