

Литература

1. *Vitiaz, P. A. Laser-Plasma Techniques in Computer-Controlled Manufacturing / P. A. Vitiaz, M. L. Kheifetz, S. V. Koukhta. – Minsk: Belarus. nauka, 2011. – 164 p.*
2. *Обработка резанием деталей с покрытиями / С. А. Клименко [и др.]; под общ. ред. С. А. Клименко. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – 353 с.*
3. *Хейфец, М. Л. Проектирование процессов комбинированной обработки / М. Л. Хейфец. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.*

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ СТАЛИ 65Г И Ni–Cu–Fe СПЛАВА

О. Г. Девойно, А. А. Радченко, А. С. Лапковский

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,
тел.: (+375 17) 293-92-23, e-mail: scvdmmed@bntu.by*

В настоящее время в производстве и строительстве широко применяется алмазосодержащий инструмент. Наиболее часто алмазные (твердосплавные частицы) закрепляются в композитной матрице. Однако получаемые композиции достаточно дороги и хрупки в сравнении со сталями. Обычно только режущая часть инструмента (сегмент) изготавливается из алмазосодержащего композита. Как результат, в промышленности существует задача соединения режущего сегмента со стальной основой. Традиционно для получения таких соединений применяется метод пайки, но данному методу присущи определенные недостатки. Например, при высоких температурах, достигаемых в процессе операций резания, существует риск расплавления припоя. Другой способ, нашедший широкое применение, это механическое закрепление режущих элементов. Достоинство этого метода заключается в возможности переустановки и использования всех кромок режущих пластин. К недостаткам данного метода можно отнести геометрические ограничения по его применению.

Более универсальным способом является сварка. Однако для эффективного процесса крепления режущих элементов следует минимизировать остаточные напряжения, возникающие при сварке. Широкие возможности для минимизации зоны термического влияния (ЗТВ) и контроля над количеством тепла, вводимого в зону сварки, а следовательно, уменьшения остаточных напряжений, имеет лазерная сварка.

Работы предыдущих исследователей [1, 2] показывают возможность получения соединений твердый сплав–сталь с помощью лазерной сварки при сквозном проплавлении, однако во многих случаях в соединении имелись поры, которые при нагружении могут привести к образованию трещин. Это вызвано тем, что сталь и композитный материал имеют большую разницу в температурах плавления. Ввиду этого при сварке разнородных материалов большое значение имеет положение лазерного луча относительно шва.

Целью данной работы являлось исследование свариваемости композитного соединения Cu–Ni–Fe со сталью 65Г при сварке с применением оптоволоконного лазера и оценка влияния на процесс следующих параметров: скорость перемещения луча V , положение фокальной плоскости ΔF и смещение луча относительно шва Δt .

Для исследования применялся оптоволоконный лазер IPG модели YLR-1000, имеющий следующие характеристики: максимальная выходная мощность – 1 кВт; длина волны излучения – 1,06 мкм; тип излучения – многомодовый; режим модуляции – квазинепрерывный; фокусное расстояние линзы – 150 мм; диаметр сфокусированного луча – 0,16 мм. Геометрические параметры и химический состав образцов представлены в таблице.

За нулевое положение фокальной плоскости принималась поверхность стальных образцов, отрицательным значениям соответствует заглубление фокуса в материал, положение фокуса варьировало в диапазоне +1...–7 мм. Горизонтальное смещение варьировало в диапазоне –0,1...+0,3 мм, за положительное направление принималось смещение в направлении стального основания, ноль линия–стыка сегмент/сталь.

Геометрические параметры и химический состав образцов

Материал	Химический состав	Геометрические параметры
Сталь 65Г	C 0,62–0,7; Si 0,17–0,37; Mn 0,9–1,2; Fe осн.	Ø 336 × 3 мм
Состав алмазного слоя	Cu 33,0; Sn 5,0; Ni 9,3; Fe осн. + BK8 15	40 × 7 × 3,5 мм
Состав без алмазного слоя	Cu 33,0; Sn 3,0; Ni 29,3; Fe осн.	

Образцы материалов использовались в состоянии поставки, без специальной подготовки. Образцы сегмент/сталь закреплялись механически без зазора при помощи специально сконструированного приспособления.

В качестве защитного газа в процессе сварки применялся аргон. Сварка начиналась и заканчивалась за пределами сегментов, так как начало либо завершение сварки на сегменте ведет к образованию пор/трещин.

До начала экспериментов были определены основные параметры, влияющие на качество образования шва. В процессе работы проводилась их оптимизация по полученным данным. Первым этапом была визуальная оценка сваренных образцов на отсутствие открытых пор, брызг и т. д. Исследование геометрических параметров соединения осуществлялось с помощью оптического микроскопа MICRO-200.

Микроанализ поперечных шлифов образцов показывает, что верхняя и нижняя части шва имеют коническую, а центральная часть – цилиндрическую форму (рис. 1).

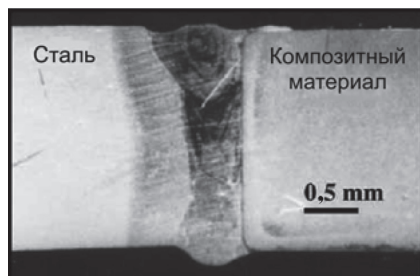


Рис. 1. Макрошлиф сварного шва

Ширина шва варьирует от 0,6 до 1,0 мм. ЗТВ параллельна зоне проплава и составляет 1 мм. Несмотря на то что использовалась высокоуглеродистая сталь, трещины, если таковые возникали, образовывались в твердом сплаве. Зона

плавления и ЗТВ стали имели мартенситную структуру. Однако структуры зон отличались из-за различной концентрации углерода.

Прочность соединения оценивалась изгибными тестами. Результаты испытаний представлены на рис. 2–4.

Из рис. 2 видно, что максимальная прочность соединения достигается при скорости 550 мм/мин, при снижении скорости происходит перегрев материала, а увеличение скорости ведет к появлению дефектов типа «непровар». Оптимальным положением фокальной плоскости является ее заглубление на 5 мм. Расфокусировка луча до данной глубины не оказывает значительного влияния, так как не превышает величину перетяжки. На рис. 4 показано влияние горизонтального смещения луча. При

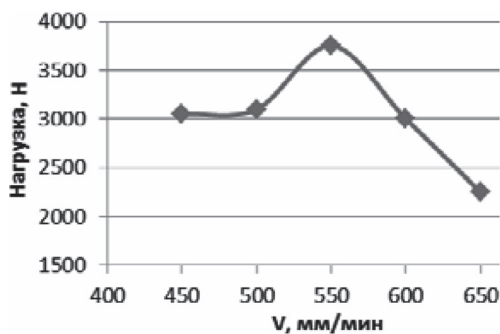


Рис. 2. Влияние скорости сварки на прочность шва

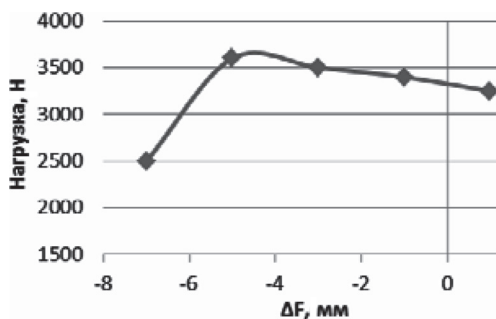


Рис. 3. Влияние положения фокуса на прочность шва

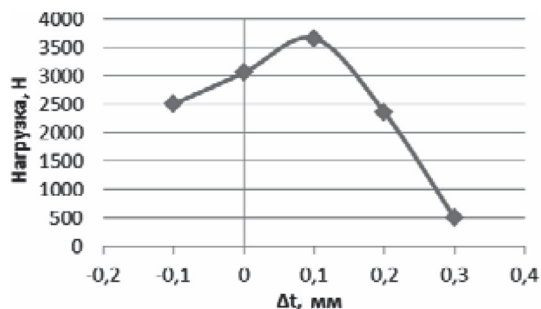


Рис. 4. Влияние горизонтального смещения луча на прочность шва

смещении луча в направлении материала основы достигается максимальная прочность при смещении в 0,1 мм. Этот эффект объясняется различием теплофизических характеристик материала сегмента и основы, при данном смещении достигается одновременное плавление кромок, дальнейшее смещение приводит к недогреву шва и ведет к резкому снижению прочности соединения.

Из полученных данных можно сделать следующие заключения: волоконный лазер является эффективным инструментом при производстве алмазосодержащего инструмента (в сравнении с СО-2 источником); основными доминирующими параметрами при сварке стали 65Г и Cu–Ni–Fe композита является мощность источника; скорость сварки и горизонтальное смещение луча; положение фокальной плоскости оказывает не столь большое влияние. Выбранные режимы позволяют получать качественные соединения (без пор и трещин) с хорошими внешними и эксплуатационными характеристиками. Также следует отметить, что при уменьшении толщины свариваемых материалов область оптимальных режимов смещается: скорость и горизонтальное смещение возрастает, заглубление фокуса снижается.

Литература

1. *Weber, G.* Laser welding of diamond tools / G. Weber. – [S. 1.]: Ind. Diam. Rev., 1991.
2. Technological Aspects of Laser Joining of Steel and Hard Metal Components / S. Sandig, P. Wiesner, M. Greitmann, G. Deutschmann // ICALEO-1995. – [S. 1.], 1995.