

УДК 621.7

## МЕТОД ТЕМПЕРАТУРНОЙ АНАЛОГИИ ДЛЯ РАСЧЁТА НАМОТКИ ГАЗОСТАТА

Комаров Михаил Алексеевич<sup>(1)</sup>

*Студент 6 курса<sup>(1)</sup>,  
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: А.В. Иванов,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Газостатическая обработка – технологический процесс, предложенный в середине 50-х годов XX века первоначально для повышения эффективности операций компактирования из порошковых материалов изделий сложной формы. При его использовании исходный порошок засыпается в эластичную оболочку, которая надежно герметизируется и нагревается до необходимой температуры. При этой температуре такая заготовка достаточно длительное время подвергается воздействию высокого всестороннего давления. Обычно это давление создается инертными или нейтральными газами (аргоном или азотом).

Комбинированное воздействие на заготовку высоких всесторонних давлений и температур позволяет эффективно устранять (залечивать) микро- и макродефекты, возникающие в монолитных заготовках при получении их традиционными методами (литьем, ковкой, штамповкой, прокаткой, сваркой). Можно залечивать также зародыши усталостных повреждений, возникающих в высоконагруженных деталях машин в процессе их эксплуатации, и тем самым существенно (в несколько раз) увеличивать их срок службы.

Несмотря на то, что на сегодняшний день технология газостатической обработки и оборудования достаточно в полной мере исследована, существуют некоторые моменты, которые не позволяют достичь максимальной эффективности. Существует ряд проблем, которые сдерживают развитие газостатической обработки.

Основная проблема заключается в том, что для увеличения производительности газостатического прессования требуются более высокие давления. Силовая рама, на которой замыкается нагрузка от рабочего давления, является самым ответственным элементом газостата.

Основным подходом для решения этой задачи является использование многослойной конструкции рамы, изготовленной из легкого каркаса, обмотанного с заданным натяжением высокопрочной лентой. При такой конструкции, обрыв в любом месте ленты не приведет к разрушению силовой рамы, т.к. лента удерживается соседними слоями за счет сил трения.

Зачастую расчёт производится при помощи формул Ляме и решения задачи А.В. Гадолина для напряжённо-деформированного состояния толстостенной трубы. В данный момент в сборнике американского общества инженеров-механиков «ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code 2025 Div. 3» приведены формулы расчёта напряжений в ленте.

Однако использование формул не даёт наглядной демонстрации того, что действительно происходит с лентой, так как кроме собственного натяжения на слой ленты действуют и все последующие слои. Выходом из этой ситуации становится использование метода конечных элементов.

При решении данным методом крайне важно знать граничные условия поставленной задачи, поэтому предложено использовать метод температурной аналогии в соответствии с уравнениями Дюамеля-Неймана. Полученные температуры используются для создания напряжённо-деформированного состояния.

Данный метод позволяет учесть влияние не только натяжения, но и трения, а также воздействия внешних слоёв намотки на внутренние.

Дополнительным преимуществом является наглядность полученных данных в виде полей напряжений и деформаций, а также возможность автоматизации в программах компьютерного проектирования.

### **Литература**

1. ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section VIII, Division 3. – ASME, New York, NY, USA, 2021. – P. 135–139.
2. Гурьева Л.И. Методика расчёта контейнеров, скреплённых высокопрочной лентой // Труды ВНИИМЕТМАШ. Сборник научных работ № 54. Под ред. Б.В. Розанова и А.К. Попова. – М: Изд. ВНИИМЕТМАШ, 1978. – С. 68–81.