

- sources with different dynamic characteristics (2017) *Welding International*, 31 (10), pp. 784-790. <http://www.tandf.co.uk/journals/titles/09507116.asp> doi: 10.1080/09507116.2017.1343977.
10. Il'yaschenko, D.P., Chinakhov, D.A., Makarov, S.V., Danilov, V.I., Galinsky, A.A., Verkhoturova, E.V. Effect of ultra-disperse powder in electrode coating on properties of welds in MMA welding» (*Engineering Solid Mechanics* 8(1), 2020 с. 41-48.
  11. D.P. Il'yaschenko, D.A. Chinakhov, E.V. Verkhoturova, R.A. Mamadaliev Effect of Protective Coatings in Welded Constructions on Welding Stability and Electrode Metal Transfer into a Weld Pool in MMA Solid State Phenomena (2020) Vol. 303, pp 32-38.
  12. Vaz, C.T., Bracarense, A.Q. The effect of the use of PTFE as a covered-electrode binder on metal transfer (2015) *Soldagem e Inspecao*, 20 (2), pp. 160-170.
  13. Vaz, C.T., Bracarense, A.Q., Felizardo, I., Pereira Pessoa, E.C. Impermeable low hydrogen covered electrodes: Weld metal, slag, and fumes evaluation (2012) *Journal of Materials Research and Technology*, 1 (2), pp. 64-70.
  14. Il'yaschenko, D.P., Chinakhov, D.A., Kirichenko, K.Y., Sydorets, V.N. Mathematical formula to determine geometrical dimensions of electrode metal droplets transferred with short circuits (2018) *Materials Science Forum* 938, с. 1-6.
  15. Moarrefzadeh, A. Modeling and simulation of heat affected zone (HAZ) in MIG/MAG welding (2011) *International Review on Modeling and Simulations*, 4 (3), pp. 1389-1395. <http://www.praiseworthyprize.com/iremos.htm>.
  16. Ivanov, V.P., Lavrova, E.V. (2016) Controlling penetration zone formation in arc surfacing. *The Paton Welding J.*, 8, 2-6. DOI: 10.15407/tpwj2016.08.01.
  17. Ivanov, V.P., Razmushlyaev, A.D., Lavrova, E.V. (2016) Penetration zone control in GMAW. *Visnyk PryazovDTU*, 32, 118-125.

#### ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ШТОКА ГИДРОЦИЛИНДРА

*А.В. Крюков<sup>а</sup> к.т.н., А.М. Кужельникова, студент гр. 10А12*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail: <sup>а</sup>krukov@tpi.ru*

**Аннотация.** Своевременный и качественный ремонт карьерного оборудования является важным составляющим эффективным функционирования. Качество получаемых сварных соединений должно обеспечивать надёжную работу машин.

**Ключевые слова:** Технологический процесс сварки, математическое моделирование, САЕ.

**Abstract.** Timely and high-quality repair of quarry equipment is an important component of effective functioning. The quality of the resulting welded joints should ensure reliable operation of the machines.

**Keyword:** Welding process, mathematical modeling, SAE.

Целью работы является моделирование технологического процесса сварки. Результатом исследования является имитационная модель процесса сварки изделия.

Сварка средне и высокоуглеродистых сталей связана с возможностью появления областей с повышенной твёрдостью [1]. Это связано в том числе с возникновением закалочных структур. В итоге при нагрузке деталь с большой вероятностью может выйти из строя в результате поломки.

Методы математического и симуляционного моделирования позволяют произвести анализ вариантов технологического процесса с применением различных технологических решений (режимов различных видов термообработки и т.д.).

Качественная и количественная оценка может базироваться на САЕ-анализе, на рисунке показана расчётная модель изделия.

В работе производилось исследование технологии выполнения сварного соединения штока из марки 42CrMo4 с ухом из стали 40Л.

Используется щелевая разделка со скосом кромки 15-20 градусов.

Для выполнения соединения по базовой технологии применяется два способа сварки. Корень шва и заполнение до середины разделки выполняется сваркой в защитном газе проволокой Aristoroad диаметром 1,2, остальная часть выполняется сваркой под флюсом.

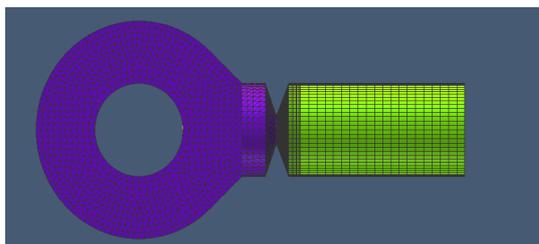
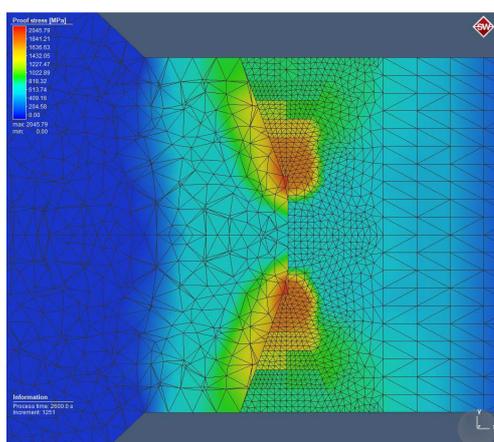


Рис. 1. Расчётная модель изделия

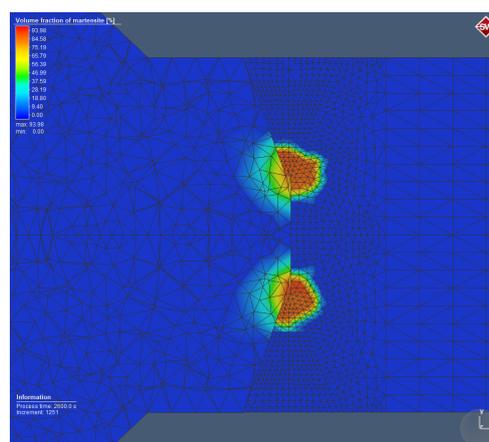
Расчёты выполнялись в программе Simufact Welding. Это специализированная программа предназначенная для оптимизации процессов сварки и наплавки.

Сварка является нестационарным процессом так как все свойства материала являются функциями температуры. Для проведения расчётов были сформированы модели материалов из которых выполнены детали. Для построения моделей материалов использовалась программа JMatPro.

Как видно из рисунка 2 после сварки образуется поле напряжений высокого уровня



а



б

Рис. 2. Результаты моделирования (базовая технология)  
а – остаточные напряжения, б – объёмная доля мартенсита

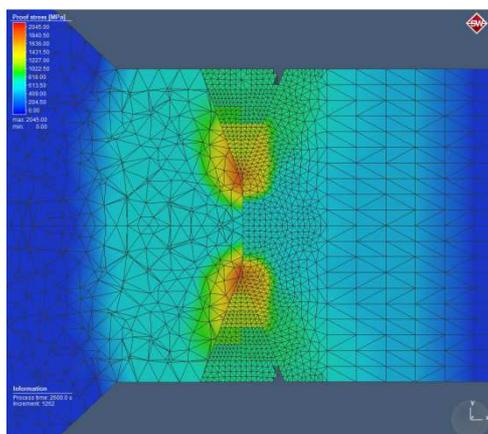
На слайде показано объёмное содержание мартенсита.

Для повышения качества технологического процесса были предложены следующие технологические решения

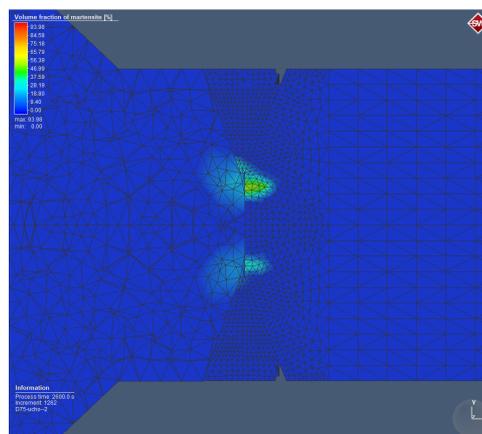
Работа велась в два этапа.

1. Проведение предварительного подогрева 150-250 С

Это позволяет существенно снизить уровень остаточных напряжений и объёмного содержания мартенсита



а



б

Рис. 3. Результаты моделирования (при наличии предварительного подогрева)  
а – остаточные напряжения, б – объёмная доля мартенсита

2. Был рассмотрен вариант использования отпуска сварного соединения (этот вариант не рассматривался в полной мере т.к. на предприятии нет возможности проведения операции). Однако, как видно из рисунка

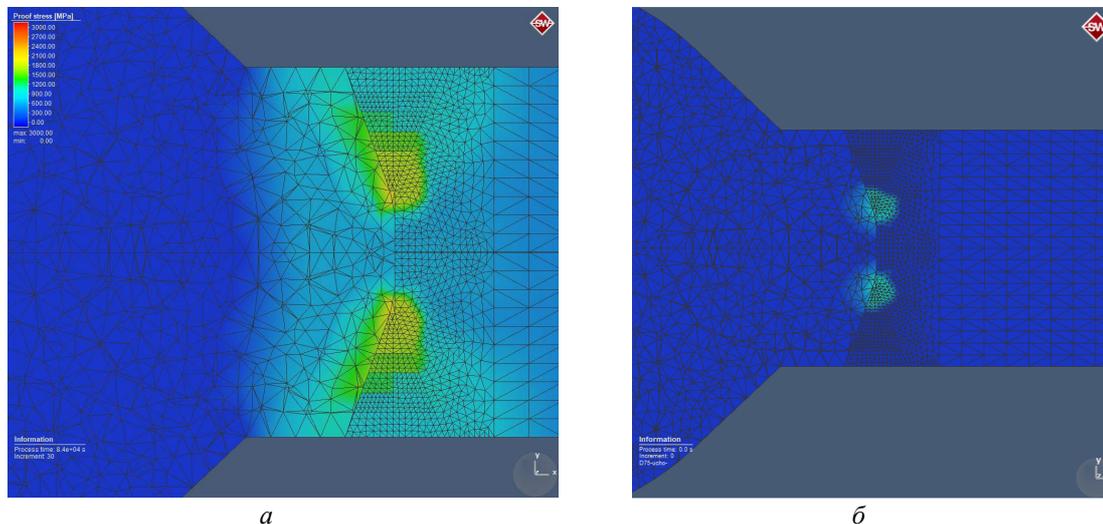


Рис. 4. Результаты моделирования (при наличии предварительного подогрева и последующей термообработки)  
 а – Остаточные напряжения, б – объёмная доля мартенсита

**Заключение**

Разработана симуляционная модель процесса сварки штока гидроцилиндра с ухом, позволяющая производить оценку влияния элементов технологии и их режимов на качество получаемого изделия.

По результатам моделирования были сформированы рекомендации по оптимизации технологического процесса.

**Список используемых источников:**

1. Лившиц Л.С., Хакимов А.Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989.-336с.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ  
 СОЕДИНЕНИЙ ПРИ MIG-MAG СВАРКЕ**

С.А. Солодский<sup>а</sup>, к.т.н., доц., Т.С. Сайлаухан студент гр. 10А12

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета.

Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26.

E-mail: solodskiy@tpu.ru

**Аннотация.** Предложен новая технология реализации управления процессом MAG, MIG-сварки при питании сварочной дуги переменным током промышленной частоты с технологическим оборудованием, обеспечивающим импульсную подачу сварочной проволоки в зону горения дуги. Процесс обеспечивает снижение теплового воздействия на зону термического влияния, стабилизирует время образования капли электродного металла за счет снижения внешнего магнитного воздействия на сварочную дугу. По результатам исследований сформулированы основные критерии управления переносом электродного металла при ее питании от источников переменного тока.

**Ключевые слова:** прочность соединения, MIG-MAG.

**Abstract.** A new technology is proposed for the implementation of MAG, MIG-welding process control when the welding arc is powered by an alternating current of industrial frequency with technological equipment that provides pulsed supply of welding wire to the arc gorenje. The process reduces the thermal effect on the zone of thermal influence, stabilizes the time of formation of a drop of electrode metal by reducing