Выполнив решение задачи, находим значения векторов состояния $\{Z\}$ во всех узловых точках на заданном интервале изменения параметра τ, получая полное описание кинетики неизотермического упругопластического деформирования конструкции.

Численная реализация предложенного метода расчета осуществлена в виде программного комплекса, предназначенного для применения в отраслевых САПР. С его помощью можно выполнять компьютерный мониторинг несущей способности и ресурса изделий, прогнозировать их долговечность в условиях нестационарного силового и температурного воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Термопрочность деталей машин. Под ред. И.А. Биргера и Б.Ф. Шорра. М., "Машиностроение". 1975. 455 с., ил.

К РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНОМУ ФЛУОРЕСЦЕНТНОМУ АНАЛИЗУ НЕНАСЫЩЕННЫХ (ПЛЕНОЧНЫХ) ОБРАЗЦОВ

Дуймакаев Ш.И., Дубинина Ю.А., Сорочинская М.А., Цветянский А.Л.
Ростовский государственный университет
Ростов-на-Дону, Россия

Метод РСФА является наиболее перспективным для анализа элементного состава слоев «микронных» толщин, не доступных зондированию в рамках оже-, фотоэлектронной, рентгеновской (с протонным и электронным возбуждением) спектроскопии.

Однако отсутствие стандартных пленочных образцов (и исключительная сложность изготовления градуировочных ненасыщенных слоев в лабораториях) резко ограничивает возможности использования существующих способов РСФА. В связи с этим повышается роль способов, основанных на теоретическом учете матричных эффектов, величина которых зависит от толщины исследуемой пленки.

Применительно к РСФА ненасыщенных (пленочных) образцов по аналогии с работой [1] обоснованы уравнения связи вида

$$I_i^{испр} = I_i^{изм} \frac{1 - \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}^* \Delta C_j}{1 + \alpha_{im} \Delta m}, \quad (1)$$

где a_{ij}^* - коэффициенты межэлементных влияний, характеризующие относительное изменение интенсивности флуоресценции элемента *i* при единичном изменении <u>только</u> самого содержания влияющего элемента *j* (т.е. коэффициенты, вычисленные в идеализированном предположении постоянства поверхностной плотности *m* образца);

$\alpha_{im} = \frac{1}{I_i} \cdot \frac{\partial I_i}{\partial m}$ - коэффициенты влияния поверхностной плотности образца.

В случае слабоизменяющегося элементного состава и поверхностной плотности образцов уравнения связи принимают вид

$$I_i^{испр} = I_i^{изм} \left(1 - \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}^* \Delta C_j - \alpha_{im} \Delta m \right). \quad (2)$$

Эксперимент на математической модели в приближении возбуждения флуоресценции смешанным рентгеновским первичным излучением подтвердил корректность развиваемого подхода.

Элементами образцов служили Cr, Fe, Ni, Ir. Коэффициенты межэлементных влияний находили путем численного дифференцирования с использованием модели «сжимаемого образца» [2]. При этом значение приращения ΔC_j влияющего элемента принято 0,0045 (0,45%). Приращение поверхностной плотности на этапе расчета коэффициентов влияния α_{im} (при фиксированном элементном составе образца) принято 0,00005 $г/см^2$.

Основная информация о составе и поверхностной плотности образца сравнения (ОС) и соответствующих гипотетических образцов для расчета коэффициентов межэлементных влияний приведена в табл.

Рассчитанные интенсивности флуоресценции имитировали измеренные величины для следующих экспериментальных условий: рентгеновская трубка с W-анодом, напряжение – 40 кВ, толщина бериллиевого окна 0,125 мм, углы падения и выхода излучения - φ=35^0, ψ=65^0.

Нулевое приближение для содержаний компонентов находили методом прямого внешнего стандарта

$$C_i^0 = C_i^{OC} \frac{I_i}{I_i^{OC}}. \quad (3)$$

Окончательные значения искомых содержаний C_i определяли с использованием уравнений вида (1) и метода итераций. При этом число шагов (итераций) не превышало пяти.

Диапазон изменения содержания элементов в «анализируемых» образцах 20-25% (Cr, Fe, Ni), 25-40 % (Ir), диапазон изменения поверхностной плотности образцов – 0,00007 – 0,0002 $г/см^2$.

Таблица 1.

Влияющий элемент	Содержание элементов гипотетического образца после приращения содержания влияющего элемента, %				Поверхностная плотность, $г/см^2$
	Cr	Fe	Ni	Ir	
Cr	22,85	22,4	22,4	32,35	0,0001
Fe	22,4	22,85	22,4	32,35	0,0001
Ni	22,4	22,4	22,85	32,35	0,0001
Ir	22,4	22,4	22,4	32,8	0,0001
m	22,5	22,5	22,5	32,5	0,00015
Образец сравнения	22,5	22,5	22,5	32,5	0,0001
Относительная среднеквадратическая погрешность σ по данным 15 определений, %	0,07	0,06	0,06	0,11	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дуймакаев Ш.И., Тарнопольский М.Г., Дуймакаева Т.Г., Шполянский А.Я. / Заводская лаборатория. 1993. №11. С. 16-19.
2. Дуймакаев Ш.И., Тарнопольский М.Г., Дуймакаева Т.Г., Шполянский А.Я. / Заводская лаборатория. 1994. №4. С. 18-20.

ГРАДУИРОВКА УРАВНЕНИЙ СПОСОБА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОПРАВОК С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ПОСТРОЕНИЕМ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ СВЯЗИ

Дуймакаев Ш.И., Сорочинская М.А., Дубинина Ю.А., Цветянский А.Л.
Ростовский государственный университет
Ростов-на-Дону, Россия

Применительно к РСФА гомогенных образцов обоснована целесообразность построения уравнений связи следующим образом:

1. Строят на основе планирования по Шеффе [1] феноменологические уравнения [2] общего вида (1):

$$I_A = f\left(C_A, C_B, ...\right). \qquad (1)$$

2. По построенным моделям для соответствующих составов рассчитывают интенсивности флуоресценции элементов, которые используют далее для построения уравнений способа теоретических поправок (ТП) и которые можно представить в общем виде (2):

$$C_A = \varphi\left(I_A, I_B, ...\right). \qquad (2)$$

Т.е. в рамках способа ТП используют не теоретические зависимости интенсивности элемента A от состава, а феноменологические зависимости, полученные на основе реального градуировочного эксперимента. Это перспективно применительно к РСФА гетерогенных образцов.

В случае, когда феноменологические («прямые») уравнения (1) строить на основе активного планирования эксперимента не представляется возможным, можно построить их на основе пассивного эксперимента.

Для описания 4-компонентной системы *1-Ni, 2-Zn, 3-Ge, 4-Mo* построены на основе планирования по Шеффе феноменологические (1а) и обобщенные (2а) уравнения связи:

$$I_i = \sum_{1 \le i \le q} \gamma_i C_i + \sum_{1 \le i < j \le q} \gamma_{ij} C_i C_j \,, \qquad (1а)$$

$$C_i = \sum_{1 \le i \le q} \beta_i I_i + \sum_{1 \le i < j \le q} \beta_{ij} I_i I_j \,, \qquad (2а)$$

где C_i - содержание *i*-го компонента пробы; β_i, β_{ij}; γ_i, γ_{ij} - коэффициенты полинома; I_i, I_j - относительные интенсивности линий соответствующих компонентов.

Современный уровень развития физики рентгеновских лучей позволяет с высокой точностью рассчитывать относительные интенсивности флуоресценции элементов гомогенного образца известного химического состава. Это позволяет проверить адекватность моделей (1а) и (2а) с использованием теоретических интенсивностей.

Интенсивности флуоресценции элементов, рассчитанные по формулам вида (1а), используют далее для построения уравнений способа ТП с использованием модели «сжимаемого образца».

Коэффициенты влияния вычисляют по формулам

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{I_i^{OC}} \cdot \frac{\partial I_i}{\partial C_j} \,, \qquad (3)$$

где I_i^{OC} - относительные интенсивности линий соответствующих компонентов образца сравнения.

Исправление измеренной интенсивности на межэлементные влияния по формуле (4)