

Рисунок 2 – Изменение напряжений σ_x , σ_y в ортотропном волокнистом покрытии $a/h = 2$ в зависимости от отношений модулей упругости $\gamma = E_x / E_y$

Для расчета параметров контакта при взаимодействии зубьев зубчатых колес (зона контакта, толщина износа) создана компьютерная программа, позволяющая осуществлять расчет в виде графических зависимостей и таблиц. Также разработана компьютерная программа, которую можно применять для определения напряженного состояния покрытия из композита, скрепленного с упругим основанием, в инженерных расчетах зубьев зубчатых колес.

Список литературы

- 1 Matkovič, S. Wear-Coefficient Analyses for Polymer-Gear Life-Time Predictions: A Critical Appraisal of Methodologies / S. Matkovič, A. Pogačnik, M. Kalin // Wear. – 2021. – P. 480–481.
- 2 Можаровский, В. В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В.Е. Старжинский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 280 с.
- 3 Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с.
- 4 Можаровский, В. В. Асимптотические зависимости расчета параметров контакта и износа зубьев зубчатых колес с покрытием из композита при контактом взаимодействии / В. В. Можаровский, Д. С. Кузьменков, С. В. Киргинцева // Проблемы физики, математики и техники. – 2025. – № 1 (62). – С. 37–42.

УДК 539.4.014.13

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАГОТОВОК

А. К. МОЗАЛЕВСКАЯ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Безопасность эксплуатации подвижного состава при реализации перевозочных процессов при интенсивном использовании является одним из приоритетных направлений научных изысканий [1–3]. В частности, необходимо отметить важность обеспечения качества элементов кузова грузовых вагонов, что напрямую влияет на надежность таких технических средств [4–6].

В предлагаемом докладе рассматривается применение метода конечных элементов при определении остаточных напряжений.

Особенности проведения термической обработки, заключающиеся в различной скорости остывания частей заготовки из-за градиента температуры, обуславливают возникновение остаточных напряжений, распределение которой может в приближенном виде с учетом плоской системы координат оцениваться в виде параболической зависимости, как показано на рисунке 1, где представлен частный случай линейного распределения остаточных напряжений по длине заготовки.

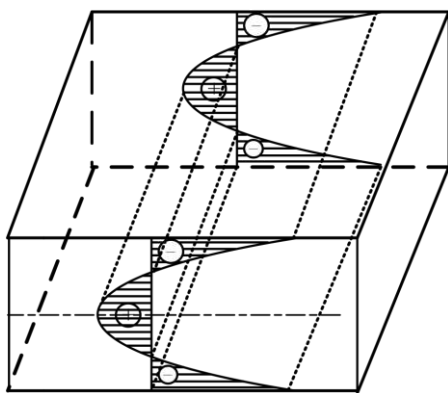


Рисунок 1 – Пространственное распределение остаточных напряжений

Представленная на рисунке 1 эпюра остаточных напряжений содержит области сжимающих и растягивающих напряжений, находящихся в равновесном состоянии. Снижение уровня остаточных напряжений в заготовке достигается путем снятия ее верхнего слоя. Этому сопутствует перераспределение остаточных напряжений, что сопровождается появлением остаточных деформаций и изменением геометрии рассматриваемой заготовки. Для реализации процедуры снятия слоя материала необходимо идентифицировать местонахождение остаточных напряжений. Расположение остаточных напряжений в теле плиты из алюминиевых сплавов можно определить при помощи методов неразрушающего контроля, в том числе с применением рентгеновского метода [6] с известными габаритами.

Проведение численного эксперимента с использованием метода конечных элементов связано с построением приближенной модели исследуемой заготовки, ее закреплением и приложением внутренних сил в соответствующих областях заготовки, которые с достаточной точностью сформируют общую картину распределения остаточных напряжений в исследуемом образце. При снятии припуска с заготовок происходит перераспределение остаточных напряжений до установившегося равновесного состояния оставшихся в них остаточных напряжений. Подбор оптимального сочетания толщины припуска и граней снятия позволяет получить равновесное состояние с достаточной точностью и уменьшить трудоемкость реализации такой технологии. Срез материала с одной из поверхностей изменяет геометрические параметры заготовки, что указывает на перераспределение остаточных напряжений. Показаны различные варианты сочетания величин припусков на разных гранях заготовки (рисунок 2).

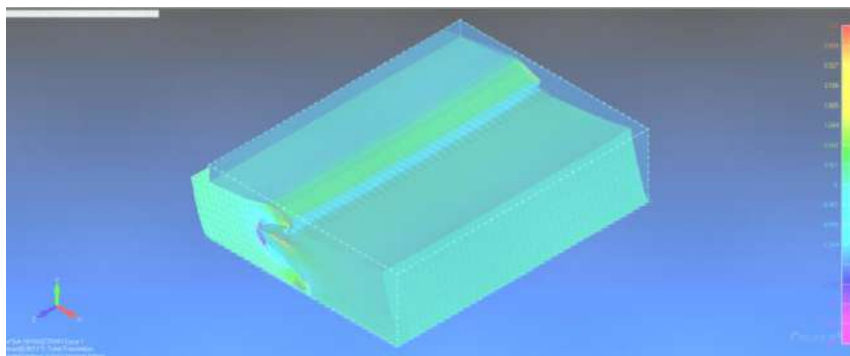


Рисунок 2 – Модель плиты из алюминиевых сплавов после снятия припуска с верхней и нижней граней по 5 мм

Использование специализированного пакета прикладных программ показывает близкую сходимость с теоретическими положениями. Результат конечно-элементного анализа детали после снятия припуска отображает перераспределение зон нагружения и снижение максимальных значений перемещения узлов заготовки.

Показано, что использование метода конечных элементов дает достаточно близкую картину распределения остаточных напряжений в соответствии с теоретическими положениями. Предлагаемый способ позволяет исследовать образцы похожей геометрической формы при различных численных значениях параметров.

Список литературы

1 Методология системного анализа в задачах оценки, формирования и управления динамическим состоянием технологических и транспортных машин / С. В. Елисеев, А. В. Елисеев, Р. С. Большаков, А. П. Хоменко. – Новосибирск : Наука, 2021. – 679 с. – EDN KGATIU.

2 Концепция обратной связи в динамике механических систем и динамическое гашение колебаний / С. В. Елисеев, А. Н. Трофимов, Р. С. Большаков, А. А. Савченко // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2012. – № 5. – С. 25. – DOI: 10.7463/0512.0378353. – EDN PGRQDH.

3 **Елисеев, С. В.** Особенности построения компактов упругих элементов в механических колебательных системах. Взаимодействия с элементами систем и формы соединения / С. В. Елисеев, С. В. Ковыршин, Р. С. Большаков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 4 (36). – С. 61–70. – EDN PJKJWT.

4 Возможности интеграции методов теории цепей и теории автоматического управления в задачах динамики машин / С. В. Елисеев, А. О. Московских, Р. С. Большаков, А. А. Савченко // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2012. – № 6. – С. 19. – DOI: 10.7463/0612.0378699. – EDN PGXZJL.

5 Патент № 2689901 С2 Российская Федерация, МПК F16F 15/02, F16F 7/10. Устройство управления вибрационным полем технологической машины : № 2017140746 : заявл. 22.11.2017 : опубл. 29.05.2019 / С. В. Елисеев, Р. С. Большаков, А. В. Елисеев [и др.] ; заявитель Иркутский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВО ИрГУПС). – EDN KTQODK.

6 **Каргапольцев, С. К.** Современные технологии диагностики остаточных напряжений / С. К. Каргапольцев, А. К. Мозалевская // Системы. Методы. Технологии. – 2024. – № 3 (63). – С. 15-25. – DOI 10.18324/2077-5415-2024-3-15-25. – EDN DQXVFO.