УДК 669.17

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-11-246-92-95

*Д. Б. Крюков, канд. техн. наук, А. О. Кривенков, канд. техн. наук,
С. Н. Чугунов, канд. техн. наук, Д. В. Межевова, магистрант*

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ С ЭФФЕКТОМ САМОЗАТАЧИВАНИЯ, ПОЛУЧЕННЫЙ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ

Пензенский государственный университет, г. Пенза, demonisimus@yandex.ru

Проведен анализ состояния вопроса получения износостойких режущих инструментов. Показана целесообразность изготовления композитного режущего инструмента сваркой взрывом. Приведен анализ микроструктуры и свойств композиционного материала после сварки взрывом и последующего отжига.

Ключевые слова: композиционный материал, режущий инструмент, самозатачивание, сварка взрывом

D. B. Kryukov, A. O. Krivenkov, S. N. Chugunov, D. V. Mezhevova

COMPOSITE MATERIAL WITH SELF-SHARPENING EFFECT OBTAINED BY EXPLOSION WELDING

Penza State University, Penza, demonisimus@yandex.ru

The analysis of the state of the art of obtaining wear-resistant cutting tools. The expediency of manufacturing a composite cutting tool by explosion welding is shown. The analysis of the microstructure and properties of the composite material after explosion welding and subsequent annealing is presented.

Keywords: composite material, cutting tools, self-sharpening, explosion welding

Основными особенностями условий лезвийной обработки при резании, рубке, особенно в тяжелых условиях работы инструмента (обработка металлов, почвы, твердых пород и прочего) являются значительные контактные напряжения; высокая температура поверхности инструмента за счет перемещения и деформирования обрабатываемого материала; возникновение чрезмерных температурных градиентов, вызывающих термические напряжения в поверхностном слое инструмента; пластическая деформация и наклеп поверхностного слоя инструмента, его окисление; структурные превращения.

В этой связи, для эффективной работы режущего инструмента, повышения его надежности и срока службы необходимым условием является обеспечение достаточной остаточной прочности и износостойкости. Помимо этого, актуальной задачей является увеличение его срока работы от момента заточки до потери режущих свойств.

В настоящее время предложено достаточное количество способов увеличения ресурса режущего инструмента, таких как ультразвуковая поверхностная обработка, химико-термическая обработка, алмазное выглаживание, нанесение износостойких покрытий и их наплавка и др. При этом, следует учитывать, что все выше перечисленные методы требуют использования дорогостоящего технологического оборудования и не избавляют, в конечном счете, от необходимости периодической правки в процессе эксплуатации.

Возможным решением данной проблемы может явиться применение многослойных материалов с эффектом самозатачивания [1]. Данные материалы состоят из трех или пяти слоев, внутренний слой композита изготавливается из стали, имеющей более высокую твердость и износостойкость, по сравнению с внешними слоями. Внутренний слой обеспечивает режущие характеристики композитного материала на протяжении

всего цикла эксплуатации инструмента. Величина твердости внешних слоев композита должна быть в 1,2 ... 2,6 раза ниже твердости внутреннего режущего слоя в зависимости от условий работы инструмента. Такое соотношение величин твердостей необходимо для обеспечения эффекта самозатачивания режущего инструмента, который реализуется при определенном начальном угле заточки инструмента [2]. Эффект самозатачивания обеспечивается за счет более интенсивного износа поверхностных слоев, что дает возможность сохранять постоянным заданный изначально угол заточки инструмента на протяжении всего цикла эксплуатации. Однако остается нерешённым вопрос обеспечения конструктивной прочности многослойных материалов на стыке разнородных металлов композиции с целью исключения её расслоения в процессе эксплуатации инструмента.

Авторы работы, при поддержке «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Проект № 3254ГС2/39147 от 02.10.2019 в рамках реализации инновационного проекта «Композитный режущий инструмент») проводят исследования в области разработки композитных режущих инструментов. В качестве способа создания композитов было предложено использование способа сварки взрывом, полностью исключающей вышеуказанный недостаток [3].

Авторами проведен выбор исходных материалов для создания металлических композитов, изучены их свойства и области применения. Установлено, что указанным требованиям соответствуют коррозионно-стойкие легированные стали с различным содержанием углерода и инструментальные стали. При выборе исходных материалов было учтено также требуемое соотношение

твердости внешних слоев композита и внутреннего режущего слоя.

Для исследования сваркой взрывом был получен композит следующего состава: 20Х13 – 40Х13 – 65Х13 – 40Х13 – 20Х13. Проведенное исследование влияния режимов ударно-волнового нагружения при сварке взрывом на образование поверхностных дефектов и непроваров композиционного материала показало, что наилучшее качество пятислойного композиционного материала было получено на взрывчатом веществе «Игданит» с высотой заряда 80 мм и скоростью детонации 2700 м/с.

Визуально-измерительный контроль композитов сваренных на режимах отличных от рационального выявил наличие зон непроваров, прилегающих к местам неполной обрубки композита, что является недопустимым дефектом.

Визуально-измерительный контроль композитов, сваренных на режимах отличных от рационального, выявил наличие зон непроваров, прилегающих к местам неполной обрубки композита, что является недопустимым дефектом.

Авторами были проведены исследования микроструктуры, механических и технологических свойств экспериментальных образцов композиционного материала, сваренного на рациональном режиме.

Анализ микроструктуры композиционного металлического материала показал, что сварной шов композита, в зависимости от сочетания слоев может иметь как выраженный волновой, так и безволновой характер (см. рис., а, б, в, г). Результаты анализа микроструктуры композиционного материала свидетельствуют о высоком качестве соединения композита по межслойным границам.

В состоянии после сварки взрывом для композиционного металлического материала

ла характерно изменение формы кристаллических зерен, вызванное внешним ударно-волновым воздействием в ходе процесса сварки взрывом. Степень пластической деформации и вытянутости кристаллических зерен максимальна в листах композита, располагавшихся непосредственно под зарядом ВВ. Результаты исследования микроструктуры экспериментальных образцов композиционного материала, позволяют сделать вывод, что в ходе сварки взрывом композит получает значительный наклёп, приводящий к изменению его физико-механических свойств, что подтверждается далее резуль-

татами исследования прочности, пластичности и ударной вязкости.

Технология получения композиционного материала, обладающего эффектом самозатухивания, предусматривает дальнейший технологический передел полуфабриката, заключающийся в его механической правке после сварки взрывом с целью подготовки к последующим операциям формообразования. Для повышения пластичности и обрабатываемости композиционного материала, сваренного взрывом требуется проведение последующей термической обработки в виде отжига. Установлено, что рациональная

а) Сталь 20Х13+ Сталь 40Х13

б) Сталь 40Х13+Сталь 65Х13

в) Сталь 65Х13+ Сталь 40Х13

г) Сталь 40Х13+ Сталь 20Х13

Микроструктура межслойных границ экспериментального образца композиционного металлического материала: 20Х13 – 40Х13 – 65Х13 – 40Х13 – 20Х13

температура отжига композита составляет от 880 до 900 °С, выдержка в печи в течение 2-х часов с последующим охлаждением в печи.

Исследование микроструктуры экспериментальных образцов композиционных металлических материалов после отжига показало, что вытянутость формы кристаллических зерен, вызванная внешним ударно-волновым воздействием в ходе процесса сварки взрывом устранена. За счет процесса рекристаллизации зерна всех слоев композита имеют округлую равноосную форму.

Результаты исследования прочности композиционного материала в состоянии после сварки взрывом показали, что ее величина находится в диапазоне от 821,6 ... 852,6 МПа, предел текучести в диапазоне от 759,8 ... 825,4 МПа, относительное удлинение от 2,0 ... 4,0 %, относительное сужение от 5,4 ... 29,5%. В состоянии после отжига величина прочности композита находится в диапазоне от 610,4 ... 668,1 МПа, предел текучести в диапазоне от 337,8 ... 351,7 МПа, относительное удлинение от 22,0 ... 26,0 %, относительное сужение от 44,9 ... 47,1%. Величина микротвердости композита после сварки взрывом составила: для стали 20Х13 $HV_{0.2}$ 273 ... 293, для стали 40Х13 $HV_{0.2}$ 289 ... 302, для стали 65Х13 (режущий слой) $HV_{0.2}$ 302...313; в состоянии после отжига величина микротвердости находится в диапазоне: для стали 20Х13 $HV_{0.2}$ 183 ... 188, для стали 40Х13 $HV_{0.2}$ 195 ... 199, для стали 65Х13 (режущий слой) $HV_{0.2}$ 209 ... 213.

Исследование ударной вязкости композита после сварки взрывом показало, что ее

значения находится в диапазоне от 65,9 ... 80,7 Дж/см². В состоянии после отжига величина ударной вязкости композита находится в диапазоне от 18,7 ... 23,4 Дж/см².

Исследование пластичности композита по углу фактического изгиба показало, что в состоянии после сварки взрывом его величина составляет от 40 до 50 градусов. В состоянии после отжига величина угла фактического изгиба составляет 150 градусов.

Проведенный комплекс исследований полученного авторами прототипа режущего инструмента из композиционного материала 20Х13 – 40Х13 – 65Х13 – 40Х13 – 20Х13, позволяет говорить о перспективности его использования в качестве основы инструментов с эффектом самозатачивания [4]. Результаты исследования были защищены авторами путем регистрации в режиме ноу-хау (номер государственной регистрации РИД: АААА-Г18-618112190004-3 от 29.11.2018 г.).

Библиографический список

1. Гришкевич, А. А. Увеличение периода стойкости ножей самозатачиванием их лезвий / А. А. Гришкевич, В. Н. Гаранин, Д. Л. Болочко // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – Минск: БГТУ, 2019. – № 2 (222). – С. 294-297.
2. Упрочнение лезвийного инструмента с созданием эффекта самозатачивания / В. С. Гончаров, П. А. Мельников, А. Н. Попов, Е. В. Васильев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 4-1. – С. 233-235.
3. Лысак, В. И. Сварка взрывом / В. И. Лысак, С. В. Кузьмин – М.: Машиностроение – 1, 2005. – 544 с.
4. Способы получения композиционных материалов методами высокоэнергетического воздействия / А. Е. Розен, А. О. Кривенков, Д. Б. Крюков, С. Н. Чугунов, О. Л. Первухина, М. С. Гуськов. – Издательство ПГУ, г. Пенза, 2016. – 138 с.