

УДК 621.791, 66.040.22, 001.891.573

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАДИИ ТЕРМООБРАБОТКИ ПОСЛЕ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ В ПАКЕТЕ ANSYS/MECHANICAL

© Муругова О.В.

e-mail: murugova.oxana@mail.ru

Уфимский государственный авиационный  
технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация

Один из этапов технологического процесса на производстве – это термообработка после сварки, используемая для уменьшения сварочных напряжений. В этой связи освоение методов численного моделирования термообработки – важный этап комплексного моделирования сварочного процесса.

В данной работе представлены результаты численного моделирования термообработки узла авиационного двигателя после аргонодуговой сварки.

Моделирование остаточных сварочных напряжений проводилось в инженерном пакете Ansys/Mechanical в два этапа [1]: 1) проведение термического анализа для получения распределения тепловых полей и 2) проведение деформационного анализа на основе результатов термического анализа.

Схема введения источников нагрева для имитации зоны проплавления при аргонодуговой сварке и 3D-модель представлены на рисунке 1 (а).

Для уменьшения машинного времени расчета размер конечного элемента был неравномерным: в зоне сварного шва 0,8 мм и постепенно увеличивался по направлению от сварного шва. На рис. (б) показана конечно-элементная сетка в области сварного шва и зона термического влияния (ЗТВ) с лицевой стороны. Темно-серым цветом обозначен сплав ЭП718, светло-серым – ВЖ101.

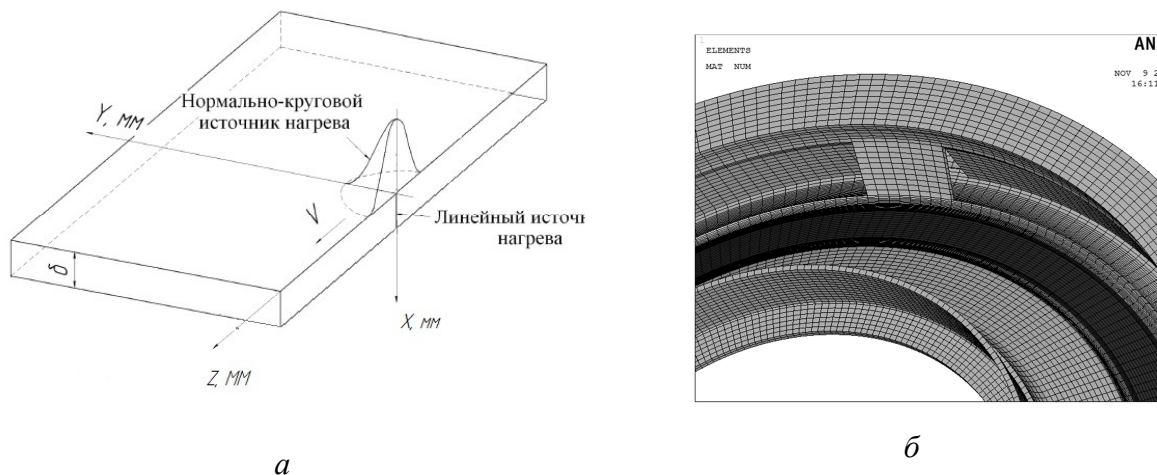


Рис. Схема источников нагрева при имитации зоны проплавления при дуговой сварке (а) и геометрия 3-D модели узла авиационного двигателя (б)

При моделировании снятия остаточных сварочных напряжений после термообработки в качестве первоначальное стадии необходимо получить поле остаточных напряжений после сварки и задать его как преднапряженное состояние. Режим сварки:  $I_{св}=54A$ ,  $U=15B$ ,  $V_{св}=12$  м/ч. Моделирование проводилось в следующей порядке: имитация сварки, последующее охлаждение в оснастке (30 сек) и высвобождение изделия из сварочной оснастки.

В точках ЗТВ были определены остаточные сварочные напряжения с обратной стороны сварного шва (таблица 1).

Таблица 1. Эквивалентные напряжения по Мизесу в исследуемых точках ЗТВ в области литого выступа с обратной стороны сварного шва

Исследуемые точки в ЗТВ на расстоянии от оси шва, мм	Эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа
Точка 1 (1,6 мм от оси шва)	658МПа
Точка 2 (2,4 мм от оси шва)	633МПа
Точка 3 (3,2 мм от оси шва)	604МПа
Точка 4 (4,0 мм от оси шва)	584МПа

В соответствии с литературными данными [2], при моделировании стадии термообработки после аргонодуговой сварки приняли температуру нагрева ТО 1150°С. Ориентируясь на высокопроизводительную ТО скорость нагрева в печи приняли 0,2 °С/сек, а скорость охлаждения – 0,25°С/сек. Для имитации ТО была задана нагрузка в виде функции от температуры по поверхности узла авиационного двигателя. Таким образом, время нагрева в рассмотренной тепловой задаче составило – 2400 сек, а время охлаждения – 4800 сек. Начальная температура составляла 20°С.

После прохождения термообработки в ЗТВ сварного шва остаточные сварочные напряжения снизились больше, чем на порядок. Результаты расчетов остаточных сварочных напряжений и остаточных напряжений после последующей ТО представлены в таблице 2.

Таблица 2. Эквивалентные напряжения по Мизесу в исследуемых точках ЗТВ в области литого выступа с обратной стороны сварного шва до и после термообработки

Исследуемые точки в ЗТВ на расстоянии от оси шва, мм	Эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа	Эквивалентные напряжения по Мизесу после ТО, МПа
Точка 1 (1,6 мм от оси шва)	658МПа	30МПа
Точка 2 (2,4 мм от оси шва)	633МПа	39МПа
Точка 3 (3,2 мм от оси шва)	604МПа	46МПа
Точка 4 (4,0 мм от оси шва)	584МПа	48МПа

Таким образом, численное моделирование термообработки напряженно-деформированного состояния узла авиационного двигателя при нагреве со скоростью 0,5 °С/сек до 1150°С и охлаждении со скоростью 0,2 °С/сек показал уменьшение величины остаточных сварочных напряжений не менее чем в 14 раз до величины 30-48 МПа области ЗТВ, рассчитанного для аргонодуговой сварки.

### Библиографический список

1. Атрощенко, В. В. Моделирование тепловых процессов при дуговой сварке высокопрочной трубной стали с учетом структурно-фазовых превращений [Текст] / В. В. Атрощенко, Р. В. Никифоров, О. В. Муругова // Сварка и диагностика. – 2018. – №2. – С. 51–54.
2. Киреев, Р. Ю. Причины образования дефектов сварных соединений при сварке и термообработке никелевых сплавов типа ВЖЛ-14 [Текст] / Р. Ю. Киреев, В. П. Чумарный // Вестник воронежского государственного технического университета. – 2013. – том 9 №2. – С.72-74.