

1. решение краевой задачи теплопроводности и вычисление температурных деформаций перемещений и напряжений в контурных и внутренних точках области на временных отрезках;

2. реализация сингулярных интегральных уравнений теории упругости, в первой части которых присутствует фиктивная поверхностная температурная нагрузка.

Литература. 1. Веремейчик А.И. Граничные интегральные уравнения двумерных нестационарных краевых задач несвязанной термоупругости. / Актуальные проблемы динамики и прочности в теоретической и прикладной механике. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – С. 99-102. 2. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. - М.: Наука, 1966. - 664 с.

УДК 621.7.043

В.Г. Короткевич, С.В. Жигилий

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ СФЕРООБРАЗНЫХ ОБОЛОЧЕК С РАВНОМЕРНОЙ ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ

*Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого
Гомель, Республика Беларусь*

Сферообразные оболочковые детали все шире применяются в авиационно-космическом производстве, в бортовых баках - вытеснителях, в многочисленных емкостях кислородного обеспечения и других отраслях машиностроения.

Применение сферообразных оболочек объясняется их высокими эксплуатационными и прочностными свойствами, наименьшей удельной массой, наивысшей способностью сохранять тепло, заключать в себе максимальный объем среды при наименьшей поверхности в пространстве. Однако реализация этих преимуществ в полной мере возможна при условии обеспечения равномерности толщины стенки сферической оболочки.

Получение сферообразных оболочек может быть осуществлено следующими технологическими процессами: прямой и обратной вытяжкой в инструментальных вытяжных штампах, формообразованием резиной по жесткому пуансону с подвижным прижимом, реверсивной штамповкой-вытяжкой и другими процессами. Все эти процессы в той или иной мере находят применение в промышленности.

Вместе с тем, анализ традиционно применяемых технологий получения класса сферообразных оболочковых деталей показывает, что существующие технологии не обеспечивают в полной мере требований конструкции подобного типа деталей, поскольку сохраняется значительная удельная масса, неравномерность и большое утонение стенки детали, недостаточно высокое качество поверхности, высокая неоднородность механических свойств.

Исключение этих недостатков, как будет показано в настоящей работе, достигается применением нового двухпереходного процесса фрикционно-реверсивной вытяжки эластичным пуансоном по жесткой матрице, исследование которого составляет основное содержание настоящей работы.

В связи с изложенным, целью настоящей работы явилась разработка научных и практических основ нового, наиболее эффективного, по сравнению с существующими, технологического процесса фрикционно-реверсивной вытяжки эластичной средой обеспечивающего минимальное утонение, равномерность свойств и высокое качество поверхности стенки детали сферообразной формы.

С использованием научно-методических основ прогнозирования новых технологических процессов профессора МАИ Исаченкова Е.И. в области технологии машиностроения приведена систематизация и классификация существующих способов изготовления сферообразных оболочковых деталей.

Эти разработки позволили вести целенаправленный поиск и научное обоснование выбора базовой схемы для исследования.

С целью упрощения математических решений, результаты которых получаются при использовании условий теории пластичности чрезвычайно громоздкими и в интегральном виде, теоретический анализ фрикционно-реверсивной вытяжки сферообразных деталей оболочковых деталей приведен на основе теории упруго-пластического деформирования и обобщенной теории внешнего трения [1, 2, 3, 4] на общих положениях теории пластичности с использованием уравнения пластичности, уравнения равновесия, обобщенного закона трения, закона упрочнения, уравнения постоянства объема, а также интенсивность деформаций в очаге деформации при общепринятых основных допущениях в листовой штамповке.

Для исследования напряженного состояния системы расчленили нагруженную внешними силами деформируемую заготовку на зоны, представляющие собой простейшие геометрические элементы (кольцо, тор, цилиндр и т.д.) с однородными схемами напряженного состояния (рис.1); рассматривали равновесие каждой зоны под действием внешних и внутренних сил с последующей сшивкой (интергацией) их и установлением величин напряжений в любом сечении очага деформации (рис.2). Этот метод применялся ранее авторами [5, 6] для других процессов. Таких зон оказалось 9. Полученные выражения меридиональных напряжений для всех сечений характерных участков очага деформации приведены в таблице.

На основании зависимости [7] для участка 6-7 представляется возможным оценить степень нагружения опасного сечения, а также можно оценить влияние на интенсивность напряжения в опасном сечении и величины утонения стенки детали основных параметров и влияющих факторов.

На базе исследования напряженного и деформированного состояний заготовки при формообразовании сферообразных оболочек новым технологическим процессом установлены его наивысшие по сравнению с другими процессами вытяжки технологические возможности, какими являются минимальное утонение и равномерность толщины стенки детали.

Исследования показали, что наивысшие технологические возможности могут быть достигнуты только при создании интенсивного контактного трения между эластичным пуансоном и фланцем заготовки, между центральной зоной заготовки и вкладышем, и минимальной интенсивности трения между матрицей и заготовкой.

Регулируя напряжение контактного трения в различных зонах формообразуемой заготовки, можно добиться минимума меридионального напряжения в опасном сечении очага деформации и, соответственно, интенсифицировать технологические возможности процесса. Создавая оптимальные режимы трения на контактных поверхностях, есть перспектива еще более существенно расширить технологические возможности предложенного процесса.

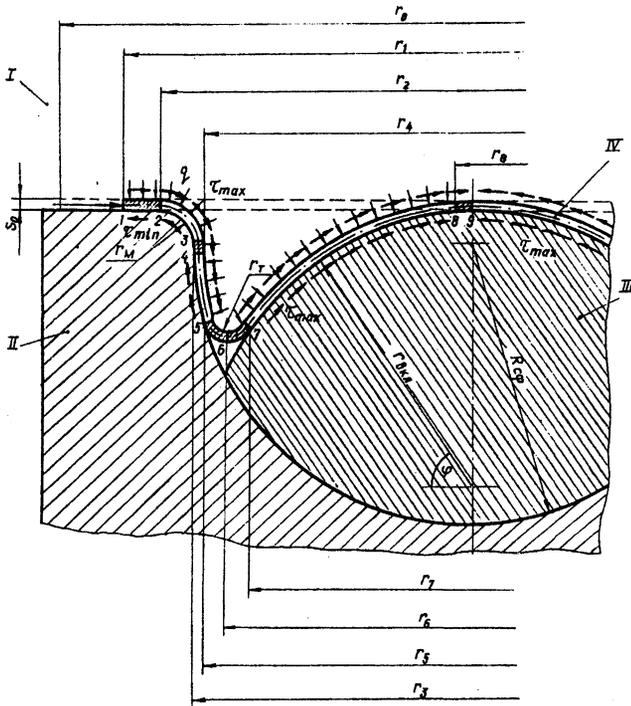


Рис. 1. Структурная схема для анализа напряженно-деформированного состояния заготовки при фрикционно-реверсивной вытяжке эластичным пуансоном по жесткой матрице: I – эластичный пуансон; II – матрица; III – вкладыш; IV – формообразуемая деталь

№ зоны	Зона и схема ее нагружения
1-2	
2-3	
3-4	
4-5	
5-6	
6-7	
7-8 (8-9)	

Рис. 2. Зоны очага деформации при фрикционно-реверсивной вытяжке эластичным пуансоном по жесткой матрице и схемы напряжений, действующих на каждую из них

Формулы для определения меридиальных напряжений для характерных участков

Участок	Выражение для меридионального напряжения
1-2	$\sigma_{\rho 2} = \beta \sigma_{i(1-2)} \ln \frac{r_1}{r_2} + \tau_{m(1-2)} \frac{r_1^2 - r_2^2}{2r_2 S_0} - \tau_{n(1-2)} \frac{r_1^2 - r_2^2}{2r_2 S_0} - q_n \frac{r_1}{r_2}$
2-3	$\sigma_{\rho 3} = \sigma_{\rho 2} + \frac{S_0 \sigma_{i(2-3)}}{2r_m + S_0} + \beta \sigma_{i(2-3)} \ln \frac{r_2}{r_3} + \frac{\tau_{m(2-3)} S_{T(2-3)}}{\pi S_0 (2r_3 - S_0)} - \frac{\tau_{n(2-3)} S_{T(2-3)}}{\pi S_0 (2r_3 - S_0)}$
3-4	$\sigma_{\rho 4} = \sigma_{\rho 3} - \frac{2\tau_{m(3-4)} r_3 h}{S_0 (2r_3 - S_0)} - \frac{2\tau_{n(3-4)} r_3 h}{S_0 (2r_4 + S_0)}$
4-5	$\sigma_{\rho 5} = \sigma_{\rho 4} + \beta \sigma_{i(4-5)} \ln \frac{r_3}{r_5} + \frac{S_0 \sigma_{i(4-5)}}{2R_{cф} + S_0} + \frac{\tau_{m(4-5)} S_{T(4-5)}}{\pi S_0 (2r_5 - S_0)} - \frac{\tau_{n(4-5)} S_{T(4-5)}}{\pi S_0 (2r_5 - S_0)}$
5-6	$\sigma_{\rho 6} = \sigma_{\rho 5} + \frac{S_0 \sigma_{i(5-6)}}{2r_{T(5-6)} + S_0} + \beta \sigma_{i(5-6)} \ln \frac{r_5}{r_6}$
6-7	$\sigma_{\rho 7} = \sigma_{\rho 6} - \frac{S_0 \sigma_{i(6-7)}}{2r_{T(6-7)} + S_0} + \beta \sigma_{i(6-7)} \ln \frac{r_5}{r_6}$
7-8	$\sigma_{\rho 8} = \sigma_{\rho 7} - \frac{\tau_{cф} S_{cф}}{\pi S_0 (2r_7 + S_0)}$
8-9	$\sigma_{\rho 9} = \sigma_{\rho 8} - \frac{\tau_{cф} S_{cф}}{\pi S_0 (2r_8 + S_0)}$

Литература 1. Горбунов М.Н. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов. - М.: Машиностроение, 1981. - 224 с. 2. Исаченков Е.И. Контактное трение и смазки при обработке металлов давлением. -

М.:Машиностроение,1978.-208 с. 3.Мельников Э.Л. Холодная штамповка днищ. - М.: Машиностроение, 1986.-192 с. 4.Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. - М.:Машиностроение,1964-171 с. 5.Бирюков Н.М. Формообразование деталей из листового материала гидроэластичной средой по жесткому пуансону.- М.:МАИ,1995.-120 с. 6.Исаченков В.Е. Исследование процесса формообразования эластичной жидкостной средой крупногабаритных гофрированных элементов из листа. Дис... канд.техн.наук .- М.:МАИ,1975.-156 с. 7. Жигилий С.В., Короткевич В.Г. Исследование технологии получения тонкостенных оболочковых деталей. В сборнике «Материалы МНТК «Новые конкурентноспособные и прогрессивные технологии».- Могилев,2000.- С.68-69.

УДК 621.7.043

И. А. Миклашевич

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ.

*Кафедра теоретической механики БГПА
Минск, Республика Беларусь*

Введение

Прогнозирование направления роста трещин в композиционных и неоднородных материалах необходимо для проектирования изделий с заданными эксплуатационными характеристиками. Работа посвящена определению траектории трещины в неоднородной среде при плоском нагружении. В разделе 1.1 рассмотрены методы определения эффективных характеристик композитов, в разделе 1.2 обсуждаются подходы к прогнозированию траектории распространения трещины. В разделе 2.1 рассматривается распространение трещины в неоднородной среде как вариационная проблема для энергии разрушения. В разделе 2.2 рассматривается распространение трещины вдоль геодезической в среде с метрическим тензором, зависящим от дефектности среды. Результаты обсуждаются в разделе 3.

1. Эффективные характеристики среды и распространение трещины

1.1. Описание среды.

В теории трещин основная идеализация связана с выбором модели среды, в которой распространяется трещина. Степень соответствия модели реальной среде обычно определяется структурной чувствительностью ее параметров.

Для механики структурно - неоднородных сред влияние структуры среды учитывается введением неоднородности в модели. Общая классификация неоднородных сред приводится в работе Ломакина [i]. Им предложено условно разделить неоднородные среды на кусочно -, микро- и случайно - неоднородные. Дальнейшее развитие моделей неоднородных сред, корректная постановка статистических задач в механике деформируемого твердого тела отражены в работах Берана [ii] Крёнера [iii], Ломакина [iv]. Основные результаты были подытожены в [v].

Одним из методов описания структуры среды бездефектного материала является метод корреляционных функций, который позволяет учесть структурные особенности материала интегральным образом. С помощью корреляционной функции описываются свойства эффективной среды, которая является приближением к реальной среде. Особый интерес проблема эффективных характеристик вызывает в связи со всё более ши-