Общероссийский математический портал

И. Г. Сапченко, С. Г. Жилин, О. Н. Комаров, М. В. Штерн, Математическое моделирование процесса затвердевания отливки в пористой оболочковой форме, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2006, выпуск 42, 193–195

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu435>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.81.137.203

26 апреля 2023 г., 11:48:08

Анализ результатов расчёта позволяет говорить о том, что циклическая компонента существенно влияет на процесс релаксации остаточных напряжений: происходит ускорение этого процесса; из-за циклической составляющей происходит «флуктуация» упругих деформаций и напряжений в цилиндрическом образце, за счёт чего на фоне ползучести образца процесс релаксации становится «локально не монотонным» (см. рис. 3).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радченко В.П., Саушкин М.Н. Ползучесть и релаксация остаточных напряжений в упрочненных конструкциях. М.: Машиностроение-1, 2005. 226 с.
2. Радченко В.П., Саушкин М.Н. Математические модели восстановления и релаксации остаточных напряжений в поверхностно упрочненном слое цилиндрических элементов конструкций при ползучести // Изв. вузов. Машиностроение, 2004. № 11. С. 3–17.

Поступила 21.10.2005г.

УДК 621.74.045

И.Г. Сапченко, С.Г. Жилин, О.Н. Комаров, М.В. Штерн

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ В ПОРИСТОЙ ОБОЛОЧКОВОЙ ФОРМЕ

В работе определяется актуальность обеспечения прочности оболочковых форм в литье по выплавляемым моделям. Представлены: результаты численного исследования влияния пористости на напряженно-деформированное состояние оболочковой формы в процессе затвердевания металла в форме методом математического эксперимента; картина напряженно-деформируемого состояния оболочковой формы, которую можно использовать в экспериментальных исследованиях, направленных на снятие возникающих опасных напряжений и снижение тем самым процента брака отливок по вине оболочковых форм.

Проблема обеспечения прочности оболочковых форм в литье по выплавляемым моделям является на сегодняшний день одной из самых основных и наиболее сложных. Трудность заключается в том, что для обеспечения необходимой прочности недостаточно увеличения толщины формы, так как в этом случае возникает значительный перепад температур по толщине оболочки, что в свою очередь приводит к растрескиванию последней. Возможно, решение этой проблемы состоит не только в подборе оптимальной толщины оболочки, но и в выборе ее структуры.

Известно, что пористая структура более устойчива к перепаду температур за счет наличия пустот, компенсирующих температурное расширение материала. В определенной степени, пористость положительно влияет на прочность материала. Таким образом, возникает необходимость исследования влияния пористости на технологические свойства формы. Наиболее полно описать картину данных явлений помогают методы численного моделирования.

Целью данной работы было численное исследование влияния пористости на напряженно-деформированное состояние оболочковой формы в процессе затвердевания металла в форме методом математического эксперимента. Для этого нужно установить наиболее оптимальную пористую структуру оболочковой формы. Определить, где именно должна располагаться пористость в оболочке для обеспечения наибольшей прочности и термостойкости. В данной работе моделировался процесс кристаллизации отливки, начиная с момента заливки формы металлом до момента затвердевания металла. Расчет производился с помощью численного бескоординатного метода расчета напряженно-деформированного состояния твердого тела, разработанного В.И. Одиноквым (Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН). Преимуществом этого метода для решения данной задачи является его невысокая чувствительность к выбору системы координат и возможность рассчитывать напряженное состояние оболочковой формы произвольной конфигурации.

Р и с. 1. Схема расчета

На рис. 1 показана схема сечения отливки, оболочковой формы и опорного наполнителя в вертикальной плоскости. В каждой задаче рассматривалась 3-х компонентная система: жидкий металл – твердый металл – оболочковая форма. С внутренней стороны на оболочку действует гидростатическое давление металла P_1 , изменяющееся по высоте, а снаружи – давление опорного наполнителя P_2 . Одновременно с этим на оболочку действует изменяющееся во времени поле температур.

В работе рассматривались 4 варианта пятислойной оболочковой формы (нумерация слоев производится, начиная с внешнего слоя): 1) плотная (традиционная) оболочковая форма; 2) оболочковая форма с 1-м и 2-м пористыми слоями; 3) оболочковая форма со 2-м и 4-м пористыми слоями; 4) оболочковая форма с 3-м и 4-м пористыми слоями.

Материал формы и металла считаем изотропным и абсолютно упругим, течение медленное, массовыми и инерционными силами пренебрегаем. Граничные условия задачи (рис. 1) следующие: на поверхности S_1 : $\sigma_{11} = \rho gh$ – гидростатический напор металла; S_2 : $\sigma_{22} = \sigma_{21} = 0$; S_3 : $\sigma_{11} = 1,62 \cdot 10^4$ кг/см², $V_1 = 0$; S_4 : $\sigma_{21} = 0$, $V_2 = 0$.

Теплофизические свойства формы: коэффициент теплопроводности $\alpha = 0,51 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹; плотность $\gamma = 2$ г/см³; теплоемкость $C = 840$ Дж/(кг·К); $\lambda = 0,812$ Вт/(м·К); $G = 2,96 \cdot 10^4$ МПа (модуль сдвига); $k = 0,06756 \cdot 10^{-3}$ МПа⁻¹ (коэффициент объемного сжатия); $\alpha = 50$ Вт/(м²·К).

Характеристики стали Ст25Л: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹; $\gamma = 7,8$ г/см³; $C = 444,4$ Дж/(кг·К); $\lambda = 170$ Вт/(м·К); $G = 0,4 \cdot 10^3$ МПа; Удельная теплота плавления $L = 271 \cdot 10^3$ Дж/кг.

Температура заливаемого металла – 1550°C. Температура оболочковой формы – 950°C. Температура опорного наполнителя – 300°C. Заливаемый металл: Сталь 45, температура кристаллизации 1500 °C.

Свойства пористого материала: плотность 1,6 г/см³; теплоемкость 600 Дж/(кг·К); модуль сдвига 16000 МПа; коэффициент теплопроводности 0,54 Вт/(м·К).

Расчетами определено, что наибольшие напряжения возникают в характерных сечениях в районе 45° от нижней точки вблизи верха формы. В моменты времени 8 и 69 секунд происходит наиболее резкое изменение напряженного состояния формы. Анализ эпюр (рис. 2) показал, что нормальные напряжения σ_{11} имеют наибольшие значения только в начальный момент времени, непосредственно после заполнения металлом формы. Сравнивая плотную структуру с остальными можно заметить, что характер распределения нормальных напряжений σ_{11} в пористых структурах соответствует характеру распределения пористых слоев в оболочке. Этот эффект дает возможность, манипулируя структурой оболочковой формы, добиться требуемого напряженного состояния.

Таким образом, с помощью данного метода можно получить наглядную картину напряженно-деформированного состояния оболочковой формы, которую можно использовать в экспериментальных исследованиях, направленных на снятие возникающих опасных напряжений и снижение тем самым процента брака отливок по вине оболочковых форм.

Р и с. 2. Эпюры нормальных напряжений σ_{11} в различные моменты времени

Поступила 20.12.2005 г.

УДК 539.3

А.В. Камашев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Работа посвящена анализу динамики напряженного состояния в металлической системе при импульсных воздействиях. Произведена оценка времени релаксации механических напряжений при импульсном лазерном нагреве.

Некоторые современные упрочняющие технологии, например, лазерная обработка, ударно-волновое воздействие и др., основаны на быстром термическом и (или) механическом нагружении обрабатываемого материала. При этом в материале протекает ряд структурно-фазовых превращений, приводящих к улучшению физико-механических свойств: увеличению прочности, твердости, износостойкости. Известно, что фазовые превращения начинаются в локальных