

50 ЛЕТ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ

Динамичное развитие и прогресс многих отраслей промышленности (и особенно таких наукоемких, как ракетно-космическая, атомная энергетика и др.) напрямую связаны с созданием новых материалов, сочетающих в себе высокие технико-эксплуатационные свойства с хорошей технологичностью их изготовления и низкой себестоимостью производства. Именно поэтому проблемы создания новых перспективных материалов всегда относились к числу главных научно-технических приоритетов развитых государств. Композиционные материалы и технологии их получения являются одним из наиболее наукоемких и многообещающих направлений материаловедения с перспективой эффективного применения в практических целях.

В общей структуре современного производства конструкционных материалов композиты занимают пока достаточно скромное место. Сегодня мировое производство композиционных материалов всех видов не превышает 3 %, а еще несколько десятилетий назад их производство вообще отсутствовало. Однако именно с их помощью человечеству удалось решить многие самые сложные технические задачи, создать уникальную технику.

Сварка взрывом, пятидесятилетие которой в этом году отмечает сварочная общественность, в силу присущих ей особенностей является одним из самых эффективных, а в ряде случаев единственно возможным путем создания высококачественных биметаллических и многослойных композиционных материалов. Внешне простой, а по своей физической сущности очень сложный, затрагивающий многие фундаментальные разделы наук о материалах, газо- и гидродинамики, физики прочности и др., процесс сварки взрывом крайне быстротечен и своеобразен и, на первый взгляд, мало похож на другие способы соединения металлов.

Высокоскоростное соударение тел при сварке взрывом сопровождается рядом замечательных эффектов: явлением волнообразования, кумуляции и схватывания тел. При этом в зоне соударения протекают интенсивные узлокализированные пластические деформации обычно в виде волн, фиксируемых на границе раздела металлов. Соединение тел происходит без расплавления металла, диффузионных процессов, а получаемые соединения отличаются исключительно высокой прочностью, даже при сварке металлургически несовместимых металлов. С помощью сварки взрывом впервые стало возможным получать равнопрочные соединения титана со сталью, циркония со сталью и других композиций на практически неограниченных площадях.

Под термином «сварка взрывом» принято подразумевать явление прочного соединения соударяющихся под некоторым углом поверхностей металлических тел, по крайней мере одно из которых разгоняется до скоростей 150...1000 м/с продуктами детонации взрывчатого вещества (ВВ). При этом следует отметить, что собственно взрыв, а точнее энергия расширяющихся продуктов детонации, в данном процессе играет всего лишь вспомогательную роль, обеспечивая ускоренное перемещение тел относительно друг друга и их соударение.

Физическая природа источников такого ускорения тел может быть самой разнообразной: электромагнитное поле (при магнитно-импульсной сварке), энергия порохового заряда в орудийном стволе, энергия взрыва электрического проводника при пропускании через него тока и даже энергия выстрела монтажного пистолета, способна обеспечить точечную сварку. Но во всех случаях суть протекающих при высокоскоростном соударении процессов и явлений в твердых телах остается неизменной.

История открытия сварки взрывом интересна и поучительна. Схватывание тел при их соударении с большими скоростями наблюдали давно. Еще в годы Первой мировой войны имелись свидетельства о «прилипании» снарядов к металлическим преградам. Одной из первых известных научному сообществу работ, в которой описывалось явление сварки двух латунных дисков под действием продуктов детонации ВВ, была статья Л. Р. Карла¹, опубликованная в США в 1944 г. В 1944–1946 гг. в СССР при изучении кумулятивного эффекта группой исследователей под руководством академика М. А. Лаврентьева было получено монолитное соединение двух собранных соосно и обжатых наружным зарядом ВВ металлических конусов. На поверхности соединения наблюдались характерные для сварки взрывом волны. К сожалению, эти работы по разным причинам не получили тогда своего дальнейшего развития. Да и промышленность того времени еще не была готова к использованию уникальных возможностей нового способа сварки — получению биметаллических и многослойных композиционных материалов.

Второе «рождение» сварки взрывом, теперь уже совсем не случайное, совпало с бурным развитием новых отраслей промышленности и, в первую очередь, космической, атомной энергетики, химической, которые остро нуждались в высококачественных биметаллических и многослойных материалах, сочетающих в себе высокую удельную прочность, технологичность изготовления и достаточно низкую стоимость. В 1958–1959 гг. сообщения о сварке взрывом практически одновременно делают Д. Пирсон² и В. Филипчук с соавторами³. В. Филипчук утверждал, что наблюдал частичную приварку листов к металлической матрице при штамповке взрывом еще в 1957 г. Однако предложенная и запатентованная им⁴ схема сварки путем подрыва заряда ВВ, погруженного в емкость с водой, установленную над свариваемыми пластинами, оказалась на практике непригодной. Примерно в то же время исследования по сварке взрывом начались в концерне «Дюпон де Немур» (США)⁵, а позднее, в 1961 г., и в Станфордском исследовательском институте (США)⁶.

Работы по сварке взрывом в СССР начались в 1961 г. в Институте гидродинамики СО АН СССР (г. Новосибирск). Группой исследователей в составе В. С. Седых, А. А. Дерibasа, Е. И. Биченкова, Ю. А. Тришина, руководимой академиком М. А. Лаврентьевым, были выполнены первые опыты, в которых удалось получить качественные сварные соединения⁷. В статье авторы высказали предположения о возможной природе образования соединения. В. С. Седых, а также проф. П. О. Пашков, уже работая с 1962 г. в Волгоградском политехническом институте (ныне Волгоградский государственный технический университет), заложили основы научной школы по металлообработке взрывом. Начались широкие исследования нового и перспективного технологического процесса. Позднее изучение сварки взрывом продолжилось и активно развивалось научными коллективами Института электросварки им. Е. О. Патона (под руководством чл.-кор. АН Украины В. М. Кудинова), Белорусского политехнического института (под руководством проф. В. И. Беляева), Алтайского НИИ технологии машиностроения (под руководством проф. Б. Д. Цемаховича), Московского института стали и сплавов (технического университета), ФУГП «Прометей» и ряда других предприятий и организаций СССР и стран СНГ.

¹ Carl L. R. Brass welds made by detonation impulse // Metal Progress. — 1944. — 46, № 1. — P. 102, 103.

² Pearson J. Recent advances in explosive pressing and welding // 2nd Metals Eng. Conf. of Explosive. — ASM, Chicago, 1959. — P. 32–36.

³ Explosive welding is on the way // Steel. — 1959. — 145, № 18. — P. 90–91.

⁴ Pat. 3024526 USA, cl. 29-470. Explosive welding / V. Philipchuk, F. Bois, Le Roy. — Publ. 1960.

⁵ Pat. 3137937 USA, cl. 29-486. Explosive bonding / G. Cowan, J. Douglas, A. Holtzman. — Publ. 1960.

⁶ Davenport D. E., Duwall G. Creative manufacturing seminar, 1961. — Paper SP 60-161.

⁷ Сварка взрывом / В. С. Седых, А. А. Дерibasа, Е. И. Биченков, Ю. А. Тришин // Свароч. про-во. — 1962. — №2. — С. 6–9.

В первых научных публикациях можно было встретить высказывания об исключительности и даже уникальности нового способа соединения металлов, не вписывающегося из-за своей внешней экзотичности в ряд известных способов сварки в соответствии с существующей классификацией. Однако многочисленными исследованиями большой группы ученых и специалистов из различных мировых научных центров было доказано, что процесс сварки взрывом не является каким-то особым, отдельно стоящим способом сварки, а относится к твердофазным, бездиффузионным способам сварки давлением, в грубом упрощении родственным сварке ковкой — древнейшем способе соединения металлов. Различия заключаются лишь в значениях давления и скоростей протекания деформационных процессов в зоне контакта металлов, а следовательно, и в механизмах их реализации.

50 лет назад человечество, может быть, впервые в своей истории увидело во взрыве не всеразрушающую силу, а источник энергии, способной созидать — соединять несоединяемые другим способом сварки металлы и сплавы, создавая таким образом композиционные материалы.

Сегодня сварка взрывом, органически дополняя другие способы сварки, позволяет создавать высококачественные металлические композиционные материалы широкой номенклатуры, типоразмера и конфигурации. Совершенствуются и методы конструкционной сварки взрывом, обеспечивающие возможность изготовления готовых деталей и элементов конструкции все более сложных форм. С помощью этого процесса инженерам и технологам удастся решать самые сложные технические проблемы современного машиностроения, металлургии, энергетики, транспорта, ракетно-космического комплекса и многих других отраслей промышленности.

В этом номере журнала авторы известных научных школ постарались обобщить накопленный на настоящий момент времени экспериментальный и теоретический материал по фундаментальным основам процесса соединения металлов при их высокоскоростном соударении, подходы и опытные данные по проблемам сварки и материалобработки взрывом.

В. И. Лысак, Л. Д. Добрушин, доктора техн. наук