

2. Shlyushenkov A.P., Tatarintsev V.A. Fatigue damage accumulation in the steel 45 on loading involving few-cycle overloading // *Strength of Materials*. 1994. V. 26. № 5. С. 337–341.
3. Шлюшенко А.П., Татаринцев В.А. О выборе материала с учетом эксплуатационного режима нагруженности детали // *Вестник машиностроения*. 1977. № 8. С. 47–49.
4. Татаринцев В.А. Прогнозирование прочностной надежности элементов подвижного состава с учетом их диагностики и ремонтного цикла // *Транспорт: наука, техника, управление*. Научный информационный сборник 2018. № 9. С. 35–40.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОМ ПОСЛОЙНОМ ВЫРАЩИВАНИИ

*Е.О. Ким, студент группы 10А72,*

*научный руководитель: Крюков А.В., к.т.н., Кузнецов М.А., к.т.н.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

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

**Аннотация:** Современная промышленность все больше интереса проявляет к аддитивным технологиям во всех сферах производства, поскольку внедрение данных технологий способствует довольно быстрому и экономичному производству металлических изделий сложной формы. В статье представлена численная модель термодинамических процессов в подложке и в металлическом изделии при электродуговом послойном выращивании.

**Ключевые слова:** моделирование, термодинамические процессы, электродуговое выращивание.

На сегодняшний день аддитивное производство на основе технологий электродугового послойного выращивания стало широко распространенным, поскольку это недорогой процесс производства металлических изделий с высокой скоростью производства и высокой эффективностью использования материалов [1]. Однако использование технологий сварки для электродугового послойного выращивания имеет свои недостатки [2, 3]. В металле происходят различные процессы, такие как термическое расширение и усадка металла, кристаллизация, изменения кристаллической решетки, напряжения и деформации. Все эти процессы, взятые вместе, имеют решающее значение для качества выпускаемой продукции.

Математическое моделирование позволяет получить четкую картину термодинамических процессов, происходящих в подложке и продукте выращивания.

Анализ распространения теплоты и возникновения напряжений и деформаций в металлическом изделии при электродуговом послойном выращивании с заданными параметрами осуществляли в трехмерной постановке задачи (1).

Для расчетов использовали следующие характеристики материала: средний коэффициент расширения, плотность, теплопроводность, вязкость, коэффициент Пуансона, предел текучести. Для анализа распространения теплоты использовалось следующее основное дифференциальное уравнение теплопроводности. Выделенную теплоту от движущейся источника теплоты (сварочная дуга) рассматривали как объемный источник теплоты с двойным эллиптическим распределением.

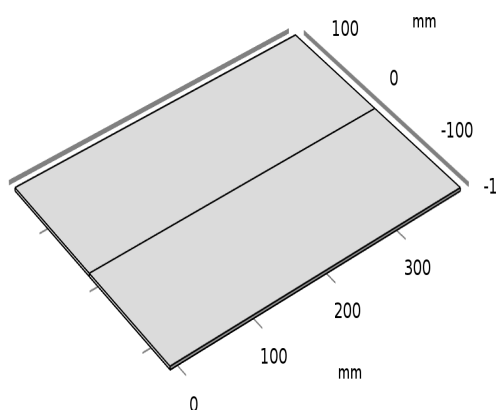


Рис. 1. Расчетная модель рассматриваемой задачи

но температурное поле и напряжение при электродуговом послойном выращивании слоя на пластине подложке (рисунок 2).

Расчет тепловых полей и термодиформационных процессов проводился в следующем порядке: после обхода источником теплоты траектории наплавки первого слоя происходит формирование объема самого наплавленного слоя, после чего расчет переходит к следующему этапу. После паузы равной времени перемещения инструмента в исходную точку проводится процесс наплавки второго слоя, и так далее. Температура наплавленного слоя в каждой точке с координатами, принималась равной температуре соответствующей нормальной точке поверхности наплавки с координатами.

В результате моделирования получе-

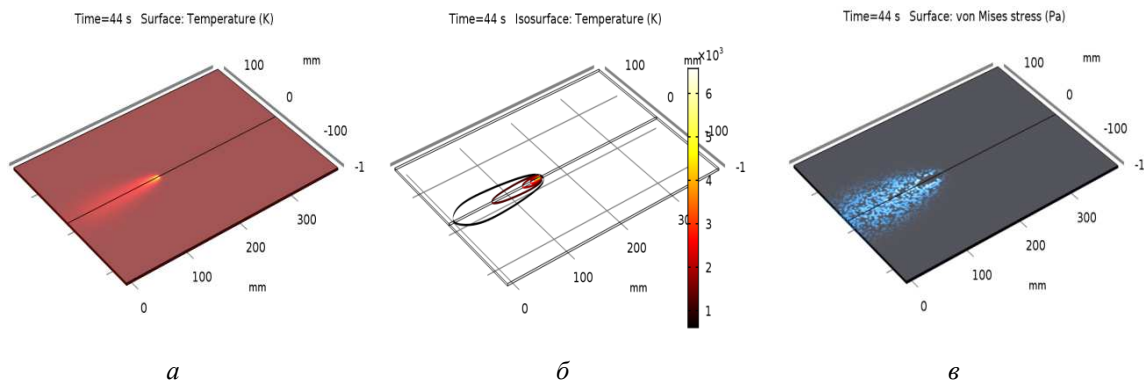


Рис. 2. Схема распределения температуры и напряжения на поверхности:  
а), б) – температура; в) – напряжение

В результате моделирования получены результаты напряжения от деформаций. Диаграмма напряжения от деформаций представлена на рисунке 3.

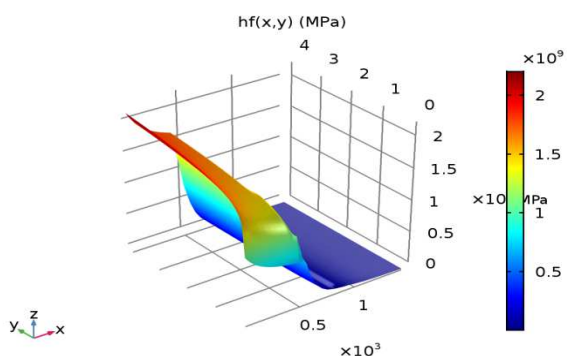


Рис. 3. Диаграмма напряжения

В связи с этим возникает необходимость в оптимизации параметров наплавки на всех этапах процесса, для эффективного управления формообразованием получаемого изделия.

Полученные результаты хорошо коррелируют с экспериментальными данными, что позволит в дальнейшем использовать предложенную модель для исследований других процессов, зависящих от термического цикла, протекающих в изделии и пластине основе, таких как напряженно-

Верификация модели проводилась на основе эксперимента, в ходе которого определялась температура и напряжение в нескольких точках модели.

Данные полученные в процессе моделирования показали хорошую сходимость с экспериментальными данными. Погрешность результатов не превышает 5%.

Исходя из полученных данных видно, что с течением времени, в связи с теплонасыщением пластины, происходит искажение температурного поля и формы проплавления основного металла, что повлечет за собой искажение геометрии полу-

деформированное состояние, структурно-фазовое состояние металла, формирование механических свойств металла, формообразование поверхности изделия.

Выводы.

Предложена числовая модель тепловых и термомеханических процессов, протекающих при электродуговом послойном выращивании металлических изделий посредством наплавки металлических слоев. Модель с высокой степенью достоверности описывает термические и термомеханические процессы протекающие в изделии и подложке.

Список используемых источников:

1. Коржик В.Н. Трехмерная печать металлических объемных изделий сложной формы на основе сварочных плазменно-дуговых технологий/ В.Н. Коржик, В.Ю. Хаскин, В.И. Ткачук, С.И. Пелешенко, В.В. Коротенко, А.А. Бабич // Автоматическая сварка.- 2016. - № 5-6. - С. 127-134.
2. Ding D.H. Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests / D.H. Ding, Z.X. Pan, D. Cuiuri, H.J. Li, // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. - Oct. 2015. - P.465-481.
3. Taminger K.M. Electron beam freeform fabrication for cost effective near-net shape manufacturing / K.M. Taminger, Hafley R.A. // 139 specialists meeting on cost effective manufacture via net shape processing. Amsterdam (The Netherlands): NATO. - 2006. - P.16.1- 16.10.

### НАГРУЗКИ В ПОДШИПНИКАХ БУКСОВЫХ УЗЛОВ

*М.С. Черемискина, аспирант,  
научный руководитель Пашков Е.Н., доцент, к.т.н.  
Томский политехнический университет  
E-mail:cms1@tpu.ru*

**Аннотация:** В статье рассматриваются виды нагрузок, которые испытывают подшипники в буксах железнодорожных вагонов. Приведены примеры применения шарикового подшипника в качестве осевого упора для снижения рамной нагрузки.

**Ключевые слова:** подшипник, букса, осевой упор, осевая нагрузка, радиальная нагрузка.

Подшипниковый узел является элементом, определяющим работоспособность подвижного состава. Самыми нагруженными подшипниками в железнодорожных составах являются буксовые. Данные подшипники обладают сравнительно не большой долговечностью и низкой надежностью. На долговечность подшипников отказывают влияние масса тележки, условия пути (жесткость пути) и скорость движения.

Буксой называется узел ходовой части вагона и локомотива. Букса воспринимает и передает силу тяжести и динамическую нагрузку, которая возникает при движении. Букса (рисунок 1) является резервуаром для размещения подшипников и смазки, предохраняет шейки оси от загрязнения и повреждения. Букса ограничивает перемещение колесных пар в продольное и поперечное направление относительно рамы.



Рис. 1. Буксовый узел

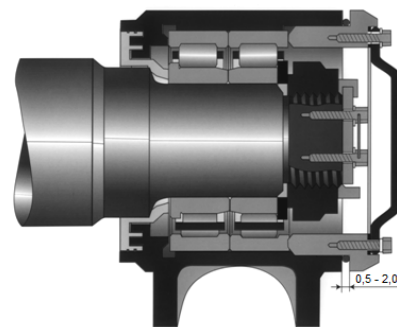


Рис. 2. Букса с цилиндрическими подшипниками