

СПОСОБ ЛАЗЕРНО-ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

С.И. Казаков

Курганский государственный университет, г. Курган

Для повышения механических свойств металла шва и околошовной зоны, а также повышения производительности сварки за счет увеличения скорости сварки предлагается комбинированный способ лазерно-электрошлаковой сварки, включающий наведение шлаковой и металлической ванны, удержание их в пространстве, ограниченном медными формирующими пластинами и свариваемыми кромками шва с нагревом шлака, присадочной проволоки или плавящегося пластинчатого электрода, металла шва и свариваемых кромок теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока между электродом и металлом шва через расплавленный шлак и теплом, вводимым лазерным лучом с равномерной интенсивностью распределения мощности лазера по всей поверхности зеркала сварочной ванны. Дополнительная энергия лазерного луча повышает температуру шлаковой ванны, ускоряет прогрев свариваемых кромок, увеличивает скорость оплавления электродной проволоки или плавящегося пластинчатого электрода, значит увеличивается скорость подъема сварочной ванны и уменьшается время пребывания металла шва и околошовной зоны при высоких температурах при этом уменьшается прирост размеров зерна, что приведет к повышению механических свойств металла шва и околошовной зоны. Введение энергии лазера в электрошлаковый процесс позволит повысить температуру не только шлаковой ванны, но и прогреть лазерным лучом свариваемые кромки, исключая дефект несплавления по кромкам при недостаточной температуре шлаковой ванны. Кроме того, лазерный луч может быть направлен на сварочную проволоку или на пластинчатый электрод, подогревая присадочный металл, что дополнительно увеличит количество расплавляемого металла в единицу времени.

Ключевые слова: электрошлаковая сварка, лазерный луч, сварочный зазор, скорость сварки, механические свойства металла.

Наука о лазерах и лазерных технологиях является бурно развивающейся областью знаний [1]. В последние годы сделаны открытия принципиально новых типов лазеров, обладающих высоким коэффициентом полезного действия, простых и удобных в эксплуатации, обеспечивающих высокую надежность и, таким образом, весьма пригодных для применения в различных отраслях промышленности [2]. В результате этого существенно расширился диапазон выполняемых функций лазерной техники. Наряду с увеличением производительности и качества традиционных лазерных технологических процессов обработки были разработаны новые процессы, обеспечивающие общий прогресс развития теории и практики в технологии машиностроения.

Лазерная сварка в настоящее время осуществляется в широком диапазоне режимов, обеспечивающих высокопроизводительный процесс соединения различных металлов толщиной от нескольких микрометров до десятков миллиметров. Лазерная сварка применяется там, где необходимо обеспечить высокий уровень физико-механических свойств и точности исполнения сварного шва. Однако этот способ не может применяться для сварки изделий, имеющих толщину 20 мм и более. Кроме того, современные способы лазерной сварки предусматривают ввод энергии лазерного луча через боковую поверхность свариваемых листов в зону стыкуемых (свариваемых) кромок, поэтому при сварке больших толщин необходимо вводить большую мощность лазерного луча с поверхности детали при большой концентрации энергии, что

ведет к значительному перегреву металла и его испарению с образованием плазменного облака и глубокой газовой полости, что затрудняет формирование сплошного металла шва по всей толщине свариваемых деталей.

Для повышения эффективности лазерной сварки используется двухлучевая лазерная сварка, что позволяет доставить большую мощность на поверхность свариваемой пластины на два отдельных световых пятна. Указанная схема сварки при общей мощности 8 кВт позволяет сваривать толщины до 12 мм.

Известны гибридные способы сварки [3], где лазерное излучение и электрическая дуга действуют совместно на одну точку, и физическая сущность такого действия отличается от действия каждого из составляющих процесса. Например, известна гибридная лазерно-дуговая сварка под флюсом. При этом способе присадочный металл в виде подаваемой проволоки расплавляется за счет относительно недорогой энергии сварочной дуги, в то время как применением дорогой высококачественной энергии лазерного луча достигается лишь увеличение глубины проплавления. Недостатком гибридной лазерно-дуговой сварки под флюсом является то, что флюс проваливается в образующийся парогазовый канал лазерного луча, при этом лазерное излучение поглощается флюсом, а не свариваемым материалом. Для сварки стальных листов толщиной 38 мм предлагается двухсторонняя многопроходная гибридная лазерно-дуговая сварка под флюсом с разделкой кромок. Из анализа видно, что и гибридная лазерно-

дуговая сварка под флюсом не позволяет выполнить сварное соединение при толщине 40 мм и более.

Для сварки металлических изделий большой толщины разработаны способы электрошлаковой сварки (ЭШС) [4], которая выполняется в настоящее время по стандартизованным технологиям. Стандарт предусматривает выполнение сварных соединений из сталей толщиной от 30 до 800 мм за один проход. ЭШС при этом требует создания зазора между свариваемыми кромками 25 мм и более, что ведет к необходимости расплавления большого количества присадочного металла в виде сварочной проволоки или плавящегося мундштука или пластины. Большая площадь поперечного сечения наплавляемого металла в связи с большим зазором в стыке ведет к малой скорости сварки. Общемашиностроительные нормативы времени на ЭШС предусматривают ведение сварочного процесса изделий толщиной, например, 70 мм, со скоростью < 1 м/ч [5].

При таких скоростях ЭШС происходит медленное охлаждение металла шва и околошовной зоны (ОШЗ) в интервале температур, при которых происходят фазовые превращения. Характерными для термического цикла ОШЗ при ЭШС являются длительный нагрев этой зоны, продолжительная выдержка ее при температурах перегрева, медленное последующее охлаждение. Поэтому зона термического влияния при ЭШС сталей характеризуется грубой видманштеттовой ферритно-перлитной структурой [6].

Указанный характер структуры сварных соединений во многом определяет относительно низкие показатели пластичности металла шва и ударной вязкости в ОШЗ, непосредственно прилегающей к линии сплавления. Поэтому одним из важнейших требований, предъявляемых к ЭШС ответственных конструкций, является необходимость проведения после сварки высокотемпературной термической обработки (нормализация или закалка с отпуском) для улучшения механических свойств металла сварного соединения.

Для повышения механических свойств сварного шва и повышения производительности сварки за счет увеличения скорости сварки предлагается комбинированный способ лазерно-электрошлаковой сварки, включающий наведение шлаковой и металлической ванн, удержание их в пространстве, ограниченном медными формирующими пластинами и свариваемыми кромками шва с нагревом шлака, присадочной проволоки или плавящегося пластинчатого электрода, металла шва и свариваемых кромок теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока между электродом

и металлом шва через расплавленный шлак и теплом, вводимым лазерным лучом с равномерной интенсивностью распределения мощности лазера по всей поверхности зеркала сварочной ванны. Дополнительная энергия лазерного луча повышает температуру шлаковой ванны, ускоряет прогрев свариваемых кромок, увеличивается скорость оплавления электродной проволоки или плавящегося пластинчатого электрода, следовательно, увеличивается скорость подъема сварочной ванны и уменьшается время пребывания металла шва и ОШЗ при высоких температурах. При этом уменьшается прирост размеров зерна, что приведет к повышению механических свойств металла шва и ОШЗ. Введение энергии лазера в электрошлаковый процесс позволит повысить температуру не только шлаковой ванны, но и прогревать лазерным лучом свариваемые кромки, исключая дефект несплавления по кромкам при недостаточной температуре шлаковой ванны. Кроме того, лазерный луч может быть направлен на сварочную проволоку или на пластинчатый электрод, подогревая присадочный металл, что дополнительно увеличит количество расплавленного металла в единицу времени.

Вывод

Разработан новый комбинированный способ лазерно-электрошлаковой сварки металлов больших толщин (патент на изобретение «Способ лазерно-электрошлаковой сварки» № 2447980 (RU)).

Литература

1. Григорьянц, А.Г. *Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие* / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисуров. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 664 с.
2. *Эффективность процесса двухлучевой лазерной сварки с глубоким проплавлением* / А.Г. Григорьянц, А.Н. Грезев, Н.Б. Родионов и др. // *Сварочное производство*. – 2009. – № 8. – С. 20–27.
3. Райзген, У. *Гибридная лазерно-дуговая сварка под флюсом* / У. Райзген, С. Ольшок // *Автоматическая сварка: междунар. журн.* – 2009. – № 4. – С. 46–51.
4. *ГОСТ 15164–78 Электрошлаковая сварка. Соединения сварные*. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
5. *Сварка. Резка. Контроль: справ.: в 2 т.* / под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышева. – М.: Машиностроение, 2004. – Т. 1. – С. 133–151.
6. *Пат. № 2447980 Российская Федерация. Способ лазерно-электрошлаковой сварки* / С.И. Казаков. – Заявл. 03.06.2010; опубл. 20.04.2012.

Казаков Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент, Курганский государственный университет, г. Курган; welds@mail.ru.

Поступила в редакцию 14 января 2015 г.

A METHOD OF LASER ELECTROSLAG WELDING

S.I. Kazakov, Kurgan State University, Kurgan, Russian Federation, welds@mail.ru

To improve the mechanical properties of the weld metal, heat affected zone and welding productivity by increasing the speed of welding a combined method of laser electroslag welding is offered. It includes the slag and metal baths kept in the space restricted by forming copper plates and welded seam with slag heating or filler wire or melting electrode plate of the metal seam and edges welded by the heat. The heat is generated when an electric current flows between the electrode and the welded metal through the molten slag and by the heat of the laser beam with a uniform intensity distribution of laser power across the mirror surface of the weld puddle. Additional energy of a laser beam increases the temperature of the slag bath, accelerates heating of the welded edges of the electrode, increases the rate of melting or fusing of the wire electrode plate. Thus, it increases the rate of weld puddle rising and reduces the time of the weld metal and heat affected zone being under high temperatures. At the same time grain size increment is decreased. This will improve the mechanical properties of the weld metal and heat affected zone. Using laser energy in the electroslag process will allow not only to raise the temperature of the slag bath, but also to warm welded edges with a laser beam, avoiding the defect of incomplete fusion in low temperature slag bath. Moreover, laser beam can be directed to the welding wire or electrode plate to warm the filler metal which further increases the amount of metal melted per unit time.

Keywords: electroslag welding, laser beam, welding gap, speed of welding, mechanical properties of metal.

References

1. Grigor'yants A.G., Shiganov I.N., Misyurov A.I. *Tekhnologicheskie protsessy lazernoy obrabotki* [Technological Processes of Laser Processing]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2008. 664 p.
2. Grigor'yants A.G., Grezev A.N., Rodionov N.B., Rodionova V.P., Grezev N.V. [Process Efficiency of Dual-Beam Laser Welding with Deep Penetration]. *Svarochnoe proizvodstvo*, 2009, no. 8, pp. 20–27. (in Russ.)
3. Reisgen U., Olschok S. Laser-Submerged and Hybrid Welding. *The Paton Welding Journal*, 2009, no. 4, pp. 38–43.
4. *GOST 15164-78. Elektroshlakovaya svarka. Soedineniya svarnye* [State Standard 15164-78. Electroslag Welding. Welded Joints]. Moscow, Izdatel'stvo Standartov Publ., 1992.
5. *Svarka. Rezka. Kontrol'* [Welding. Cutting. Control]. Ed. by N.P. Aleshin, G.G. Chernyshev. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2004, vol. 1, pp. 133–151.
6. Kazakov S.I. *Sposob lazerno-elektroshlakovoy svarki* [A Method of Laser-Electroslag Welding]. Patent RF, no. 2447980, 2010.

Received 14 January 2015

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Казаков, С.И. Способ лазерно-электрошлаковой сварки / С.И. Казаков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 74–76.

REFERENCE TO ARTICLE

Kazakov S.I. A Method of Laser Electroslag Welding. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2015, vol. 15, no. 1, pp. 74–76. (in Russ.)
