

При проведении данного исследования были установлены следующие её свойства. Твердость по Мартенсу составила 10 ГПа, модуль упругости 415 ГПа. При этом по данным авторов [2] сталь Р9Ф5 сохраняет свою твердость на заданном уровне до температуры 580 °С, после превышения, которой твердость стали начинает незначительно снижаться.

В свою очередь параметр теплостойкости исследуемой керамики, в частности для одного из компонентов ZrC, в два раза превышает данное значение для стали 1100 °С [3]. При этом рассматриваемые керамики имеют более высокую твердость, практически в два раза превышающие твердость инструментальной стали, и соответственно более высокую износостойкость. При этом кривые нагружения имеют близкий угол наклона в фазе снятия нагрузки с индентора, что свидетельствует о достаточных прочностных характеристиках исследуемой тройной керамики в качестве исследуемого материала.

Среди исследуемых керамик тройная керамика состава 33 % ZrC – 33 % ZrN – 33 % ZrC – 33 % ZrO<sub>2</sub> имеет наибольшую твердость и износостойкость, что обеспечивает её наибольшую пригодность для производства режущего инструмента.

Список используемых источников:

1. Harrison R.W. Processing and properties of ZrC, ZrN and ZrCN ceramics: a review / R.W. Harrison, W.E. Lee // *Advances in Applied Ceramics*. – 2016. – V. 115. – №. 5. – P. 294–307.
2. Чернышев А.Ю. Инструментальные стали, применяемые для изготовления резьбообразующего инструмента / А.Ю. Чернышев, А.Ю. Тюльдюков // *Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности*. – 2018. – С. 167–168.
3. Йошицугу Д. Повышение стойкости цирконографитовых материалов с помощью нанотехнологий / Д. Йошицугу // *Огнеупоры и техническая керамика*. – 2008. – №. 10. – С. 55–59.

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛИ 45Л И 42CrMo4

*С.В. Иванов, студент гр.10А11,*

*научный руководитель: Крюков А.В.<sup>а</sup>, к.т.н.,*

*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:** В настоящее время, когда с российского рынка уходят заграничные компании своевременный и качественный ремонт оборудования является важным вопросом эффективного функционирования предприятий. Качество получаемых сварных соединений должно обеспечивать надёжную работу машин.

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

**Annotation:** At present, when foreign companies leave the Russian market, timely and high-quality repair of equipment is an important issue for the effective functioning of enterprises. The quality of the resulting welded joints must ensure the reliable operation of machines.

**Keywords:** Technological process of welding, mathematical modeling, StrAU.

Целью работы является имитационное моделирование технологии сварки. Результатом исследования является математическая модель процесса сварки изделия с возможностью прогнозирования уровня остаточных напряжений и наличия мартенсита при заданных параметрах технологии.

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.

Современный уровень компьютерных технологий предоставляет огромное количество средств и методов математического и симуляционного моделирования. Что позволяет произвести сравнительный анализ вариантов технологического процесса с применением различных технологических решений (режимов, различных видов термообработки и т. д.), без необходимости проведения множества дорогостоящих экспериментов.

В инженерной практике для проведения подобных изысканий наиболее широко используется САЕ-анализ основанный на методе конечных элементов, на рисунке 1 показана расчётная модель изделия.

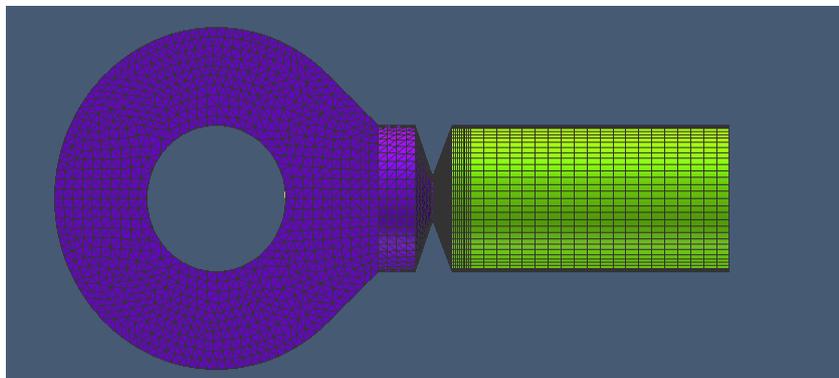


Рис. 1. Расчётная модель изделия

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.

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

Сварка является нестационарным процессом так как все физико-химические свойства материала являются функциями температуры. Для построения моделей материалов использовалась программа JMatPro.

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

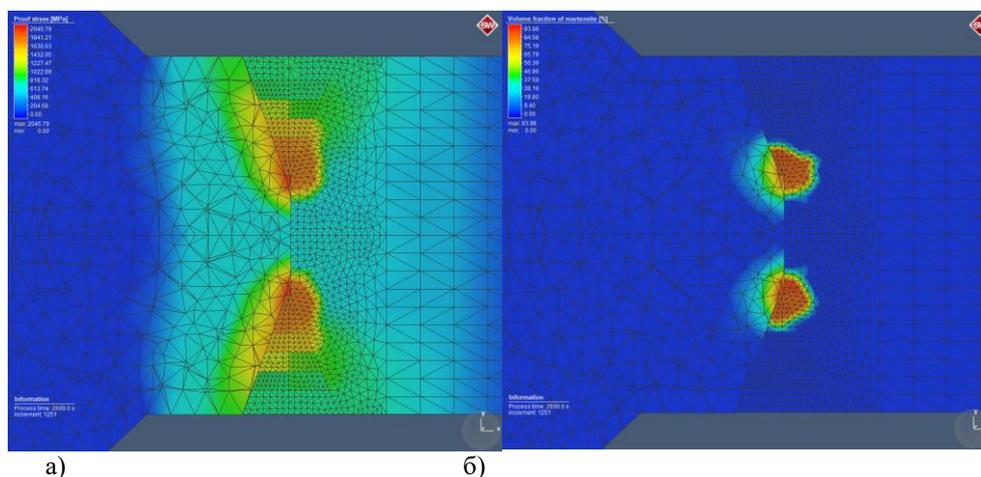


Рис. 2. Результаты моделирования (базовая технология):  
а) остаточные напряжения, б) объёмная доля мартенсита

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

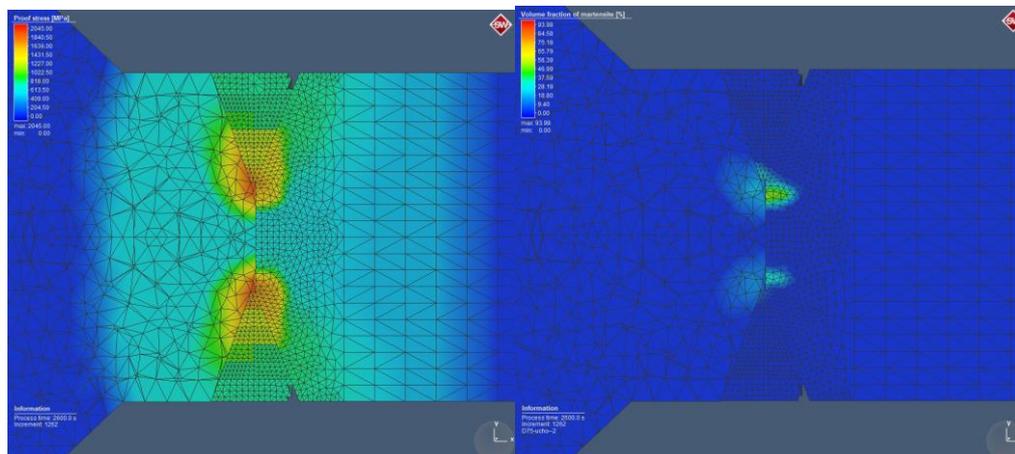


Рис. 3. Результаты моделирования (при наличии предварительного подогрева):  
а) остаточные напряжения, б) объёмная доля мартенсита

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, применение данного технологического решения позволяет уменьшить уровень остаточных напряжений.

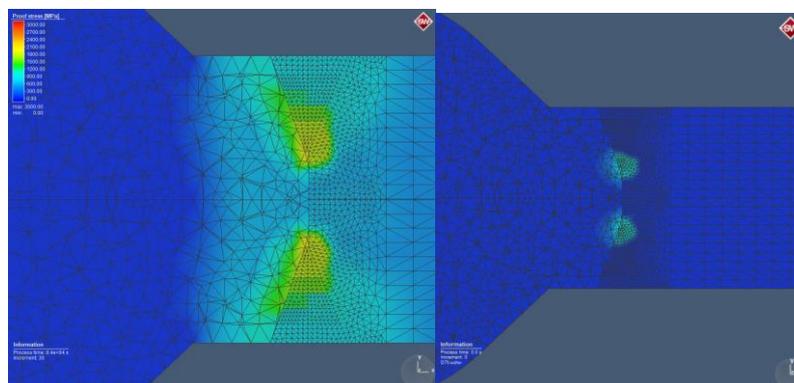


Рис. 4. Результаты моделирования  
(при наличии предварительного подогрева и последующей термообработки):  
а) остаточные напряжения, б) объёмная доля мартенсита

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 совершенствованию технологического процесса сварки изделия и повышению его качества.

Список используемых источников

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