

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОХЛАЖДЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ С УЧЁТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ТЕРМОНАПРЯЖЕНИЯ

Ткачев В.И.

г. Бирск, ФГБОУ ВПО Бирский филиал БашГУ

Анализ термоупругих напряжений играет важную роль при изготовлении изделий на стадии термической обработки. Отсутствие контроля над температурным режимом тепловых агрегатов нередко приводит к появлению дефектов и технологическому браку из-за возникающих термических напряжений. Кроме того, детальное исследование термических напряжений в изделиях сложной геометрической формы даёт возможность управлять температурой при термообработке, с учётом ограничений на напряжения. Так как экспериментально получить эффективный режим нагрева или определить свойства материала деталей, не допускающих разрушения и необратимых деформаций изделий, в каждом конкретном случае, не всегда возможно, предполагается исследование математической модели, позволяющей имитировать технологический процесс. Весьма актуальной является проблема термоупругих напряжений, возникающих при охлаждении керамических изделий.

Для управления температурой электрической печи при охлаждении изделий предложен алгоритм, позволяющий определить температурный режим, не превышая при этом пределы прочности материала. Режим управления строится на основе анализа термических напряжений в конечно-элементных моделях, в точности повторяющих геометрию рассматриваемых изделий.

Алгоритм управления охлаждением печи:

1. Задаём начальное распределение температуры изделия T_0 , конечную температуру изделия T_3 , начальную температуру печи T_n^0 , минимальную температуру печи T_n^{\min} , скорость нагрева V_n и охлаждения V_o печи.
2. Снижаем температуру печи T_n с заданной скоростью охлаждения V_o .
3. Вычисляем распределение температуры в изделии для времени $t = t + \Delta t$.
4. Если максимальная температура изделия $T_{\max} \leq T_3$, то переходим к пункту 9.
5. Для полученного распределения температуры вычисляем максимальные термические напряжения σ_{\max} .
6. Если $\sigma_{\max} < \sigma_{\text{доп}}$, то переходим к пункту 7; иначе к пункту 8 ($\sigma_{\text{доп}}$ – предельное допустимое напряжение).
7. Если $T_n > T_n^{\min}$ снижаем температуру печи с заданной скоростью охлаждения V_o , иначе поддерживаем температуру печи $T_n = T_n^{\min}$ и переходим к пункту 3.
8. Повышаем температуру печи с заданной скоростью V_n и переходим к пункту 3.
9. Вывод результатов.

Для исследования динамики температурных полей и термических напряжений в осесимметричных и трёхмерных изделиях разработана программа, в которой реализован алгоритм управления температурой печи при охлаждении изделий с учётом ограничений на термоупругие напряжения. В основе алгоритма программы лежит метод конечных элементов позволяющий рассчитывать термические напряжения в моделях произвольной геометрической формы. Учёт влияния формы изделий на скорость изменения температуры даёт возможность получать режимы охлаждения близкие к оптимальным.