

Литература

1. Константинов В. М., Лукашок А.Н. Патент РБ № 2154, МПК С23С 26/00. Устройство для фрикционно-механического нанесения покрытий.
2. Лукашок А.Н. Повышение износостойкости прецизионных пар трения скольжения фрикционно-механическим нанесением покрытий на основе медно-цинковых сплавов. Дисс... магистра технических наук, Новополоцк, 2005. 73 с.
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника (Износ и безызносность): – М.: МСХА, 2001. 616 с.
4. Гаркунов Д.Н. Триботехника (Конструирование, изготовление и эксплуатация машин). – М.: МСХА, 2002. 632 с.

УДК 622.24.051

ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНОТЕРМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРУ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Монтик С. В.

Брестский государственный технический университет, г. Брест

Введение

Основным породоразрушающим инструментом при бурении нефтяных и газовых скважин являются шарошечные долота. Оснащение их твердосплавным вооружением, состоящим из зубков из твердого сплава ВК (сплав карбида вольфрама с кобальтом), повысило проходку и другие эксплуатационные характеристики долот. Однако твердый сплав используется нерационально, т. к. большая часть твердосплавного зубка находится в корпусе долота и выполняет роль державки. Разработанный в Государственной академии нефти и газа имени И. М. Губкина (г. Москва) метод электроконтактного механотермического формирования (МТФ) биметаллических изделий позволяет изготавливать комбинированные 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 [5].

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.

Биметаллические (твердый сплав – сталь) изделия, изготовленные МТФ, эксплуатируются в различных условиях работы, поэтому возникает задача исследовать влияние технологии МТФ на микроструктуру и физико-механические свойства твердого сплава. Это позволит определить требуемые параметры технологии МТФ в зависимости от конкретных условий работы твердого сплава, т. к. именно микроструктура и физико-механические свойства оказывают существенное влияние на износостойкость и прочность твердого сплава.

Методика экспериментальных исследований

Для исследования влияния технологии МТФ на микроструктуру твердого сплава были изготовлены биметаллические изделия в виде 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 по ГОСТ 3882-74. Основание биметаллического зубка изготавливалось из стали 45 по ГОСТ 1050-88. 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 при одновременном его 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. Для обеспечения прочности керамической пресс-формы использовалась 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 графитовой пресс-формы использовалась стальная оправка.

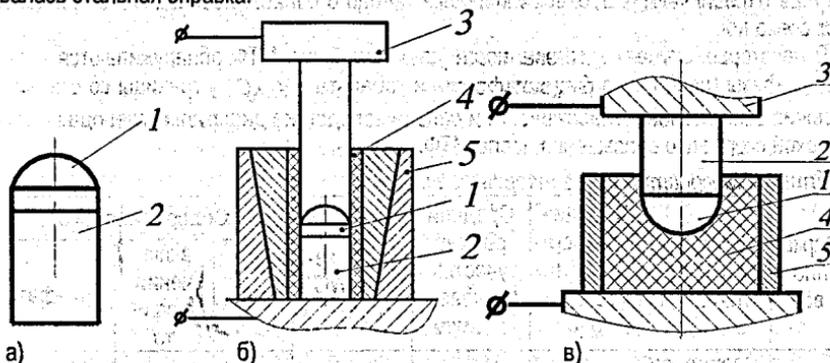


Рис. 1. Биметаллический зубок (а) формы Г26 по ГОСТ 880-75 и схема его изготовления МТФ с использованием медного электрода-пуансона (б) и с использованием графитовой пресс-формы (в) (1 - твердый сплав, 2 - стальное основание зубка, 3 - медный электрод-пуансон, 4 - керамическая или графитовая пресс-форма,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

Комбинированные зубки изготавливались на экспериментальной установке, изготовленной в Государственной академии нефти и газа (ГАНГ) имени И. М. Губкина (г. Москва).

Исследование микроструктуры твердых сплавов проводилось по ГОСТ 9391-80 [4] на оптическом микроскопе НЕОРНОТ 30.

Определение стереологических параметров твердых сплавов - среднего размера карбидных зерен d_{WC-WC} , среднего размера участка Со-фазы l_{Co} , смежности C_{WC-WC} - проводилось методом случайных секущих [7, 8] на фотографиях травления шлифов при увеличении в 1250 и 2000 раз. Средний размер карбидных зерен определялся как отношение суммарной длины секущей, приходящейся на зерна WC, к числу зерен, через которые проходит секущая. Аналогично определялся и средний размер участка кобальтовой фазы. Смежность C_{WC-WC} (относительная доля контактной поверхности) вычислялась по формуле [8]:

$$C_{WC-WC} = \frac{2N_{LWC-WC}}{N_{LWC-Co} + 2N_{LWC-WC}}$$

где N_{LWC-WC} - число сечений контактов зерен WC-WC на единицу случайной секущей, N_{LWC-Co} - число сечений контактов WC-Co на единицу длины случайной секущей.

Определялись объемные доли кобальтовой и карбидной фаз твердых сплавов. При этом также использовался метод случайных секущих [8].

Для твердого сплава комбинированных зубков определялись твердость по Роквеллу, плотность, коэрцитивная сила. Данные физико-механические свойства определялись в соответствии со стандартной методикой [1, 2, 3]. При определении плотности и коэрцитивной силы твердосплавная часть зубка отделялась от стального основания. Вследствие технологических особенностей механотермического формирования изготвление образцов для определения предела прочности при изгибе было затруднено.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Технология МТФ оказывает определяющее влияние на микроструктуру твердого сплава. Анализ микроструктуры твердого сплава показывает, что после двухстадийного МТФ в сплаве отсутствуют включения графита (см: табл. 1), что обусловлено отсутствием пластифицирующих добавок в порошке твердого сплава, необходимого при свободном спекании.

В некоторых случаях в сплаве после двухстадийного МТФ обнаруживаются включения η_1 -фазы (двойной карбид вольфрама и кобальта W_2Co_3C) у границы со сталью. Их наличие вызвано обезуглероживанием сплава вследствие диффузии углерода в сталь и высокой скоростью охлаждения после МТФ.

Таблица 1. Микроструктура твердых сплавов

Марка сплава	Технология изготовления	Средний размер зерен WC d_{WC} , мкм	Средний размер участка Со-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

Проведение двух стадий процесса МТФ обуславливает разную пористость по высоте твердого сплава биметаллического зубка. На первой стадии спекаются слои твердого сплава, прилегающие к стали. При проведении второй стадии МТФ нагрев твердого сплава происходит в основном за счет теплопередачи от графитового электрода. Первоначально спекается твердый сплав на поверхности головки биметаллического зубка.

Газы, выделяющиеся при спекании, не имеют возможности выхода и скапливаются в средней части твердого сплава, вызывая там повышение пористости.

Анализ стереологических параметров твердого сплава, изготовленного двухстадийным МТФ, показывает (см. табл. 1), 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.

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. Нужно отметить, что поверхность твердого сплава, контактирующая с графитовой формой, оказывается обедненной кобальтом и насыщенной углеродом. 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 большие 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 (см. рис. 2). Структура такого сплава близка структуре сплава после двухстадийного МТФ (см. рис. 3). 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 долговечность при ударном нагружении.

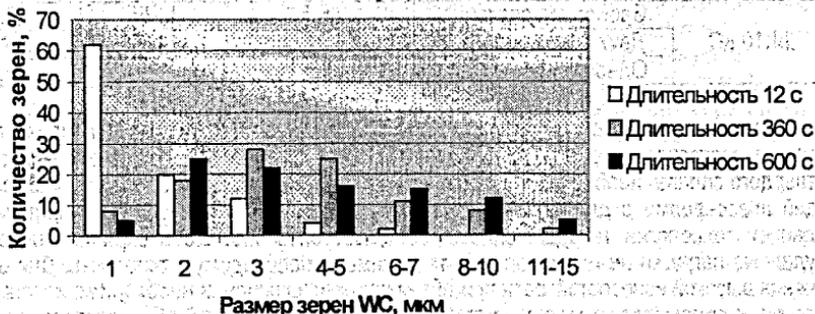


Рис. 2. Распределение зерен WC по размерам в сплаве BK10-KC, изготовленном одностадийным МТФ

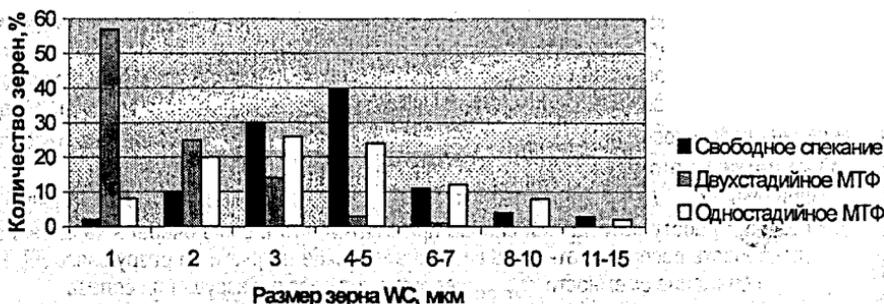


Рис. 3. Распределение зерен WC по размерам в сплаве BK10-KC

Длительность одностадийного процесса МТФ существенно влияет на содержание углерода в сплаве. При длительности процесса 10-12 с 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.

В результате проведенных исследований физико-механических характеристик твердого сплава было установлено, что твердый сплав, полученный двухстадийным механотермическим формированием, 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 механотермическим формированием, практически не отличается от параметров сплава, полученного свободным спеканием (см. табл. 2).

Таблица 2. 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

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что 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.

Литература

1. ГОСТ 20017-74. Сплавы твердые спеченные. Метод определения твердости по Роквеллу. - М.: Стандарты, 1986. - 4с.
2. ГОСТ 20018-74. Сплавы твердые спеченные. Метод определения плотности. - М.: Стандарты, 1986. - 5с.
3. ГОСТ 24916-81. Сплавы твердые спеченные. Метод определения коэзитивной силы. - М.: Стандарты, 1981. - 4с.
4. ГОСТ 9391-80. Сплавы твердые спеченные. Методы определения пористости и микроструктуры. - М.: Стандарты, 1985. - 11с.
5. Долговечность шарошечных долот / Н. А. Жидовцев, В. Я. Кершенбаум, Э С. Гинзбург и др. - М.: Недра, 1992. - 271 с.
6. Лошак М. Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. - Киев: Наук. думка, 1984. - 328 с.
7. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография. - М.: Металлургия, 1970. - 376с.
8. Чернявский К. С. Стереология в металловедении. - М.: Металлургия, 1977. - 280 с.

УДК 669.018.21.8

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

Батрак В.В., Даркович С.С., Онысько С.Р., Хвусевич В.М.

Брестский государственный технический университет, г. Брест

Данная работа посвящена изучению особенностей закалки деталей сложной конфигурации из нержавеющей стали на примере ножа машины для переработки пищевых продуктов. Для упрочнения таких деталей обычно используется объемная термозакалка. Как показали исследования, при таком способе упрочнения произвести закалку с постоянной твердостью не удается, кроме того, в области острия ножа возникают значительные напряжения, которые в процессе эксплуатации приводят к возникновению трещин и разрушению детали.

В соответствии с санитарными нормами, для закалки предлагается применить поверхностное плазменное упрочнение при помощи сжатой движущейся плазменной дуги, горящей в среде аргона. Применение такого высококонцентрированного источника нагрева позволяет осуществлять поверхностную закалку изделия, причем лишь только его изнашиваемых участков, исключая закалку его сердцевины и сохраняя тем самым пластичные свойства материала.

Введение

В реальных условиях работы детали машин, механизмов подвергаются воздействиям агрессивной среды, механическим усилиям (центробежные силы, силы трения и т.д.). Это особенно характерно для деталей машин, используемых в пищевой промышленности.

Для повышения надежности и долговечности деталей используются различные способы, методы. Анализ литературных источников, проведенные эксперименты позволяют выделить из этих способов поверхностное упрочнение деталей с помощью лазера и плазменной дуги, применение которой позволяет реализовать процесс упрочнения на незначительную глубину.

Кроме того, одним из основных факторов при создании деталей остается проблема снижения их материалоемкости при одновременном повышении эксплуатационных свойств. Это обстоятельство требует постановку и решение различного рода задач механики и в частности механики разрушения, теории пластичности и т.д.

Цель работы состоит в оценке процессов разрушения детали установки для измельчения и переработки сырья и разработке соответствующих методов увеличения надежности и долговечности детали.