

Литература.

1. Журавлев С.И., Коновалов Н.А. Особенности строительства магистральных трубопроводов с использованием контактной стыковой сварки оплавлением // Сб. материалов Международной научно-практической конференции «Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа». Уфа: ГУП «ИПТЭ», 2013. С. 206 – 207.
2. Журавлев С.И. Пути решения проблем внедрения контактной стыковой сварки оплавлением на магистральных трубопроводах больших диаметров (обзор) // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2013. № 8. С. 64 – 71.
3. Коновалов Н.А., Третьяков Е.С. Использование методов экспертных оценок при совершенствовании оборудования и технологий контактной стыковой сварки оплавлением трубопроводов // Сб. трудов VI Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. С. 108-109.
4. Журавлев С.И., Коновалов Н.А., Полосков С.И. Технологические особенности контактной стыковой сварки оплавлением трубопроводов больших диаметров // Сб. научных трудов VII Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения». Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. С. 180 – 185.
5. Ishikawa K. La gestion de la qualité, outils et applications pratiques. Traduit par Jean-Marie Douchy. Paris: L'Usine Nouvelle, 2007. 242 p.
6. Reed W.J. The Pareto, zipf and other power laws // Economics Letters 2001. Vol. 74, Issue 1. P. 15 – 19.
7. Ichijima Y., Satio T. Factors affecting flash weldability in high strength steel - a study on toughness improvement of flash welded joints in high strength steel // Welding International. 2004. Vol. 18. № 6. P. 436 – 443.
8. Ерофеев В. А. Прогнозирование качества электронно-лучевой и лазерной сварки на основе компьютерного моделирования: Монография. Тула: ТулГУ, 2002. 140 с.
9. Журавлев С.И., Ерофеев В.А., Полосков С.И. Физико-математическая модель оплавления в процессе контактной стыковой сварки // Сварка и Диагностика. 2013. № 4. С. 26 – 30.
10. Кучук-Яценко С.И. Контактная стыковая сварка оплавлением. Киев: Наукова думка, 1992. 236 с.
11. Контактная стыковая сварка оплавлением толстостенных труб из высокопрочных сталей класса прочности К56 / С.И. Кучук-Яценко, Ю.В. Швец, В.Ф. Загадарчук и др. // Автоматическая сварка. 2012. № 5. С. 5 – 11.

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ НА ВЕЛИЧИНУ  
ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

*А.В. Крюков, к.т.н., Н.В. Павлов, А.В. Зюбан, студент*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)5-09-06*

*E-mail: earendill@mail.ru*

Хромоникелевые аустенитные стали, нашли широкое применение в практически всех отраслях промышленности. Эти стали обладают высокой пластичностью и вязкостью, низким пределом текучести и высокими жаропрочностью и жаростойкостью. Наряду с этим обладают высокой стойкостью в агрессивных средах.

Характерные для высоколегированных сталей теплофизические свойства определяют некоторые особенности их сварки. Пониженный коэффициент теплопроводности при прочих равных условиях значительно изменяет изотермы распределения температур, делая их более развитыми, в сравнении с углеродистыми сталями. Это приводит к большему короблению деталей. В этом случае следует использовать способы и режимы сварки с максимальной концентрацией тепловой энергии [1].

Одним из технологических приемов, который можно использовать для снижения остаточных напряжений и деформаций, является импульсная подача электродной проволоки (ИПЭП). Это обусловлено тем что при использовании ИПЭП тепловложение в металл ниже при сварке одного типоразмера шва [2, 3].

Для оценки влияния способа подачи электродной проволоки на формирование остаточных напряжений был проведен ряд экспериментов. В ходе исследований была проведена сварка пластин из стали 12Х18Н9Т толщиной 2 мм.

- 1) с постоянной подачей электродной проволоки (ПЭП) в чистом аргоне;
- 2) с ИПЭП в смеси газов аргон (70%) и углекислый газ (30%) [4].

В качестве источника питания использовался ВС300Б. Сварочная головка ГСП-2 в одном из случаев укомплектованная механизмом импульсной подачи электродной проволоки [5].

На рисунке 1 представлены распределения температур в испытываемых образцах.

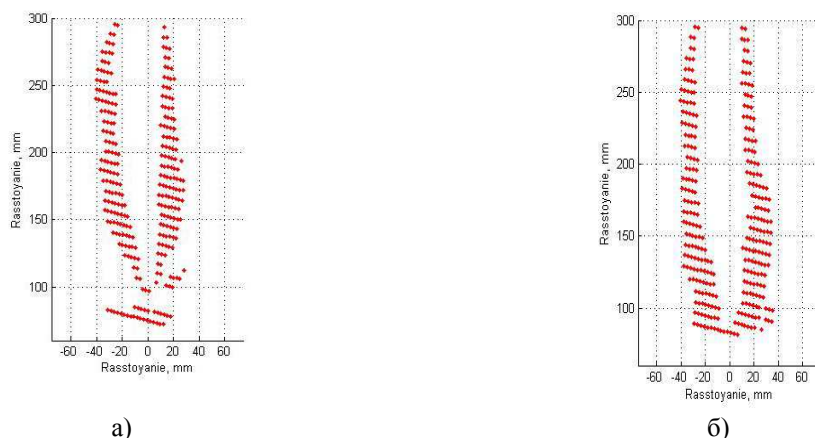


Рис. 1. Распределение температур при сварке а) с импульсной подачей электродной проволоки, б) с постоянной подачей электродной проволоки (показан температурный интервал 600...400 С)

Как видно из графиков распределение температур при сварке с постоянной подачей электродной проволоки имеют более развитую форму, что объясняется меньшим тепловложением. Максимальные значения сварочного тока достигаются только во время импульсов подачи, которые чередуются с интервалами пауз, в которых сварочный ток имеет значения существенно ниже [4], а так как время импульса в несколько раз меньше времени паузы, то действующее значение тока меньше, чем при сварке с постоянной подачей электронной проволоки. При получаемой одинаковой геометрии сварного соединения режимы сварки составили:  $I_{св}=90...100$  А;  $U_{д}=19...20$ В;  $I_{св}=80...90$  А;  $U_{д}=18...19$  В (частота импульсов 110Гц) для способов сварки с постоянной подачей и с импульсной подачей электродной проволоки соответственно.

Для определения напряжений был использован магнитострикционный датчик. Измерялись напряжения до и после сварки. Схема измерений представлена на рисунке 2.

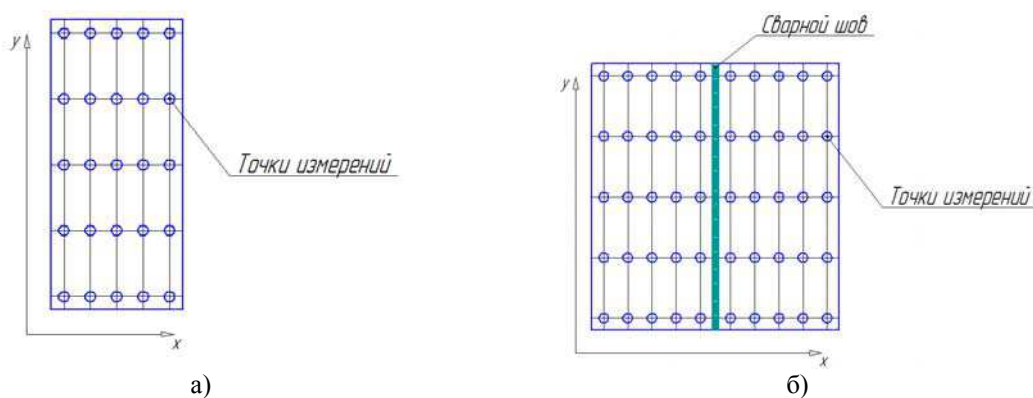


Рис. 2. Схема измерений напряжений: а) до сварки; б) после сварки

Результаты измерений представлены на рисунках 3,4.

На графиках представлены распределения напряжений (МПа) на плоскости свариваемых деталей согласно схеме измерений.

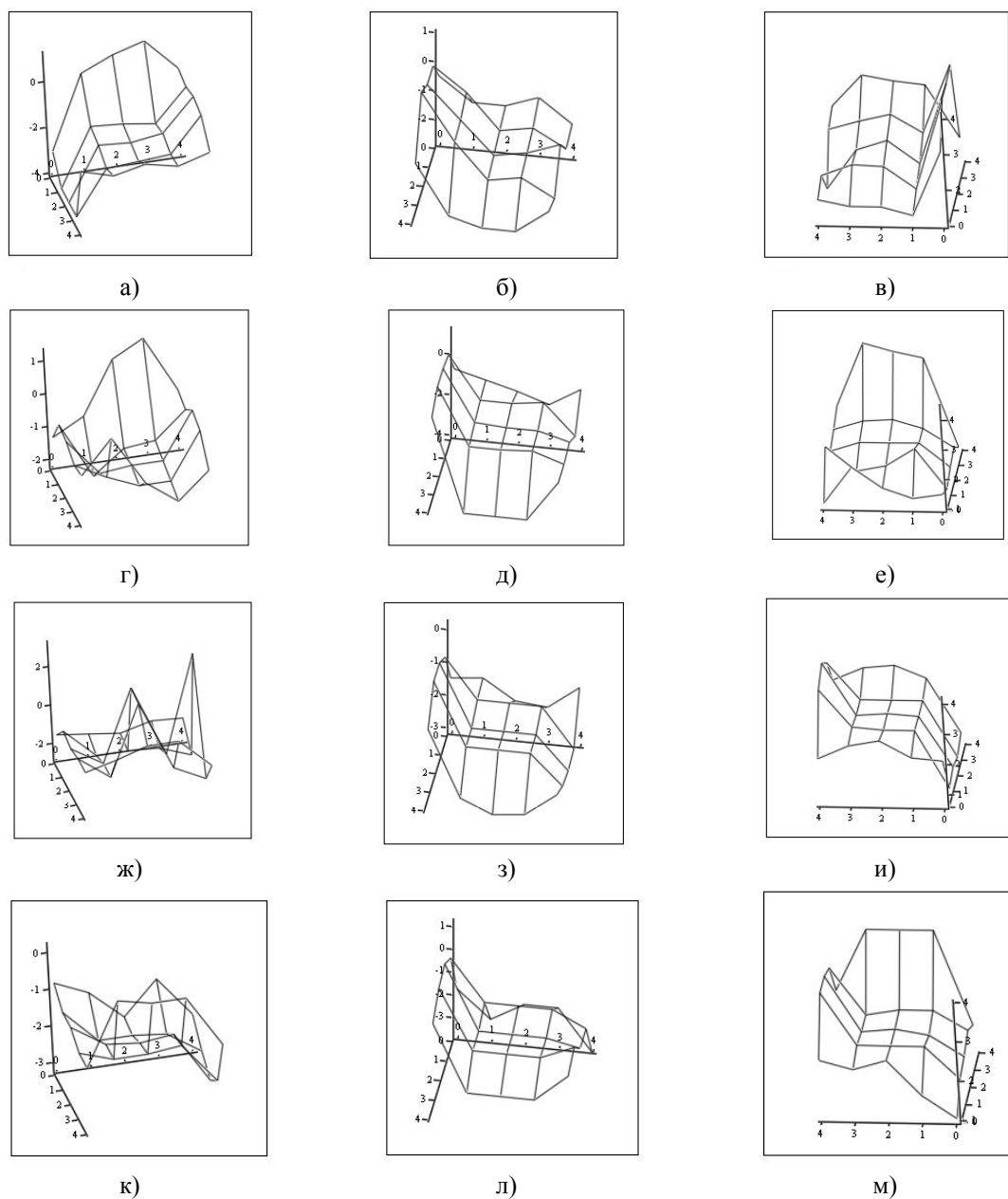


Рис. 3. Графики изменений величины напряжений до сварки: а) нормальные составляющие напряжения по оси X при сварке с ПЭП первой пластины; б) нормальные составляющие напряжения по оси Y при сварке с ПЭП первой пластины; в) геометрическая сумма величины напряжений по X и Y при сварке с ПЭП первой пластины; г) нормальные составляющие напряжения по оси X при сварке с ПЭП второй пластины; д) нормальные составляющие напряжения по оси Y при сварке с ПЭП второй пластины; е) геометрическая сумма величины напряжений по X и Y при сварке с ПЭП второй пластины; ж) нормальные составляющие напряжения по оси X при сварке с ИПЭП первой пластины; з) нормальные составляющие напряжения по оси Y при сварке с ИПЭП первой пластины; и) геометрическая сумма величины напряжений по X и Y при сварке с ИПЭП первой пластины; к) нормальные составляющие напряжения по оси X при сварке с ИПЭП второй пластины; л) нормальные составляющие напряжения по оси Y при сварке с ИПЭП второй пластины; м) геометрическая сумма величины напряжений по X и Y при сварке с ИПЭП второй пластины

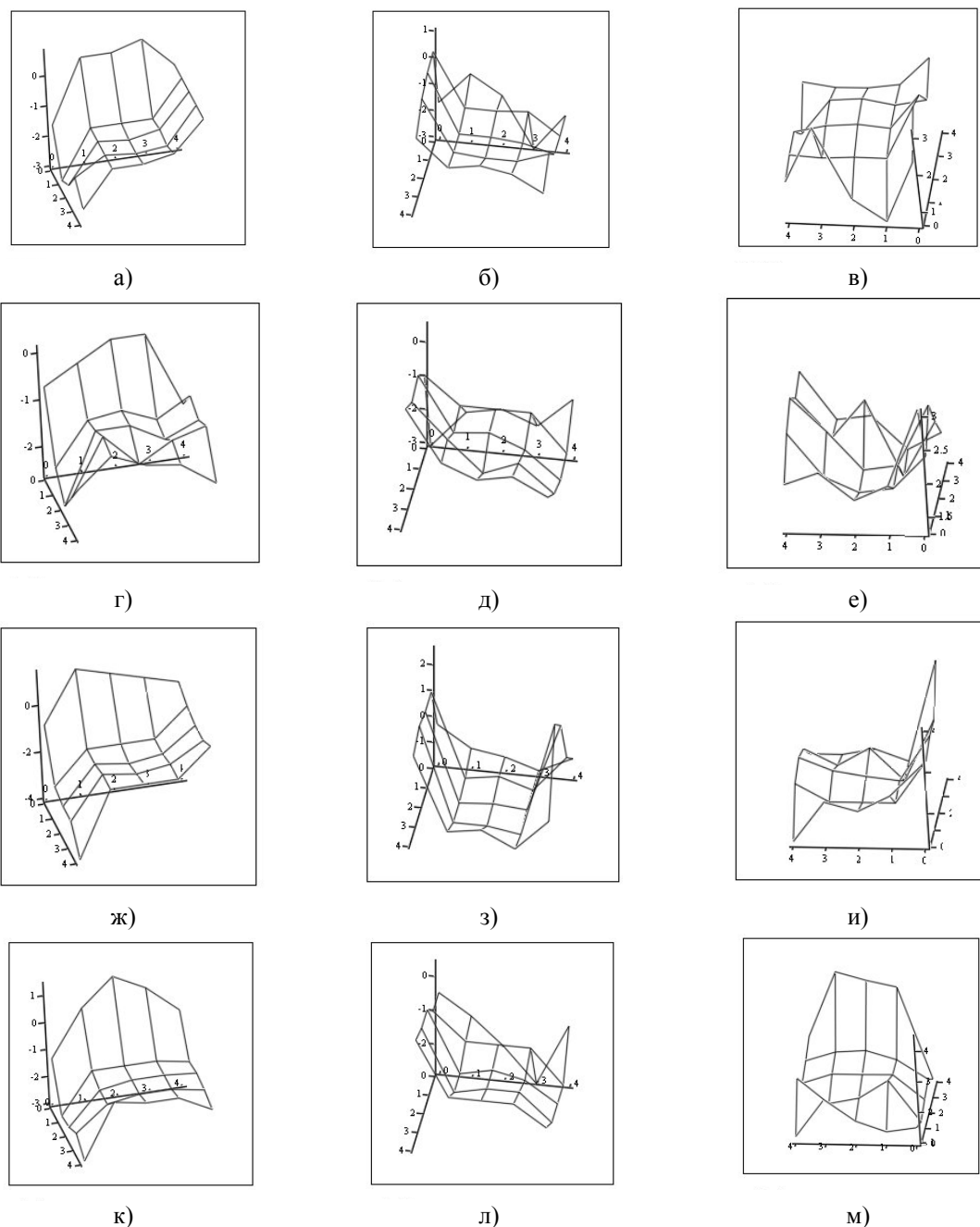
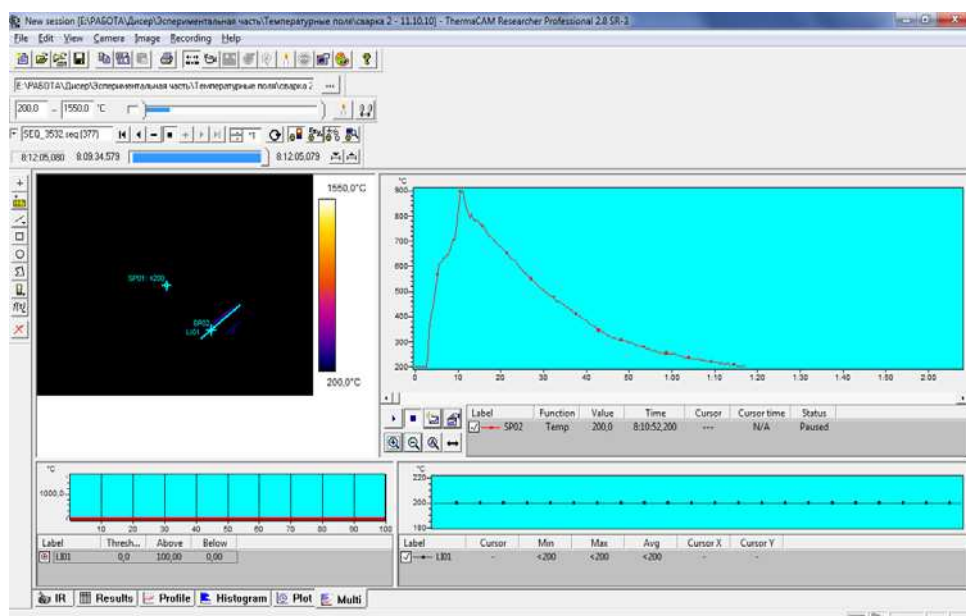
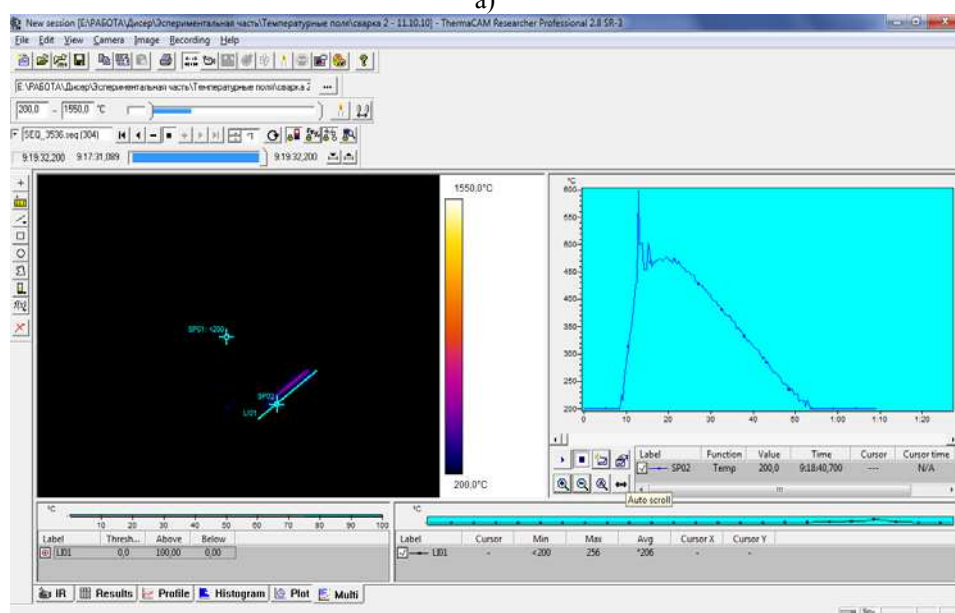


Рис. 4. Графики изменений величины напряжений после сварки: а) нормальные составляющие напряжения по оси X при сварке с ПЭП первой пластины; б) нормальные составляющие напряжения по оси Y при сварке с ПЭП первой пластины; в) геометрическая сумма величины напряжений по X и Y при сварке с ПЭП первой пластины; г) нормальные составляющие напряжения по оси X при сварке с ПЭП второй пластины; д) нормальные составляющие напряжения по оси Y при сварке с ПЭП второй пластины; е) геометрическая сумма величины напряжений по X и Y при сварке с ПЭП второй пластины; ж) нормальные составляющие напряжения по оси X при сварке с ИПЭП первой пластины; з) нормальные составляющие напряжения по оси Y при сварке с ИПЭП первой пластины; и) геометрическая сумма величины напряжений по X и Y при сварке с ИПЭП первой пластины; к) нормальные составляющие напряжения по оси X при сварке с ИПЭП второй пластины; л) нормальные составляющие напряжения по оси Y при сварке с ИПЭП второй пластины; м) геометрическая сумма величины напряжений по X и Y при сварке с ИПЭП второй пластины

Как видно из рисунков напряжения в пластинах при сварке с постоянной подачей электродной проволоки превышает напряжения в пластинах при сварке с импульсной подачей электродной проволоки. В некоторых случаях уровень напряжений различается до 2 раз. Что может объясняться меньшим тепловложением в металл, большей концентрацией теплоты и лучшим термическим циклом при сварке (рисунок 5).



а)



б)

Рис. 5. Термический цикл точки (исследуемая точка находится в ЗТВ): а) сварка с постоянной подачей электродной проволоки, б) сварка с импульсной подачей электродной проволоки

Вывод: на основе проведенных исследований было установлено, что использование ИПЭП при механизированной сварке в защитных газах, за счет снижения тепловложения и большей концентрации тепловой энергии, позволяет снизить уровень остаточных напряжений до двух раз.

*Работа выполнена в рамках грантов РФФИ 14\_08\_31036*

Литература.

1. Медовар Б.И. Электродуговая сварка аустенитных сталей. Под ред.: Аснис А.Е., Казимиров А.А., Патон Б.Е. (ответственный редактор). М, «Машиностроение», 1976г.
2. Павлов Н.В., Крюков А.В., Чинахов Д.А. Исследования экспериментального и теоретического распределения температурных полей при сварке плавлением // Тяжелое машиностроение. -2010.- №8. С. 25-28.
3. Chinakhov, D.A., Vorobyov, A.V., Tomchik, A.A. Simulation of active shielding gas impact on heat distribution in the weld zone // Materials Science Forum. Volume 762, 2013, Pages 717-721
4. Павлов Н.В., Крюков А.В., Зернин Е.А. Сварка с импульсной подачей электродной проволоки в смеси газов // Сварочное производство. -2010.-№4. С. 27-28.
5. Патент РФ на изобретение №2254969 Механизм импульсной подачи сварочной проволоки / Брунов О.Г., Федько В.Т., Крюков А.В. и др. Оpub. 27.06.2005. Бюл. №18.

**ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
ИЗ СТАЛИ 12Х18Н10Т**

*М.А. Кузнецов, Е.А. Зернин, к.т.н., доцент, А.С. Лукашов*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)5-09-06*

*E-mail: kuznechik\_85@mail.ru*

Современные исследования в области формирования сварных соединений из сталей различного класса направлены на управление энергетическими параметрами процесса получения неразъемных соединений за счет наложения высокочастотных импульсов [1, 2], механического программирования перехода капли в сварочную ванну при помощи импульсной подачи сварочной проволоки [3] и применения инверторных источников питания [4]. При этом частично управляется теплоперенос, но управление структурой посредством целенаправленного введения центров кристаллизации отсутствует полностью.

На практике для управления структурообразованием и механическими свойствами сварных соединений [5] используется намеренное введение в расплав тугоплавких частиц для увеличения числа центров индуцированной кристаллизации, которое приводит к измельчению зерна при затвердевании. Такой прием применяется и для измельчения структурных составляющих наплавляемого металла [6, 7]. Введение непосредственно в сварочную ванну нанодисперсных металлических и неметаллических порошков-модификаторов повышает эффект управления микроструктурой.

Среди известных физических методов получения наноразмерных порошков (НП) особое место занимает метод электрического взрыва проводника (ЭВП) являющийся импульсным быстротекающим процессом. Метод ЭВП выгодно отличается от других методов целым рядом достоинств: возможностью обеспечить передачу веществу энергии большой плотности и с необходимой дозировкой; энергия, подводимая в импульсном режиме, используется с большим КПД; обеспечиваются высокие скорости изменения термодинамических параметров системы и возможности тонкого влияния на структуру вещества и формирования структуры отдельных частиц. Этот метод разработан в НИИ высоких напряжений при ТПУ (сегодня это Институт физики высоких технологий Национального исследовательского Томского политехнического университета) [8]. Этим методом получают не только порошки чистых металлов, но и порошки различных соединений на основе металлов (карбиды, оксиды, нитриды, сульфиды и др.). Частицы имеют сферическую форму, распределение частиц по размерам подчиняется нормально-логарифмическому закону, средний размер частиц лежит в диапазоне 100 – 500 нм. Частицы представляют собой поликристаллы, величина структурных фрагментов находится в области 20–30 нм. Значительная часть материала находится в рентген-аморфном состоянии.

Известно, что одно из наиболее перспективных направлений применения этих порошков – модификация свойств различных материалов [9].

Опираясь на имеющиеся результаты, в данной работе мы исследовали вопрос управления структурообразованием сварных соединений при помощи наноструктурированных порошков, полученных методом ЭВП, на микроструктуру сварного шва.

В исследованиях использовали нанопорошок молибдена, изготовленный в Институте физики высоких технологий Национально исследовательского Томского политехнического университета. Вве-