

Баринов С.В., Якунькин Н.М.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: adeon94@rambler.ru*

### **Конечно-элементное моделирование сварного соединения, упрочненного пластическим деформированием**

В современном машиностроении крайне широко используются сварные соединения. Сварное соединение – неразъемная стыковка двух и более изделий, выполненное сваркой. Сварные соединения широко применяются в машиностроении и строительстве: от кузовов автомобилей до соединения газовых трубопроводов. Неотъемлемой частью сварного соединения является шов. Сварной шов – место соединения деталей, образовавшееся в процессе кристаллизации расплавленного материала. Сварное соединение обладает рядом неоспоримых достоинств, которыми являются: экономия материала, возможность соединения изделий сложной формы и конфигурации, герметичность и надежность в процессе эксплуатации. Стоит также отметить недостатки: наличие остаточных напряжений и внутренних (внешних) дефектов сварного шва, таких как раковины, трещины и др.

Остаточные напряжения в сварном шве в современном машиностроении устраняют с помощью множества эффективных способов, среди которых можно выделить термическую обработку и поверхностное пластическое деформирование (ППД). Особого внимания заслуживает ППД, как один из прогрессивных методов упрочнения сварных швов. ППД-обработка давлением, при которой деформируется только поверхностный слой металла и значительно увеличивается микротвердость; происходит поверхностное упрочнение – повышается сопротивляемость металла разрушению и остаточным деформациям.<sup>[1]</sup> Для решения поставленной задачи по снижению остаточных напряжений в сварном шве будут использованы принципы волнового деформационного упрочнения.<sup>[2]</sup>

Исходя из того, что остаточные напряжения являются большой проблемой в сварном шве, а их устранение на практике является затратным и энергоемким процессом, в который входит весь спектр производственных работ: от платы квалифицированному сварщику до больших затрат на специализированное для данного процесса оборудование, было принято решение смоделировать полное сварное соединение и провести эксперимент над ним, чтобы затем помочь предприятию в решении подобных проблем, связанных с упрочнением сварных швов. Данная задача является крайне актуальной, потому что испытывать сварной шов на производстве не выгодно для предприятия в финансовой отрасли. Современное компьютерное моделирование с помощью программ инженерного анализа предоставляет пользователю весь спектр различных исследований в интересующей его области машиностроения. Таким образом, для решения поставленной задачи была выбрана программа инженерного анализа ANSYS, которая позволяет построить соединение и провести все нужные эксперименты и исследования, с последующим анализом полученных результатов. Принцип работы данного программного обеспечения – моделирование на основе конечных элементов. Данный метод основан на решении дифференциальных уравнений с частными производными численным методом.

Для решения задачи потребовалось построить упругие твердотельные модели плиты, состоящей из двух половин, материалом выбран АМг-2. Также построены модель стола, на котором будет закреплена плита и твердотельный ролик из стали ШХ-15 для пластического деформирования сварного шва (рис. 1).

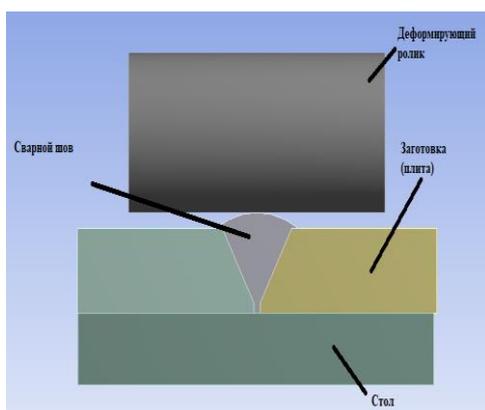


Рис. 1- Упругая твердотельная модель ролика и сварного соединения

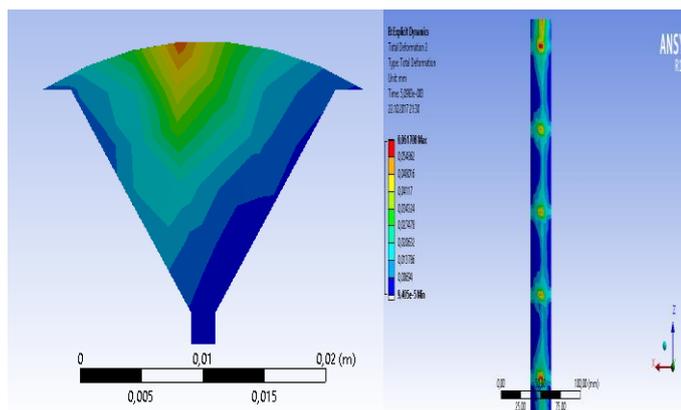


Рис.2. Распределение деформаций в сварном шве

Задачей моделирования является повышение прочности сварного шва волновым деформационным упрочнением с помощью твердотельного ролика. Процесс упрочнения имеет вид: ролик движется в вертикальной плоскости, имея возвратно-поступательное движение с приложенной к ролику силой. Сварное соединение жестко закреплено на столе, которому задана малая подача. После удара ролик поднимается на небольшое расстояние и в этот же момент времени стол передвигается на заданное расстояние и ролик снова производит удар. Данный процесс ударной нагрузки производится по всей длине сварного шва. Затем программа анализирует полученные данные в отдельном программном модуле. [3]

Использование принципов волнового деформационного упрочнения приводит к кардинальному снижению остаточных напряжений в сварном шве. Результатом моделирования является важные рекомендации для предприятий, которые занимаются изготовлением сварных соединений и в частности снижения в них остаточных напряжений. На рис.2 показано распределение деформаций при волновом деформационном упрочнении; снизу имеется линейка, которая позволяет реально оценить размеры распространения деформаций и сравнить их с результатами, полученными парктическим путём. Также с помощью программы были получены численные результаты по наличию остаточных напряжений. До обработки они составляли 168 МПа. После проведенной работы растягивающие остаточные напряжения составили 89 МПа, что говорит о снижении их в 1,887 раза. Таким образом, созданная конечно-элементная твердотельная модель может считаться перспективной для решения прикладных задач, связанных со снижением остаточных напряжений в сварных швах.

### Литература

1. ГОСТ 18296-72 Обработка поверхностным пластическим деформированием. Термины и определения.
2. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. Библиотека технолога. М.: Машиностроение, 2004. 288 с.
3. Стивен Хэйл. Десять основных шагов расчета динамических задач в явной постановке 1 и 2 части: [Электронный ресурс]. 2016. URL: <http://www.ansys.soften.com.ua/blog/216-desyat-osnovnykh-shagov-rascheta-dinamicheskikh-zadach-v-yavnoj-postanovke-chast-pervaya.html>. (Дата обращения 10.10.2017).