

Заключение. Данный способ механического крепления цельного алмаза в конструкциях резцов позволит обеспечить следующие преимущества по сравнению с существующими способами:

1. Компактность узла крепления позволяет использовать метод крепления для многолезвийного инструмента. Простота конструкции снизит стоимость инструмента в целом. Обеспечена большая жесткость конструкции за счет нахождения многогранной гранной шайбы в пазу.
2. За счет конфигурации многогранной (мягкой при креплении алмаза) шайбы обеспечивается правильное распределение составляющих сил прижима: нормальное направление на опорную (опять мягкую при алмазе пластину); и в угол паза режущего элемента, что особенно важно для хрупкого режущего материала.
3. Сила зажима от шайбы на алмазную вставку передается по плоскости с прижимом по направлению, совпадающему с главной составляющей силы резания P_z , что увеличивает надежность узла крепления и снижает риск хрупкого разрушения режущей пластины.
4. Многогранность шайбы увеличивает ресурс её использования, тем самым увеличивая число переустановок сменных пластин и, следовательно, увеличивает ресурс эксплуатации конструкции в целом.

5. Шайба, изготовленная из мягкого материала, обладает тормозящим эффектом, что в свою очередь способствует повышению надежности крепления и ведет к возможности уменьшения сил зажима винта, что важно, учитывая его небольшие размеры и хрупкость зажимаемой режущей пластины.
6. Существует возможность изготовления шайбы с разновысотными гранями, что решает важную проблему при эксплуатации механически закрепляемых алмазов, связанную с поиском оптимальных плоскостей для ориентации и закрепления поликристаллических алмазов.

Предварительные испытания показали работоспособность конструкции при чистовых видах обработки цветных сплавов на основе алюминия.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сайт <http://www.info.instrumentmr.ru/>
2. Сайт <http://www.instrumenttalchk.ru/>
3. Режущие инструменты оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение: справочник / В. П. Жедь [и др.] – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

Материал поступил в редакцию 19.10.10

LIAUDANSKI A.M., LIAUDANSKI I.A. Modernisation construction cutter with mechanical fastening of a plate from a heavy-duty material

The article suggests the progressive way of fixing cutting plates of artificial diamonds. The described main characteristics of diamond tools and features of their operation.

УДК 622.24.051

Монтик С.В.

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ЗУБКОВ ДЛЯ БУРОВЫХ ДОЛОТ

Введение. Основным породоразрушающим инструментом при бурении нефтяных и газовых скважин являются шарошечные долота. Оснащение их твердосплавным вооружением, которое представляет собой зубки из твердого сплава ВК (сплав карбида вольфрама с кобальтом), повысило проходку и другие эксплуатационные характеристики долот.

Одним из путей сокращения расхода дорогостоящего твердого сплава без ухудшения эксплуатационных характеристик буровых долот может являться использование ресурсосберегающей технологии, разработанной в Российском государственном университете нефти и газа имени И.М. Губкина (г. Москва) – метода электроконтактного механотермического формирования (МТФ) биметаллических изделий.

Большая часть твердосплавного зубка находится в корпусе долота и выполняет роль державки. Технология электроконтактного механотермического формирования позволяет изготавливать биметаллические зубки, состоящие из твердосплавной рабочей головки и стального основания, что дает возможность снизить расход твердого сплава.

Процесс механотермического формирования применительно к комбинированным зубкам для шарошек буровых долот изучался Н.А. Жидовцевым, В.Я. Кершенбаумом, Э.С. Гинзбургом, А.И. Мизиным, И.Г. Барило и Л.А. Резником [1].

При изготовлении и использовании биметаллических зубков может возникнуть ряд проблем, которые будут рассмотрены ниже.

Твердый сплав и сталь имеют разные коэффициенты линейного расширения и модули упругости, что приводит к возникновению остаточных напряжений в биметаллическом зубке, а это в свою очередь снижает прочность соединения твердый сплав – сталь. Однако необходимым условием применения биметаллических изделий является высокая прочность соединения твердого сплава со сталью, т. к. зачастую их разрушение при воздействии внешних нагрузок происходит по границе раздела твердый сплав-сталь [1].

Твердосплавное вооружение долот подвергается действию абразивного, ударно-абразивного и ударно-усталостного изнашивания. В зависимости от типа долота и вида вооружения (основное или калибрующее) преобладает один из видов изнашивания, поэтому возникает также задача исследовать влияние технологии МТФ на физико-механические свойства и микроструктуру твердого сплава. Это позволяет определять требуемые параметры технологии МТФ в зависимости от конкретных условий работы твердого сплава, т. к. именно микроструктура и физико-механические свойства оказывает существенное влияние на износостойкость и прочность твердого сплава.

Методика экспериментальных исследований. Для исследования влияния технологии МТФ на прочности соединения твердого сплава со сталью, а также микроструктуру и физико-механические свойства твердого сплава были изготовлены биметаллические зубки по размерам твердосплавных зубков формы Г26 по ГОСТ 880-75 для шарошек буровых долот (см. рис. 1, а) диаметром 12 мм и высотой 14 мм.

Использовались твердые сплавы ВК8-В, ВК10-КС, ВК11-ВК, ВК15 по ГОСТ 3882-74.

Для исследования зависимости прочности соединения от содержания углерода в стали и термообработки основания биметаллических зубков изготавливались из сталей 45 по ГОСТ 1050-88, 65Г и 20Х по ГОСТ 4543 – 71. Сталь 20Х предварительно подвергалась цементации.

Для изготовления биметаллических изделий применялась одно- и двухстадийная технология механотермического формирования.

Двухстадийная технология механотермического формирования заключается в спекании под давлением в керамической пресс-форме порошка твердого сплава и его одновременном соединении со стальным основанием за счет теплоты, выделяемой при пропускании электрического тока, с использованием медного, а затем графитового электрода-пуансона (см. рис. 1, б). Параметры процесса: давление прессования 25–50 МПа, плотность тока 8–20 А/мм², время процесса 5–7 с для каждой стадии.

Монтик Сергей Владимирович, к. т. н., доцент, зав. кафедрой технической эксплуатации автомобилей Брестского государственного технического университета.

Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

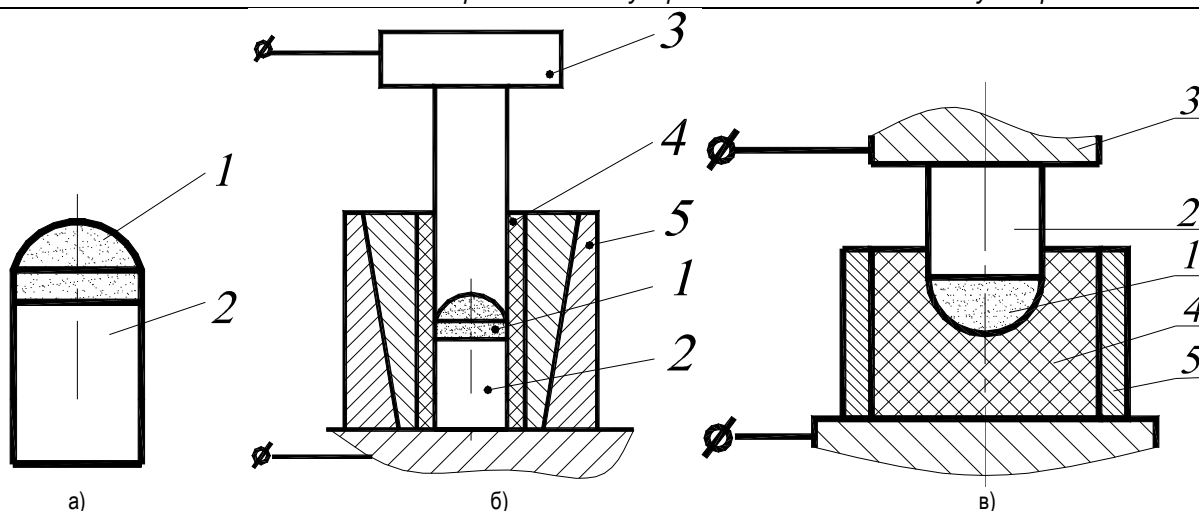


Рис. 1. Биметаллический зубок (а) формы Г26 по ГОСТ 880-75 и схема его изготовления МТФ с использованием медного электрода-пуансона (б) и с использованием графитовой пресс-формы (в) (1 – твердый сплав, 2 – стальное основание зубка, 3 – медный электрод-пуансон, 4 – керамическая или графитовая пресс-форма, 5 – стальная оправка).

При одностадийной технологии механотермического формирования спекание осуществляется под давлением в графитовой пресс-форме за счет прохождения электрического тока через порошок твердого сплава, стальное основание и пресс-форму (см. рис. 1, в). Давление прессования составляет 9 МПа, плотность тока 4–5 А/мм², длительность процесса от 10 до 600 с.

Для обеспечения прочности керамической и графитовой пресс-формы использовалась стальная оправка.

Комбинированные зубки изготавливались на экспериментальной установке, изготовленной в Российском государственном университете нефти и газа (РГУНГ) имени И.М. Губкина (г. Москва).

Для исследования прочности соединения при срезе было сконструировано и изготовлено специальное приспособление. Испытания проводились на разрывной машине FP 101/1. Прочность соединения твердого сплава со сталью при срезе, МПа, определялась как отношения нагрузки, при которой произошло разрушение образца к площади его поперечного сечения.

Исследование микроструктуры твердых сплавов и переходной зоны твердый сплав – сталь проводилось по ГОСТ 9391-80 на оптическом микроскопе НЕОРНОТ 30.

Определение стереологических параметров твердых сплавов – среднего размера карбидных зерен d_{WC-WC} , среднего размера участка Со-фазы I_{Co} , смежности C_{WC-WC} – проводилось методом случайных секущих [2, 3] на фотографиях травления шлифов при увеличении в 1250 и 2000 раз.

Определялись объемные доли кобальтовой и карбидной фаз твердых сплавов. При этом также использовался метод случайных секущих [3].

Для твердого сплава комбинированных зубков определялись твердость по Роквеллу, плотность, коэрцитивная сила. Данные физико-механические свойства определялись в соответствии со стандартной методикой по ГОСТ 20017, ГОСТ 20018 и ГОСТ 24916. При определении плотности и коэрцитивной силы твердосплавная часть зубка отделялась от стального основания.

Результаты эксперимента и их обсуждение. 1. Исследование прочности соединения твердый сплав – сталь. Использование для изготовления биметаллических зубков сталей с разным содержанием углерода показало, что максимальная прочность соединения достигается в случае применения сталей с 0,6–0,8 % углерода после одностадийного МТФ в графитовой пресс-форме (см. табл. 1).

Таблица 1. Прочность соединения твердого сплава со сталью при срезе

Марка стали	Количество стадий МТФ	Термообработка биметаллических изделий	Прочность соединения твердый сплав – сталь при срезе, МПа
65Г	2	Закалка в масле сразу после МТФ	433
20Х			344
45			205
65Г	2	Охлаждение на воздухе	200
20Х			195
45			203
65Г	1	Охлаждение в графитовой пресс-форме на воздухе	376
20Х			371
45			335

Примечания: 1. Сталь 20Х после предварительной цементации, содержание углерода в поверхностном слое 0,8%. 2. Твердый сплав ВК8-ВК

Рост содержания кобальта в твердом сплаве приводит к линейному увеличению прочности соединения, причем высота диффузионной зоны также линейно возрастает. Такое изменение прочности соединения вызвано тем, что увеличение содержания кобальта в сплаве повышает его прочность. Кроме того, чем больше высота переходной зоны (до определенного предела), тем выше ее релаксационная способность и ниже остаточные напряжения в соединении [4, 5].

Метод МТФ также влияет на прочность соединения: после одностадийного МТФ прочность соединения в 1,6–1,9 раза выше, чем после двухстадийного, несмотря на то, что высота переходной зоны, напротив, на 3–5 мкм меньше. Это можно объяснить разной величиной остаточных напряжений в биметаллических зубках из-за различия в скоростях охлаждения после МТФ (при двухстадийном МТФ – охлаждение на воздухе, а при одностадийном – в графитовой пресс-форме).

После закалки и последующего отпуска прочность соединения возросла в 1,5–2 раза (см. табл. 1), но износостойкость твердого сплава при ударно-усталостном изнашивании резко упала, что объясняется образованием микротрещин на поверхности твердого сплава при резком охлаждении.

При испытании на срез разрушение соединения носило хрупкий характер. Трещина возникала в месте контакта с ножом и в дальнейшем развивалась по твердому сплаву на границе со сталью, что указывает на высокую прочность диффузионной зоны твердый сплав – сталь.

Достигая определенного значения, равного 200 МПа, прочность соединения перестает оказывать определяющее влияние на прочность биметаллического зубка при ударных нагрузках, т.к. в дальнейшем разрушается не соединение твердый сплав – сталь, а твердосплавная головка зубка.

Таблица 2. Микроструктура твердых сплавов

Марка сплава	Технология изготовления	Средний размер зерен WC d_{WC} , мкм	Средний размер участка Co-фазы l_{Co} , мкм	Смежность зерен WC C_{WC-WC}	Содержание, % об.		
					пор	включений графита	η_1 -фазы
BK8-B	Свободное спекание	4,2	1,6	0,54	0,1	нет	нет
	Двухстадийное МТФ	2,7	0,9	0,61	0,04	нет	включения у границы со сталью
	Одностадийное МТФ	4,2	1,5	0,55	0,08	нет	нет
BK10-KC	Свободное спекание	4,3	1,9	0,40	0,1	0,2	нет
	Двухстадийное МТФ	1,7	0,7	0,60	0,08; 0,1; 0,04*	нет	нет
	Одностадийное МТФ	4,2	1,9	0,41	0,04	0,1	нет

Примечание: * - пористость изменяется по высоте твердосплавной части

2. Исследование микроструктуры и физико-механических свойств твердого сплава. Технология МТФ оказывает существенное влияние на микроструктуру твердого сплава. Анализ стереологических параметров твердого сплава, изготовленного двухстадийным МТФ, показывает (см. табл. 2), что средний размер карбидных зерен d_{WC} и средняя величина кобальтовой прослойки l_{Co} меньше, а смежность C_{WC-WC} больше, чем у сплава той же марки, изготовленного свободным спеканием.

В некоторых случаях в сплаве после двухстадийного МТФ обнаруживаются включения η_1 -фазы (двойной карбид вольфрама и кобальта W_3Co_3C) у границы со сталью. Их наличие вызвано обезуглероживанием сплава вследствие диффузии углерода в сталь и высокой скоростью охлаждения после МТФ. После двухстадийного МТФ в сплаве отсутствуют включения графита (см. табл. 2), что вызвано отсутствием пластифицирующих добавок в порошке твердого сплава, необходимого при свободном спекании.

Величины d_{WC} , l_{Co} , C_{WC-WC} в значительной степени определяют максимальную деформацию и работу разрушения сплава при сжатии, что в свою очередь характеризует его способность воспринимать большие динамические нагрузки не разрушаясь [6]. Рост d_{WC} , l_{Co} и снижение смежности C_{WC-WC} увеличивает работу разрушения сплава.

Исследование объемного содержания Co-фазы показывает, что в отличие от горячего прессования одностадийное МТФ биметаллического изделия в графитовой пресс-форме не ведет к потере кобальта в твердом сплаве и изменению его первоначального состава сплава. В слое твердого сплава высотой 20 мкм у границы со сталью содержание связующей фазы увеличивается в 1,5–2 раза за счет диффузии из стали в сплав.

После одностадийного МТФ микроструктура сплава характеризуется низкой пористостью, отсутствием включений η_1 -фазы. Содержание графита находится в допустимых пределах. По сравнению с твердым сплавом, полученным двухстадийным МТФ, сплав после одностадийного МТФ имеет значительно больше d_{WC} , l_{Co} , а его смежность C_{WC-WC} ниже. На фотографиях шлифа видно, что зерна WC в сплаве после одностадийного МТФ имеют скругленные углы и меньше точек контакта.

Одностадийное МТФ позволяет изменять структуру получаемого твердого сплава и изготавливать сплавы с заданными свойствами. Проведение процесса при высокой плотности тока и малой длительности позволяет получать сплавы с мелким зерном WC. Структура такого сплава близка структуре сплава после двухстадийного МТФ. Данные сплавы будут обладать высокой износостойкостью при абразивном изнашивании. Увеличение длительности процесса при меньшей плотности тока ведет к росту зерен WC. При этом средний размер карбидных зерен линейно возрастает, а относительная доля контактной поверхности линейно уменьшается. Получаемая структура твердого сплава (крупнозернистый сплав с низкой смежностью карбидных

зерен) обеспечивает высокую пластичность сплава, что должно повысить его износостойкость при ударно-усталостном изнашивании.

Длительность одностадийного процесса МТФ также влияет на содержание углерода в сплаве. При длительности процесса 10–12 секунд в твердом сплаве у границы со сталью возможно возникновение η_1 -фазы, вызванное недостатком углерода. С ростом длительности МТФ включения η_1 -фазы исчезают и возможно возникновение включений графита. При длительности процесса более 600 секунд содержание графита в сплаве превышает допустимые пределы.

Исследования физико-механических свойств твердого сплава показывают, что твердый сплав, изготовленный двухстадийным МТФ, имеет более высокую твердость (на 2–2,5 единицы HRA), плотность и коэрцитивную силу. Повышение твердости можно объяснить меньшим размером карбидных зерен и кобальтовой прослойки между зернами, а также уменьшением массовой доли кобальта в поверхностном слое вследствие его диффузии в графитовый электрод-пуансон на второй стадии МТФ.

Физико-механические свойства твердого сплава, изготовленного одностадийным МТФ, практически не отличается от параметров сплава, полученного свободным спеканием (см. табл. 3). Можно отметить существенное понижение пористости вследствие спекания под давлением.

Таблица 3. Физико-механические свойства твердых сплавов

Марка сплава	Технология изготовления	Твердость по Роквеллу, HRA	Плотность, г/см ³	Коэрцитивная сила, кА/м
BK8-B	Свободное спекание	87	14,69	6,1
	Двухстадийное МТФ	89,0	14,75	7,5
	Одностадийное МТФ	88,0	14,70	6,3
BK10-KC	Свободное спекание	86,5	14,55	5,6
	Двухстадийное МТФ	88,5	14,69	6,8
	Одностадийное МТФ	87,0	14,56	5,7

Заключение. Прочность соединения твердого сплава со сталью при МТФ практически не уступает прочности соединения, полученного диффузионной сваркой [4], и превосходит прочность при пайке [5]. Это подтверждает возможность изготавливать биметаллические изделия методом электроконтактного механотермического формирования.

Для обеспечения требуемых в соответствии со стандартами микроструктуры и физико-механических свойств твердого сплава, необходимо использовать одностадийную технологию МТФ в графитовой пресс-форме с длительностью процесса от 50 до 200 секунд. Изготовленные по данной технологии твердые сплавы обладают способностью воспринимать большие ударные нагрузки не разрушаясь, а также имеют необходимую твердость.

Для обеспечения высокой износостойкости при абразивном изнашивании необходимо использовать твердые сплавы, изготовленные двухстадийным МТФ, который обеспечивает мелкозернистую структуру сплава, малую величину среднего размера кобальтовой фазы и более высокую твердость поверхностного слоя.

Для дальнейшего внедрения технологии МТФ в производство необходимо определение экономической эффективности данной технологии с учетом затрат на электроэнергию, изготовление оснастки и промышленного оборудования для изготовления биметаллических изделий методом МТФ, а также сравнение эксплуатационных показателей буровых долот, оснащенных применяемыми твердосплавными зубками и предлагаемыми биметаллическими зубками.

СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долговечность шарошечных долот / Н.А. Жидовцев, В.Я. Кершенбаум, Э.С. Гинзбург [и др.] – М.: Недра, 1992. – 271 с.
2. Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургия, 1970. – 376с.
3. Чернявский, К.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977. – 280 с.
4. Диффузионная сварка материалов: справочник. / Под ред. Н.Ф. Казакова. – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
5. Ключко, Н.А. Основы технологии пайки и термообработки твердосплавного инструмента. – М.: Металлургия, 1981. – 206 с.
6. Лошак, М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. – Киев: Наук. думка, 1984. – 328 с.

Материал поступил в редакцию 28.09.10

MONTIK S.V. Resource-saving technology for manufacturing of carbide inserts for drill bits

The resource-saving technology of electrocontact mechanical thermal forming bimetallic (hard alloy – steel) inserts for drilling bits was reviewed. It allows to reduce expenditure of hard alloy. The results of research of influencing of technology of mechanical thermal forming on bond strength of hard alloy with steel, on the microstructure and mechanical properties of hard alloys were introduced. The recommendations for a choice of parameters of mechanical thermal forming of bimetallic products were given depending on operating conditions of hard alloy.

УДК 621.792

Лисовский А.Л., Штемпель О.П., Фруцкий В.А.,
Денисенко С.Ф., Черневич М.В.

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОДХОДА К СИНТЕЗУ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОУТХОДОВ ДЛЯ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ

Введение. Задачи триботехники в последнее время становятся все более сложными, вследствие увеличения нагрузок и скоростей скольжения в трибосопряжениях. Повышение требований к эксплуатационной стойкости и надёжности деталей машин приводит к необходимости постоянного поиска новых более совершенных материалов. В то же время, использование металлоотходов в качестве основы для изготовления износостойких композиционных материалов, является перспективным не только с точки зрения ресурсосбережения и экономической эффективности, но и возможности формирования материала с необходимыми для условий эксплуатации химическим, фазовым составом и строением. Для решения задач такого плана требуется принципиально новый подход, который учитывает все множество факторов, влияющих на эксплуатационных характеристики трибопары.

Цель работы. Создать концептуальный подход к синтезу материалов трибосопряжений для различных эксплуатационных режимов. В основу нового подхода была положена идея самоорганизации диссипативных структур в неравновесных системах, образцы которых получают при напылении материалов для различных режимов эксплуатации подшипников скольжения.

Результаты исследований и их обсуждение. Объектом исследования в данной работе стали подшипники скольжения, применяемые в кривошипно-шатунных механизмах автомата фасовки масла серии АРМ (рис. 1).

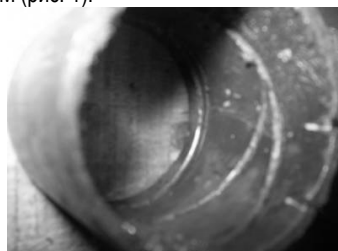


Рис. 1. Втулка подшипника автомата фасовки масла серии АРМ

При проведении анализа работы втулок в условиях производства ОАО «Полоцкий молочный комбинат» было установлено следующее:

- а) втулки подшипников изготовлены цельнометаллическими из антифрикционной оловянистой бронзы БрОФ10-1;
- б) конструктивное расположение узла затрудняет возможность его монтажа – демонтажа, что ограничивает частоту ремонтных мероприятий;
- в) втулка как опора вала воспринимает нагрузки непосредственно с рабочего органа машины;
- г) смазка узла осуществляется посредством закачки консистентного смазочного материала под давлением через технологические каналы в рабочей поверхности втулки. Вид трения трибопары “вал-втулка” – граничный;
- д) трибосопряжение работает под действием переменной динамической нагрузки.

Металлографические исследования, проводимые на комплексе Nikon EpiPhot 200 BD по стандартным методикам, позволили сделать следующие выводы:

- а) структура материала втулки (рис.2) состоит из мягких дендритов α -твердого раствора, богатого медью, и твердых междендритных пространств, богатых оловом, с участками эвтектоида;

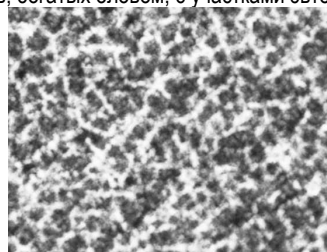


Рис. 2. Структура материала втулки подшипника скольжения из бронзы БрОФ 10-1 $\times 100$

- б) структура соответствует структурам Шарпи I типа, состоящая из мягкой матрицы, состоящей из меди с равномерно расположенными в

Лисовский А.Л., Штемпель О.П., Фруцкий В.А., Денисенко С.Ф., Черневич М.В. Полоцкий государственный университет. Беларусь, 211440, Витебская обл., г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.