

05.02.10

В.В. Семашко¹, Л.В.Судник¹ д.т.н., Д.Ю.Мазалов², В.С. Ивашко³ д.т.н.¹Обособленное хозяйственное подразделение «Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством», Минск, РБ, lab414@mail.ru;²ФГБНУ ГОСНИТИ, Москва, РФ, 1117731@mail.ru;³Белорусский национальный технический университет, Минск, РБ.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН МЕТОДАМИ ИМПУЛЬСНОГО НАГРУЖЕНИЯ

В работе представлены результаты исследования экспериментальных образцов, изготовленных по технологии сварки взрывом и термообработанных по традиционной технологии с различными температурами отпуска. Отработаны оптимальные режимы сварки и термической обработки, обеспечивающие материал необходимыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Установлено, что повышенная твердость и фрагментированная структура упрочненных слоев в многослойном изделии позволяет достичь высоких прочностных и вязкостных характеристик, а также минимизировать процесс абразивного изнашивания.

Ключевые слова: *сварка взрывом, упрочнение, композиционный материал.*

Импульсные методы обработки металлов эффективно используются при создании материалов с заданными физико-механическими свойствами и позволяют регулировать эксплуатационные параметры в нужном направлении [1]. Широко применяемые конструкционные материалы и технологии их упрочнения не обеспечивают необходимый эксплуатационный ресурс, что приводит к частым заменам комплектующих изделий, увеличению продолжительности нахождения агрегатов в ремонте и, следовательно, к удорожанию конечной продукции.

Широкие перспективы при решении данной проблемы открывает одна из технологий импульсной обработки – сварка взрывом, которая позволяет получить биметаллы и композиционные материалы из разносортных сталей. На примере многослойного материала, триботехнические поверхностные слои которого были выполнены из стали 65Г, а пластичная сердцевина из стали 3, показано, что реализуемый композит имеет более высокие характеристики, по сравнению с составляющими его компонентами.

В настоящей работе рассмотрены вопросы использования технологий импульсного нагружения для упрочнения материалов рабочих органов сельскохозяйственных машин, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания, а также исследовано влияние процесса сварки взрывом с последующей термомеханической обработкой на структурные изменения в композиционном материале и на процесс абразивного изнашивания в целом.

Изготовление композиционного материала. Расчет параметров сварки взрывом производили по программе WMASTER. В качестве исходных данных задавали: плотность, толщину, модуль сдвига, предел текучести, удлинение, температуру и удельную теплоту плавления, удельную теплоемкость и теплопроводность, параметры ударной адиабаты, тип взрывчатого вещества, его начальную плотность и критический диаметр, процентное содержание инертной добавки и показатель адиабаты продуктов взрыва.

В результате расчета были получены границы области свариваемости, а также следующие значения технологических параметров для оптимального режима сварки: величина заряда, в том числе величина его дополнительного усиления в точке инициирования, начальный зазор между свариваемыми заготовками и угол их установки (рис. 1).

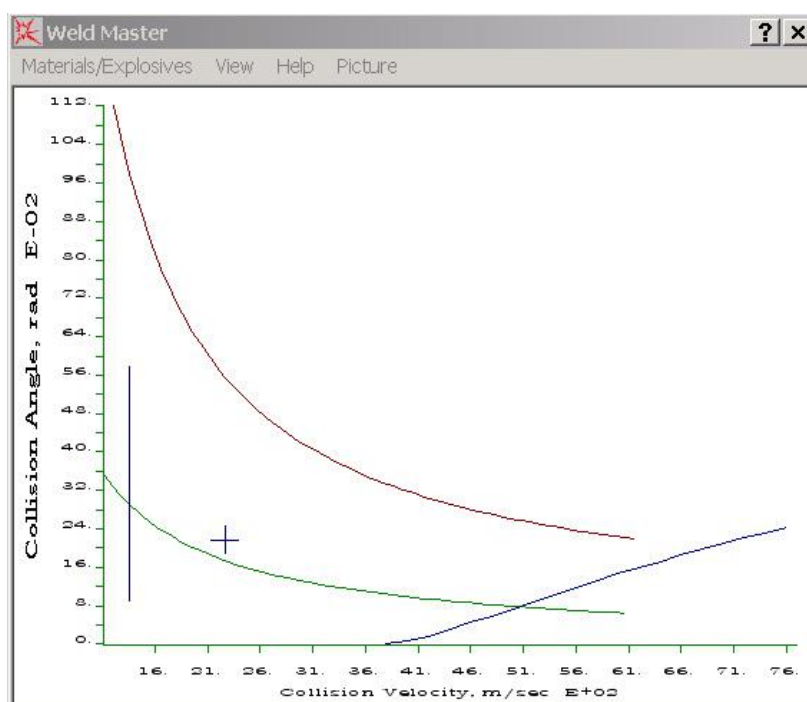


Рис. 1 – Программа для расчета параметров сварки взрывом WMASTER: графическое изображение четырех условий, ограничивающих диапазон оптимальных параметров сварки для композита ст. 65Г(2,5 мм) – ст. 3(3,0 мм) – ст. 65Г (2,5 мм)

Краткий протокол расчета режима для многослойного композита ст.65Г (2,5 мм) – ст. 3 (3,0 мм) – ст. 65Г (2,5 мм): скорость соударения – 2269 м/с; взрывчатое вещество – аммонит 6ЖВ; доля взрывчатого вещества – 67,0 %; плотность – 900 кг/м³; доля инертной добавки – 33 %; скорость детонации – 2673 м/с; критическая высота заряда – 7,0 мм; адиабатный коэффициент – 2,3. Схема сварки взрывом – угловая (рис. 2), максимальная высота заряда 51,35 мм; минимальная высота заряда 41,3 мм; зазор 7,68 мм, угол установки 3,52E-02 рад.

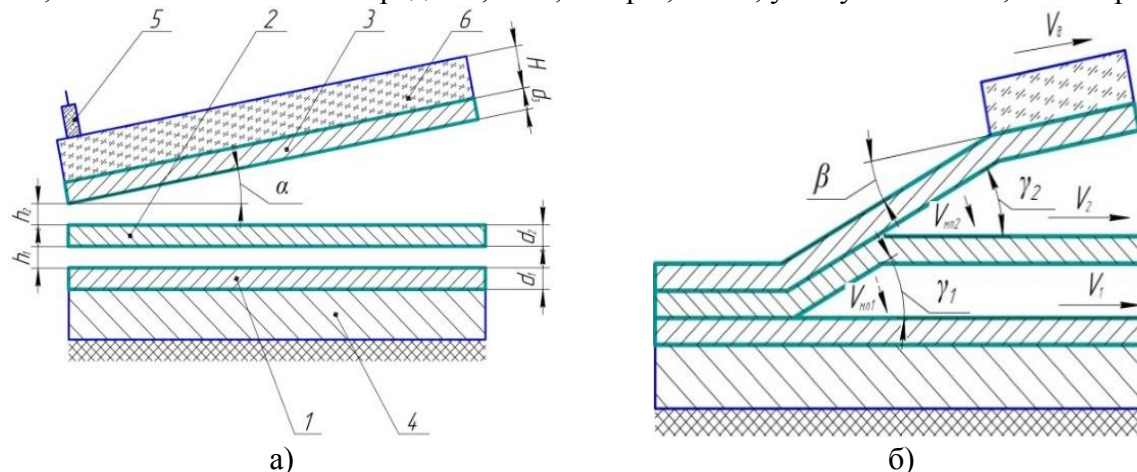


Рисунок 2 – Угловая схема сварки взрывом:

а) конфигурация до начала детонации; б) конфигурация во время детонации;

1 - неподвижная пластина (ст. 65 Г); 2 – промежуточная пластина (ст. 3);

3 - метаемая пластина (ст. 65Г); 4 - основание; 5 – детонатор; 6 - взрывчатое вещество (ВВ)

Технологический процесс сварки взрывом проводился на опытно-экспериментальном полигоне обособленного хозяйственного подразделения «Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством» г. Минск.

Результаты исследования и их анализ. Твердость поверхностных слоев определялась при нормальной ($20 \pm 10^\circ \text{C}$) температуре и в соответствии с требованиями ГОСТ 9013-59. Измерение микротвердости образцов проводилось на микротвердомере «Micromet-II» (нагрузка 100 г.) по ГОСТ 9450-76. Испытания на ударную вязкость проводились на копре маятниковым «TINIUS OLSEN IT 542» (США) при нормальной ($20 \pm 10^\circ \text{C}$) температуре и в

соответствии с требованиями ГОСТ 9454-78 на образцы с U – образным надрезом. Испытания на трехточечный изгиб проводили на универсальной испытательной машине «Инстрон 1195» в соответствии ГОСТ 473.8-81.

Результаты лабораторных испытаний экспериментальных образцов композиционного материала приведены в таблице 1.

Таблица – Результаты лабораторных испытаний экспериментальных образцов

№ обр.	Режим термической обработки	Измеряемые параметры		
		Твердость, HRC	Ударная вязкость, МДж/м ²	Прочность, МПа
1	Без термической обработки	20,0	1,25	1770,5
2	Закалка на воду, без отпуска	64,5	0,95	4400,4
3	Закалка на масло, без отпуска	56,0	1,15	4257,6
4	Закалка на воду, низкий отпуск	60,0	1,23	3900,5
5	Закалка на масло, низкий отпуск	58,0	1,30	3878,2
6	Закалка на воду, средний отпуск	51,0	1,35	3663,5
7	Закалка на масло, средний отпуск	45,0	1,42	3531,4
8	Закалка на воду, высокий отпуск	40,0	1,52	2970,6
9	Закалка на масло, высокий отпуск	33,0	1,63	2705,1

После проведения отпуска, с выдержкой 1 час, в интервале температур от 200 °С до 500°С, твердость изменяется в пределах от 64,5 HRC до 33 HRC, ударная вязкость от 0,95 МДж/м² до 1,63 МДж/м², прочность от 4400,4 до 2705,1 МПа. После выдержки образцов при низкой температуре (200 °С) просматривается переход остаточного аустенита в мартенсит отпуска. Наиболее отчетливо данный факт проявился на образце после закалки на масло с последующим низким отпуском, что привело к увеличению твердости образца на 2-3 единицы.

Для современных условий обработки почвы в абразивной среде необходимо, чтобы триботехнические поверхности изделий обладали повышенной твердостью (60-65 HRC) и пластичной сердцевиной [2,3]. Ударная вязкость должна соответствовать значениям не менее 0,8-1,0 МДж/м²; прочность материала – 1500-1800 МПа; коэффициент абразивной износостойкости – не менее 3,0-3,5 [4]. Учитывая вышеперечисленные технические требования, предъявляемые к износостойким деталям, образцы 2–5 в полной мере соответствуют прочностным критериям.

Результаты лабораторных исследований подтверждают актуальность и перспективность направления исследования. Решение задачи повышения износостойкости изделий, работающих в условиях ударно-абразивных нагрузок, является проблемой имеющей научно-техническое значение. На сегодняшний день учеными предложено множество решений, позволяющих повышать один из параметров – «износостойкость – ударная вязкость», но не решать проблему в целом. Повышение значения одного из параметров неизменно приводит к снижению другого. Предложенная технология сварки взрывом в сочетании с традиционным методом закалки и отпуска позволяет достигать высоких показателей работоспособности, применяя в качестве поверхностных слоев дешевые хрупкие стали.

Список литературы

1. Смирнов Г.В. и др. Моделирование и применение высокоскоростных процессов сварки материалов взрывом // Автоматическая сварка. – 2009. – № 11. – С.16-22.
2. Ткачев, В. Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. – М.: Машиностроение, 1995. – 334 с.
3. Севернев М. М. и др. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин // Под ред. Севернева М. М. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 333 с.
4. Шило И.Н. и др. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин. – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.