

УДК 721.8

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАКУМЭ-ГАНЕ ДЛЯ МЕДНЫХ СПЛАВОВ Попов Р.А., Луговой В.П.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Техника макумэ-ганэ представляет собой способ составления материала из разнородных и разноокрашенных металлов со сходными или практически сходными физическими свойствами, образующий узор подобный на срез фактурного дерева. Цветной узор образуется за счет чередования разных по цвету металлов и сплавов в поковке, которые предварительно шлифуют, притирают между собой, собирают и зажимают в пакет на специальном зажиме. Целью настоящих исследований было разработать технологию макумэ-гане для образца, состоящего из слоев двух недргоценных металлов: **меди и латуни**, т. е. сплава меди с цинком.

**Ключевые слова:** макумэ-ганэ, металлы, узор.

## APPLICATION OF MAKUME-GANE TECHNOLOGY FOR COPPER ALLOYS Popov R.A., Lugovoy V.P.

*Belarusian state university of informatics and radioelectronics  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The makume-gane technique is a method of composing a material from dissimilar and differently colored metals with similar or almost similar physical properties, forming a pattern similar to a cut of textured wood. The colored pattern is formed by alternating metals and alloys of different colors in a forging, which are pre-ground, ground together, assembled and clamped into a bag on a special clamp. The purpose of this research was to develop makume-gane technology for a sample consisting of layers of two base metals: copper and brass, i. e. alloy of copper and zinc.

**Key words:** the makume-gane, metals, pattern.

*Адрес для переписки: Луговой В.П., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь  
e-mail: bntu@bntu.by*

Макумэ-ганэ (с японского – текстурированный металл) – материал, составленный из разнородных и разноокрашенных металлов со сходными или практически сходными физическими свойствами, образующий узор подобный на срез фактурного дерева. Исторически техника макумэ-ганэ использовалась в средневековой Японии для украшения оружия или предметов обихода высшего сословия. В настоящее время применяются в ювелирном деле в украшениях. В Европе и Центральной Азии существовала сходная техника – демаскированной стали или узорчатого дамаска, предусматривающая получение узора при помощи чередования и смешивания между собой путем проковки пластин или кусков стали с разным содержанием углерода.

Цветной узор образуется за счет чередования разных по цвету металлов и сплавов в поковке, которые предварительно шлифуют, притирают между собой, собирают и зажимают в пакет на специальном зажиме. Очередь в чередовании пластинок зависит от желаемого узора и его цвета. Собирать пакет можно как из только драгоценных и недргоценных металлов и сплавов, так и смешивая их, хорошей спаиваемостью между собой обладают медь и ее сплавы: латунь, мельхиор, нейзильбер, низкопробное золото и серебро; серебро и его сплавы: электрум, техническое и ювелирное серебро; золото и его сплавы.

Затем пакет устанавливают в печь при температуре 600–1000 °С в зависимости от используемых сплавов на время необходимое для диффузионной сварки пластинок (обычно 4–8 часов). Во время этого процесса металлы пластинок диффундируют между собой на молекулярном уровне, но недостаточно для сильных связей между пластинками. После очистки от остатков заготовку проковывают при температурах выше 700 °С, чтобы слои окончательно «срослись» между собой. Далее на поверхности поковки высверливают отверстия глубиной в половину толщины поковки или вырезают канавки для получения интересного узора, проковывают или прокатывают пластину на вальцах для уменьшения толщины.

В результате получают пластину с точечным или смешанно-концентрическим узором, напоминающим множество кругов на воде или пятна гепарда. Окончательно изделие зачищают и полируют, а при слабовыраженном узоре травят в кислоте или в растворе для чернения.

Целью настоящих исследований было разработать технологию макумэ-гане для образца, состоящего из слоев двух недргоценных металлов: **меди и латуни**, т. е. сплава меди с цинком. Пакет для диффузионной сварки толщиной 8 мм и размером 20×40 мм был образован из пластин толщиной 2 в несколько слоев. При использовании

медных сплавов из латуни и нейзильбера температурную обработку осуществлять в диапазон 650–750 °С во избежание выгорания и испарения цинка. В соответствии с этими рекомендациями исследуемый образец был подвержен термической обработке в печи при температуре 740 °С в течение 4 час, а затем проковке, а затем прокатке до получения образца толщиной 1,2 мм размером 40×80. В спаянном пакете были хаотично высверлены глухие отверстия диаметром 1,2 и 4,0 мм.

Для выявления красочных узоров пластина была предварительно протравлена в 20 % растворе серной кислоты для удаления верхней оксидной пленки с поверхности пластины. Пластинку зачистили и отполировали, обезжирили и обрабатывали в растворе КААС 232, предназначенного для чернения, который содержит смесь серной кислоты, серной печени ( $K_2SO_4$ ), комплекса солей железа и едкого натрия. Обработка раствором КААС выполнялась медленным нанесением раствора на образец, погруженный в воду для исключения возможности образования оксидной пленки. Затем следовала помывка и сушка пластины. Окончательно для усиления контраста полученных узоров на поверхности медного сплава образец подвергался обработке раствором хромпика  $K_2Cr_2O_7$ , после чего следовала тщательная промывка в воде.

Полученный результат художественной обработки медного сплава методов макумэ-гане представлен на рисунке 1. Центральная зона округлой формы представляет собой зону, которая подвергалась химическому воздействию струей красящего раствора КААС.

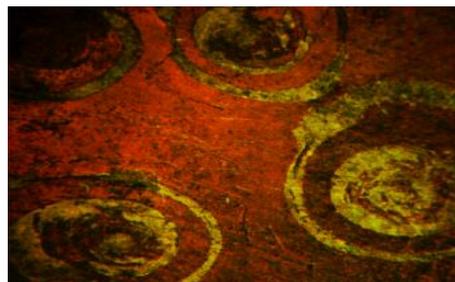
Фрагменты узоров на поверхности образца приведены на рисунке 2.

На представленных фотографиях (рисунок 2) видно, что окончательная химическая обработка пластины слабым раствором серной кислоты

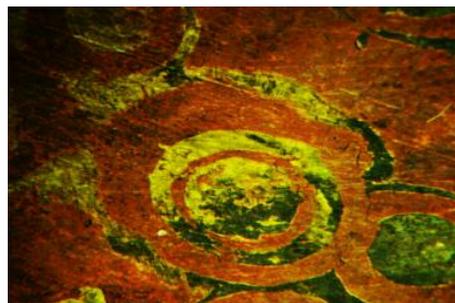
позволяет получить более контрастные и выразительные рисунки на поверхности.



Рисунок 1 – Фотография художественно обработанного образца, полученного методов макумэ-гане



*a*



*б*

Рисунок 2 – Фотографии фрагментов узоров на образцах из медных сплавов (x24): *a* – необработанная поверхность с оксидной пленкой, *б* – потравленная поверхность