

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС В СВАРОЧНОЙ ВАННЕ ПРИ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ СВАРКЕ

А.В. Дмитриева, студ. гр. 10А22,

Научный руководитель: Крампит А.Г., д.т.н., проф.,

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: akrampit@mail.ru

Вопросы формирования сварного соединения тесно связаны с необходимостью изучения процессов движения расплавленного металла в сварочной ванне. Исследователи, занимающиеся вопросами формирования сварного шва, предлагают различные модели поведения жидкого металла в сварочной ванне [1, 2]. Быстрое протекание процессов, высокая температура и значительное излучение при сварке обуславливают сложность, а порой и невозможность прямого изучения реальных процессов без дополнительного исследовательского оборудования. Изменение поверхности сварочной ванны, на основе которой можно судить о схеме движения жидкого металла, можно исследовать по кинограммам скоростной киносъемки [3].

На основе анализа кинограмм процесса импульсно-дуговой сварки в углекислом газе плавящимся электродом показаны исследования по движения поверхности сварочной ванны. Для выявления особенностей движения жидкого металла сварочной ванны при импульсно-дуговой сварке в углекислом газе плавящимся электродом были рассмотрены в совокупности процессы плавления электродного металла, переноса капли в сварочную ванну и поведение расплава сварочной ванны (рис. 1).

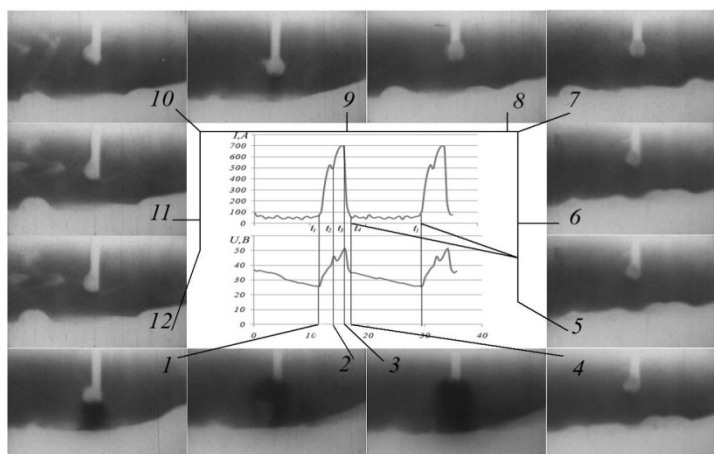


Рис. 1. Осциллограмма и кинограммы процесса плавления, переноса электродного металла и движения жидкого металла сварочной ванны при импульсно-дуговой сварке в углекислом газе в нижнем положении (скорость съемки 2980 кадр/сек): t_1 – начало импульса; t_2 – момент отрыва капли электродного металла; t_3 – касание капли сварочной ванны; t_4 – начало паузы

Во время паузы сварочный ток находится в пределах 10-50 А, поэтому на поверхность сварочной ванны воздействует сварочная дуга, площадь и сила давления которой не велики. В результате поверхность сварочной ванны имеет небольшое углубление под дугой. При нарастании сварочного тока столб дуги расширяется. Перенос капель расплавленного электродного металла с торца электрода в сварочную ванну осуществляется при наложении на дугу мощных импульсов тока, во время которых происходит расширение столба дуги. Это вызывает появление осевой составляющей электродинамической силы, которая, втягивая каплю с торца электрода в сварочную дугу, способствует отрыву капли и соосному переходу ее в сварочную ванну.

С увеличением сварочного тока возрастает воздействие сварочной дуги на поверхность сварочной ванны. Жидкий металл сварочной ванны, вытесняясь из-под дуги, начинает движение в хвостовую часть ванны. В переднюю часть сварочной ванны поток расплавленного металла или значительно снижается, или совсем прекращается. При небольших размерах головной части расширяющийся столб дуги захватывает почти всю фронтальную часть сварочной ванны. Столб дуги расширя-

ется, и происходит его углубление в сварочную ванну. Дуга при расширении захватывает нижнюю часть капли. При этом длина дуги в верхней части изменяется на 1-2мм или $\frac{1}{2}$ диаметра капли электродного металла. Далее капля немного деформируется, отгесняясь вверх по электроду.

График перемещения точек поверхности сварочной ванны относительно начальных координат с течением времени в импульсе (на интервале времени t_1-t_2) приведен на рисунке 2.

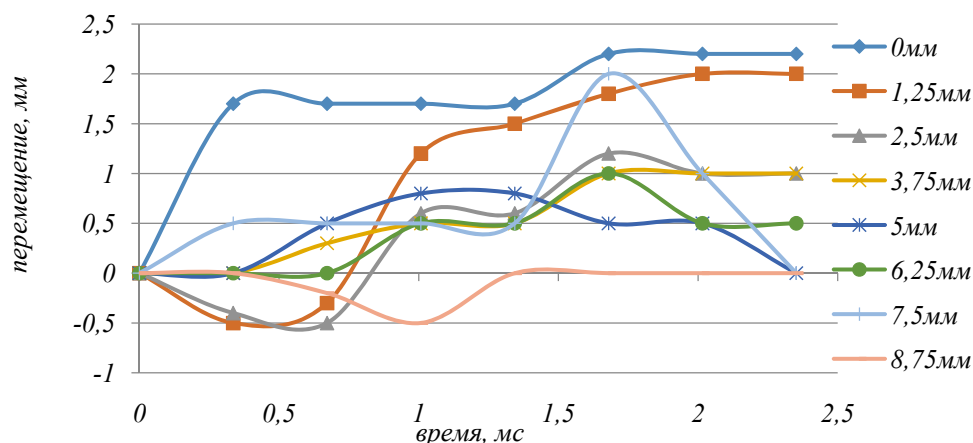


Рис. 2. Перемещение поверхности сварочной ванны в хвостовой части относительно начальных координат

Из-под дуги движется волна в хвостовую часть, наибольший подъем который (до 0,6 мм) наблюдается на расстоянии от электрода 1,25 мм и 2,5 мм. По мере удаления волны в хвостовую часть скорость движения замедляется. С нарастанием импульса и появлением волны из-под дуги возникает подъем сварочной ванны в хвостовой части на протяженности 8,75 мм от центра через 1 мс. Наибольшее углубление (видимое) наблюдается под дугой. По мере увеличения силы тока и соответственно диаметра столба дуги жидкий металл вытесняется в головную и хвостовую части, и через 1 мс наибольший подъем наблюдается на расстоянии 1,25 мм. Чем дальше от электрода, тем в большей степени проявляется углубление после прохождения волны и возврата её в исходное положение.

Графики перемещения точек поверхности сварочной ванны в хвостовой части относительно начальных координат на интервале отрыва капли t_2-t_3 представлены на рисунке 3.

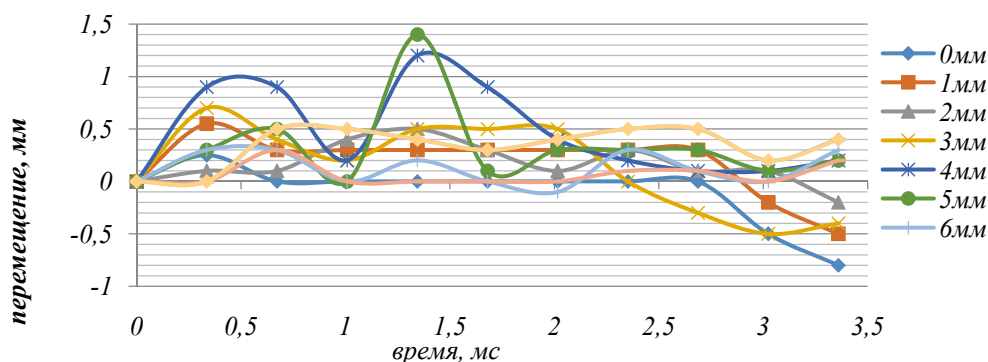


Рис. 3. Перемещение поверхности сварочной ванны в хвостовой части относительно начальных координат

Наибольшее перемещение наблюдается на расстоянии от 3мм до 5мм от электрода. После времени 1,5 мс видно повышение уровня жидкого металла сварочной ванны, вследствие контакта капли электродного металла с поверхностью сварочной ванны. После времени 2,5 мс происходит повышение общего уровня сварочной ванны, связанное с уменьшением сварочного тока (на спаде импульса). Движение металла в головной части представлено графически на рисунке 4. Перемещение точек поверхности сварочной ванны не велико и не превышает в среднем 0,5 мм.

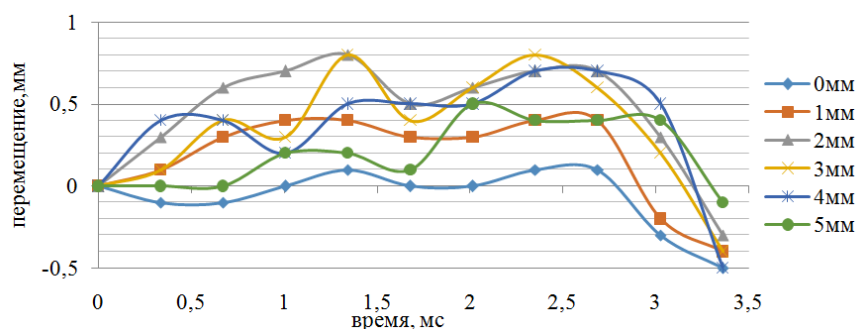


Рис. 4. Перемещение поверхности сварочной ванны в головной части относительно начальных координат на интервале t_3 - t_4

На интервале паузы жидкий металл из хвостовой части обратной волной возвращается под дугу, часть металла под действием сил инерции перемещается в головную часть, где количество расплавленного металла возрастает до максимального значения. Горб, образованный в головной части спадает. Одновременно с этим происходит колебание с большей частотой (примерно в 3 раза) в хвостовой части. Перемещение точек поверхности сварочной ванны в хвостовой части относительно начальных координат на интервале паузы представлено на рисунке 5.

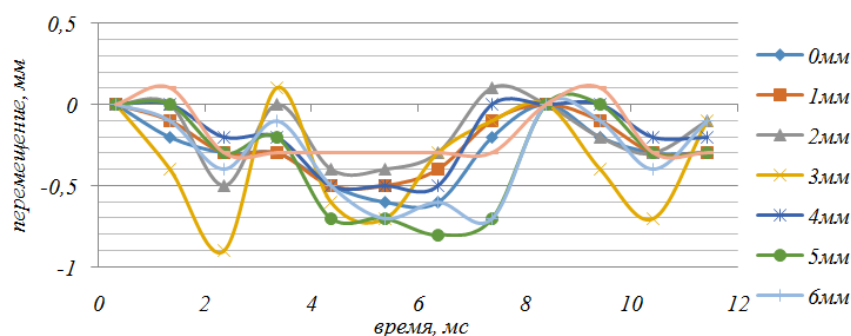


Рис. 5. Перемещение поверхности сварочной ванны в хвостовой части относительно начальных координат на интервале времени t_4 - t_1

Движение металла в хвостовой части носит периодический характер, совпадающий по времени с началом колебаний. Суммарное перемещение точки относительно начальной координаты не превышает 1 мм. Наибольшее колебание наблюдается на расстоянии от 3 мм до 5 мм, что соответствует центру хвостовой части сварочной ванны в паузе. Большая периодичность движения жидкого металла вызвана меньшим углом фронта кристаллизации и большей протяженностью хвостовой части.

Вывод:

Жидкий металл сварочной ванны при импульсно-дуговой сварке в углекислом газе плавящимся электродом совершает колебательные движения. Частота колебаний ванны зависит от частоты накладываемых импульсов, а амплитуда колебания – от длительности и амплитуды импульса. Поведение ванны носит более определенный характер, а именно жидкий металл совершает замкнутое вращательное движение, которое можно описать следующим образом:

- из-под столба дуги вдоль плоскости кристаллизации (вдоль фронта кристаллизации) (по дну сварочной ванны) перемешиваясь с основным металлом и кристаллизуясь (отдельным слоем), часть металла возвращается по поверхности сварочной ванны;
- вдоль зоны расплавления и возвращаясь под столб дуги;
- во время действия импульса из-под дуги на кромки и в паузе обратно под столб дуги.

Литература.

1. Ленивкин В.А., Дюргеров Н.Г., Сагиров Х.Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. М.: Машиностроение. 1989. – 264 с.
2. Столбов В.И. Сварочная ванна: Монография. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 147 с.
3. Knyaz'kov A.F., Krampit A.G., Krampit N.Yu. Controlling the droplet transfer process in CO₂ welding with a long arc // Welding International. – 2008. – Vol. 8. – P.534-536.