

делирования и значительная экономия материальных средств за счет сокращения количества испытаний. Повышается надежность и качество РЭС, проектируемой на основе предлагаемой интегрированной САПР.

Информационная согласованность всей системы обеспечивается на уровне электронной модели РЭС, информация в которой представлена в виде совокупности информационных объектов и взаимосвязей между ними, регламентированных стандартом ISO 10303 STEP, при отсутствии дублирования информации. В этом случае существует необходимость только в интерфейсах между каждой отдельно взятой подсистемой и подсистемой АСОНИКА-УМ. Данные интерфейсы обеспечивают преобразование совокупности информационных объектов электронной модели РЭС, описывающих исходные данные для целевой подсистемы, в файлы проекта данной подсистемы и наоборот – преобразование файлов проекта исходной подсистемы в совокупность информационных объектов электронной модели РЭС и взаимосвязей между ними, регламентированных стандартом ISO 10303 STEP, обеспечивая однозначность представления информации в электронной модели РЭС.

Данное решение информационной согласованности обеспечивает гибкость структуры автоматизированной системы РЭС АСОНИКА. Таким образом, при осуществлении обновления, замены существующих подсистем и добавления новых подсистем в данную структуру необходимо провести изменения интерфейсов интеграции с подсистемой АСОНИКА-УМ только

подсистем, подлежащих замене либо вводимых в состав структуры. Сложность интерфейсов определяется используемыми в качестве компонентов сквозной САПР РЭС программными системами.

Целью внедрения системы АСОНИКА является повышение эффективности работы структурных подразделений предприятия, сокращение сроков проектирования и разработки наукоемких РЭС, повышение надежности разрабатываемых РЭС.

Внедрение данного программного комплекса позволяет получить значительную экономию материальных средств за счет сокращения количества испытаний при внедрении предлагаемого программного обеспечения.

Таким образом, результатом внедрения системы АСОНИКА станет переход на принципиально новый уровень информационных технологий, что позволит расширить номенклатуру выпускаемой продукции, сократить сроки выхода на рынок новых изделий, снизить брак и затраты на производство.

Предлагается:

1. Внедрение системы АСОНИКА на предприятиях электронной промышленности и в высших учебных заведениях.
2. Оказание консалтинговых услуг предприятиям электронной промышленности по моделированию электронной аппаратуры на внешние механические, тепловые, электромагнитные и другие воздействия с помощью системы АСОНИКА.
3. Организация обучения специалистов работе с системой АСОНИКА.

**Физико-математические науки**

**РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК В СУХИХ ФОРМАХ**

Юрин Ю.М.

*Нижегородский государственный технический университет, Нижний Новгород, e-mail: Jumagavrilov@yandex.ru*

В литейной практике на этапе эскизной проработки технологии приходится решать вопросы о продолжительности затвердевания и ох-

лаждения отливок в форме. Предельно простой и оперативный способ расчета основан на использовании номограмм [1...4].

В данной статье представлены формулы (вывод в монографии [4]) для расчета времени отвода теплоты перегрева  $\tau_n$ , скорости  $d\xi_L/d\tau$ ,  $d\xi_S/d\tau$  и времени  $\tau_L$ ,  $\tau_S$  продвижения фронтов ликвидуса и солидуса соответственно на заданную глубину, времени охлаждения  $\tau_{охл}$  до заданной температуры и длительность  $\tau_{ф.пр}$  фазового превращения стальных отливок типа плита в сухих формах:

$$\tau_n = \frac{n + 1}{na_\phi} \left( \frac{RK_n \beta}{\delta T_n} \right) \cdot [B - \ln B - 1];$$

$$\frac{d\xi_L}{d\tau} = \frac{n}{(n + 1) R \beta^2} \frac{a_\phi \{ \delta T_0 C_3(x_L) + \delta T_{кр} + 1 \}^2}{\left[ K_n C_1(x_L)(1 - x_L) + K_{тж} B_2 C_2(x_L) x_L + K_n x_L + K_{кр} \frac{c B_2 C_2(x_L) x_L}{a B_2 C_2(x_L) + b} \right]} \times \in$$

$$\times \frac{1}{K_n B_1 C_5(x_L) + K_{тж} B_2 [C_2(x_L) + n_0 C_4(x_L)] + K_{кр} c B_2 \frac{[a B_2 C_2(x_L) + b][C_2(x_L) + n_0 C_4(x_L)] - a B_2 n_0 C_6(x_L)}{[a B_2 C_2(x_L) + b]^2}};$$

$$\tau_L = \frac{(n+1)R^2\beta^2}{n a_\phi} \int_0^{x_L} \frac{K_{\text{н}}[1 - B_1(1-x_L)^{n_0-1}] + K_{\text{тж}} B_2 C_1(x_L) x_L + K_{\text{кр}} c B_2 C_2(x_L) x_L / (a B_2 C_2(x_L) + b)}{\{\delta T_o C_3(x_L) + \delta T_{\text{кр}} + 1\}^2} \times$$

$$\times \left[ K_{\text{н}} B_1 C_5(x_L) + K_{\text{тж}} B_2 (C_2(x_L) + n_0 C_4(x_L)) + K_{\text{кр}} c B_2 \frac{[a B_2 C_2(x_L) + b][C_2(x_L) + n_0 C_4(x_L)] - a B_2 n_0 C_6(x_L)}{[a B_2 C_2(x_L) + b]^2} \right] dx_L;$$

$$\frac{d\xi_S}{d\tau} = \frac{n a_\phi}{(n+1)R^2\beta^2} \frac{\left[ \delta T_o \left( X_1 - \frac{1}{n_0 + 1} \right) + 1 \right]^2}{K_{\text{н}} + K_{\text{кр}}^* x_S + (K_{\text{тж}} + \frac{K_{\text{кр}} c}{a X_3 + b})(1-x_S)X_3 + K_{\text{рс}} B_3 (1-X_1)x_S} \times$$

$$\times \frac{1}{K_{\text{кр}}^* + K_{\text{тж}} [(n_0 + 1)X_2 - 1] + K_{\text{рс}} B_3 (X_4 - X_1 + 1) + K_{\text{кр}} c \frac{(aX_3 + b)[(n_0 + 1)X_2 - 1] - X_3 X_2 n_0 a}{(aX_3 + b)^2}};$$

$$\tau_S = \frac{(n+1)R^2\beta^2}{n a_\phi} \int_0^{x_S} \frac{K_{\text{н}} + K_{\text{кр}}^* + \left( K_{\text{тж}} + \frac{K_{\text{кр}} c}{a X_3 + b} \right) (1-x_S)X_3 + K_{\text{рс}} B_3 (1-X_1)x_S}{\left[ \delta T_o \left( X_1 - \frac{1}{n_0 + 1} \right) + 1 \right]^2} \times$$

$$\times \left[ K_{\text{кр}}^* + K_{\text{тж}} (n_0 + 1)X_2 + K_{\text{рс}} B_3 (X_4 - X_1 + 1) + K_{\text{кр}} c \frac{(aX_3 + b)[(n_0 + 1)X_2 - 1] - X_3 X_2 n_0 a}{(aX_3 + b)^2} \right] dx_S;$$

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{(n+1)}{n a_\phi} \beta^2 R^2 K_{\text{рс}} \left[ K_{\text{нф}} \left( \frac{1}{\theta} - 1 \right) + K_{\text{рс}} \ln \theta \right];$$

$$\tau_{\text{ф.пр}} = \frac{(n+1)}{n a_\phi} \left( \frac{R\beta}{\theta_{\text{ф.пр}}} \right)^2 K_{\text{ф.пр}} \left( K_{\text{нф}} - K_{\text{рс}} \theta_{\text{ф.пр}} \right) + \frac{1}{2} K_{\text{ф.пр}},$$

где  $n$  – показатель распределения температуры по толщине прогретого слоя формы;  $n_0$  – показатель распределения температуры по толщине отливки;  $a_\phi$  – температуропроводность прогретого слоя формы;  $\delta T_{\text{н}}$  – приведенная относительная температура перегрева залитого в форму жидкого металла;  $\delta T_{\text{кр}}$  – приведенная относительная температура интервала кристаллизации;  $\delta T_o$  – приведенный относительный перепад температуры по толщине отливки;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий перепад температуры между отливкой и внутренней поверхностью формы,  $\beta \geq 1$ ;  $T_S$  – температура солидуса;  $\Delta T_{\text{кр}} = (T_L - T_S)$  – температурный интервал кристаллизации;  $\rho_{\text{ж}}$ ,  $\rho_{\text{тж}}$ ,  $\rho_{\text{р}}$ ,  $\rho_o$  – плотность жидкого, твердожидкого, затвердевшего и охлаждающегося металла;  $c_{\text{ж}}$ ,  $c_{\text{тж}}$ ,  $c_{\text{р}}$ ,  $c_o$  – удельная теплоемкость жидкого, твердожидкого, затвердевшего и охлаждающегося металла;  $\rho$  – плотность формы;  $\rho$  – средняя удельная теплоемкость прогретого слоя формы в интервале температур ( $T_{\text{нф}} \dots T_{\text{нф}}$ );  $T_{\text{нф}}$  – температура стенок формы перед заливкой ее жидким металлом;  $R$  – приведенный размер отливки;  $T_{\text{нф}}$  – температура внутренней поверхности формы;  $T_o$  – среднеинтегральная температура по сечению отливки;  $\Delta T_{\text{н}} = (T_3 - T_L)$  – перегрев

залитого в форму жидкого металла над температурой ликвидуса;  $T_3$  – температуры залитого в форму жидкого металла над температурой ликвидуса  $T_L$ ;  $L$  – удельная теплота кристаллизации;  $\psi$  – относительное количество твердой фазы в затвердевающем металле;  $K_{\text{н}}$  – относительная объемная теплота перегрева залитого в форму жидкого металла;  $K_{\text{тж}}$  – относительная объемная теплота твердожидкого металла;  $K_{\text{кр}}$  – относительная объемная теплота кристаллизации;  $K_{\text{нф}}$  – относительная объемная плотность теплоты перегрева, кристаллизации и охлаждения;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – постоянные коэффициенты, численное значение которых зависит от процентного содержания углерода в стали, причем  $c = a + b$ ;  $x_L = \xi_L/R$  – относительная глубина фронта ликвидуса;  $\xi_L$  – глубина фронта ликвидуса;  $x_S = \xi_S/R$  – относительная глубина фронта солидуса;  $\xi_S$  – глубина фронта солидуса;  $\theta_{\text{ф.пр}}$  – относительная температура фазового превращения;  $K_{\text{ф.пр}}$  – относительная объемная теплота фазового превращения;  $L_{\text{ф.пр}}$  – удельная теплота фазового превращения;  $K_{\text{рс}}$  – относительная объемная теплота охлаждения отливки;  $L_{\text{эф}}$  – эффективная удельная теплота кристаллизации;  $\theta_{\text{кр}}$  – относительная температура слоя металла толщиной  $\xi_L$ ;



I I I I	I I I I	I I I I	Относительная температура жидкого металла ОТР[i]		Время охлаждения жидкого металла до заданной относительной температуры ОТР		
			I I I I	I I I I	I I I I	I I I I	
I I I I	I I I I	I I I I	I I I I	I I I I	I I I I	I I I I	
I	1	I	0,9	I	6,8566955e+000	I	0,0019
I	2	I	0,8	I	2,7665430e+001	I	0,0077
I	3	I	0,7	I	6,2792112e+001	I	0,0174
I	4	I	0,6	I	1,1261353e+002	I	0,0313
I	5	I	0,5	I	1,7751773e+002	I	0,0493
I	6	I	0,4	I	2,5790443e+002	I	0,0716
I	7	I	0,3	I	3,5418545e+002	I	0,0984
I	8	I	0,2	I	4,6678510e+002	I	0,1297
итоги:			OTPL0=0.155556	TPC[10]=522.181	TP[10]=0.14505		

*Материал аудиовизуальных отображений, порождаемых программой для ЭВМ*

#### Список литературы

1. Юрин Ю.М. Расчет процесса затвердевания стальных отливок в сухих формах // Литейное производство. – 2007. – № 7. – С. 8–10.
2. Юрин Ю.М. Расчет времени затвердевания стальных отливок во влажных формах // Литейное производство. – 2007. – № 9. – С. 19–22.
3. Юрин Ю.М. Расчет времени охлаждения стальных отливок в сухих формах // Литейное производство. – 2009. – № 1. – С. 6–9.
4. Юрин Ю.М. Расчет процессов затвердевания и охлаждения стальных отливок в формах с использованием номограмм и программ: монография. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2010. – 276 с.

### **«Актуальные проблемы образования», Греция (Крит), 18-25 октября 2012 г.**

#### *Технические науки*

#### **АНАЛИЗ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ БЛОКОВ И ШКАФОВ ЭЛЕКТРОНИКИ К МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ (АСОНИКА-М)**

Шалумов А.С., Урюпин И.С., Тихомиров М.В.

ООО «Научно-исследовательский институт  
«АСОНИКА», Ковров, e-mail: ALS140965@mail.ru

С помощью автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры (АСОНИКА) осуществляется автоматизированное проектирование и комплексное компьютерное моделирование высоконадёжных радиоэлектронных средств (РЭС) подвижных объектов в соответствии с требованиями CALS-технологий на этапах проектирование-производство-эксплуатация. Система АСОНИКА успешно применяется в образовании при подготовке специалистов в области автоматизированного проектирования и конструирования электронной аппаратуры.

Подсистема АСОНИКА-М предназначена для анализа ускорений, перемещений и напряжений в конструкциях цилиндрических блоков, блоков кассетного и этажерочного типов и других типовых конструкций при воздействии гармонической вибрации, случайной вибрации, ударов, линейных ускорений. Модели блоков готовы к расчету, то есть по данным физическим моделям программой автоматически создаются математические модели.

В подсистеме АСОНИКА-М-3D читается 3-D-модель, созданная в системах ProEngineer, SolidWorks и других CAD-системах в форматах

SAT и в системе ProEngineer в форматах SAT и IGES, для последующего анализа ускорений, перемещений и напряжений в произвольных конструкциях при воздействии гармонической вибрации, случайной вибрации, ударов, линейных ускорений. Подсистема АСОНИКА-М-3D позволяет читать как отдельные детали, так и сборочные единицы. При этом склеивание деталей, входящих в сборочную единицу, осуществляется автоматически. Разбиение конечно-элементной сеткой также происходит автоматически. Каждая деталь может иметь свою размерность сетки.

Для построения конечно-элементной модели прибора на основе 3D-модели, выполненной в CAD-системе, необходимо выполнение следующих требований:

- 1) степень детализация конструкции прибора определяет конструктор;
- 2) степень детализации геометрии отдельных конструктивных элементов также определяет конструктор;
- 3) каждый конструктивный элемент должен быть представлен отдельным объемом;
- 4) каждый объем имеет только один свой материал;
- 5) допускается объединение конструктивных элементов с одинаковыми характеристиками материала в один объем;
- 6) не допускается пересечение объемов в 3D-модели прибора.

Полученные в результате расчета ускорения используются в качестве граничных условий для моделирования механического режима платы с помощью подсистемы АСОНИКА-ТМ.