

настроено оповещение службы снабжения о необходимости закупки инструмента с перечислением позиций. Так же можно настроить оповещение, например кладовщику, о том кто не вернул инструмент по окончании смены (идентификация рабочего проводится путем считывания индивидуального пропуска при выдаче инструмента) и т.п.

Производитель станков с ЧПУ DMG (Германия) предлагает как опцию к оборудованию модуль контроля станка. Модуль позволяет контролировать работу операторов, работающих на данном оборудовании через сотовую связь, интернет, либо внутреннюю сеть:

- просмотреть количество выполненных операций за любой период времени;
- просмотреть дату последнего технического обслуживания;
- номенклатуру производимых деталей;
- другие параметры.

Таким образом, используя телекоммуникационные средства контроля за производственными процессами мы можем:

- сэкономить значительное количество времени и денег на обслуживании станка, на ведении различных журналов учета, которые системы контроля могут вести в автоматическом режиме;

анализировать работу оборудования не находясь при этом около него;

- учитывать количество брака и выработку для каждого оператора, оценивать затраты на производство номенклатуры различных изделий, следить за расходом дорогостоящего инструмента и своевременно его закупать.

## **ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАСТЕРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

А. Ю. Лавров, А. Е. Лобах, А. И. Меркулов  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С. П. Королева  
(национальный исследовательский университет),  
г. Самара

Современная дефектометрия состояния конструкционных

материалов располагает большим арсеналом различных физических методов измерения остаточных и рабочих внутренних напряжений, практическое использование которых требует значительных затрат, а итоговые данные являются результатом сложных измерений и вычислений. При усталостных испытаниях проводящих объектов контроля (ОК) требуется определение большого количества факторов, таких как число циклов нагружения ОК до появления трещины, предел выносливости и чувствительность материала ОК к концентраторам напряжений, влияние остаточных напряжений на развитие трещин, асимметрия циклов, температуры и др. Определение глубины  $d_{mp}$  и длины  $l_{mp}$  поверхностной трещины в процессе испытаний – одна из важнейших задач дефектометрии при исследовании сопротивления материалов разрушению под влиянием циклического механического изгибного нагружения. Вибрации ОК и наличие концентраторов напряжений определяют работу преобразователей при повышенных зазорах  $h_z$ , а близость металлических элементов испытательного стенда требует локализации электромагнитного поля в зоне контроля и экранирования полей вихретоковых преобразователей (ВТП) от влияния внешних магнитных полей.

Вихретоковый метод обеспечивает высокую надежность обнаружения поверхностных дефектов, высокую скорость контроля, возможность бесконтактного съема информации, простоту конструкции преобразователей и дешевизну их исполнения. На погрешность измерений при вихретоковом контроле наиболее существенно влияют: а) край изделия, б) изменения угла наклона преобразователей кластера, в) взаимное положение ВТП и ОК, в том числе зазора между преобразователем и поверхностью ОК, г) локальное изменение кривизны поверхности ОК, д) магнитные пятна, имеющиеся на нем.

Решаемая задача многоточечного контроля определяет необходимость разработки кластера ВТП (КП), модульный принцип схемно-конструктивной компоновки которого позволяет реализовать пространственную селекцию контролируемых факторов. КП представляет собой несколько ВТП, располагающихся над поверхностью ОК с надрезом (концентратором механических напряжений), выполненных равномерной намоткой проводников на пластинчатые магнитопроводы с размерами  $l_M > b_M \gg d_M$ , и имеющих начальную индуктивность  $L_{0\infty}$ . Дальнейшее действие поля КП определяется длиной магнитопровода  $l_M$ , что позволяет значительно уменьшить диаметры катушек и его объемные габариты.

ВТП устанавливаются на поверхности высокопроводящего корпуса-

экрана КП. Половина возбуждающего поля между ВТП и экраном компенсируется полем вихревых токов, наведенных на экране, что позволяет токовые контуры катушек ВТП рассматривать в виде нескольких автономных проводников с током (токовые элементы — ТЭ). Вторая половина поля локализована в зоне контроля между КП и ОК. Русла вихревых токов расположены вдоль образующей ОК и перпендикулярны трещине. У каждого ВТП индуктивность  $L$  включена в резонансный  $LC$ -контур, частота  $f$  которого используется как выходной сигнал для обеспечения высокой точности экспериментальных результатов.

Моделирование возбуждающих и вихревых полей КП-ОК выполнено с помощью программного пакета ANSYS. На результаты моделирования оказывает влияние взаимодействие полей соседних ВТП, существенно изменяющееся при изменении расстояния между преобразователями.

Особенностью компьютерного моделирования является определение результирующей напряженности поля КП через суперпозицию полей одиночных ТЭ, которые рассчитываются с помощью закона Био-Савара-Лапласа:

$$H_x = \sum_1^n \frac{I}{4\pi h_z} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2), \quad (1)$$

где  $I$  – ток возбуждающих катушек;  $n$  – количество ТЭ кластера,  $\alpha$  – углы, образованные ТЭ и радиус-векторами, проведенными из его концов к точке контроля. Магнитный поток  $\Phi$  и индуктивность  $L$  ВТП определяется как  $\Phi = \mu\mu_r H S$  и  $L = \Phi/I$ . Линейная плотность вихревых токов  $\gamma_b$  в каждом слое - по глубине ОК:  $\gamma_b = k H_x$ , где  $k$  учитывает экранирующее влияние внешних вихревых токов. Предложена методика определения ширины  $l_0$  русла вихревых токов по зависимости  $H_x = f(h_x)$  с граничной напряжённостью  $H_{xcp} = k_1 H_{xmax}$  ( $k_1 = 0,7$  на краях).

Векторы выходных сигналов  $f_i = f(h_z, b_k, d_m)$  поступают в ЭВМ для последующей обработки. В режиме градуировки создается обучающая выборка сигналов при вариации в заданном диапазоне всех влияющих факторов, в которой шаг дискретизации факторного пространства определяется из условия допустимой погрешности нелинейности. Основные влияющие факторы  $h_z, d_k, d_m$  определяются путём решения системы уравнений, которая в матричной форме может быть представлена

$$\text{как: } \Delta \bar{P}_s = (\nabla f)^{-1} [f(\bar{P}_0 + \Delta \bar{P}_s) - f(\bar{P}_0)], \quad (2)$$

где  $\Delta \bar{P}_s$  – вектор отклонения сигнальной точки факторного пространства от опорной точки, используемой при построении градуировочных характеристик;  $f(\bar{P}_0)$  – вектор сигналов в опорной точке факторного пространства;  $\nabla f$  – матрица, характеризующая чувствительность ВТП к каждому из факторов.

## ИМИТАТОР ПУСКА РАКЕТ ПЕРЕНОСНОГО ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА

А.С. Перцович, Б. В. Скворцов  
ОАО «Научно исследовательский институт «Экран»,  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет),  
г. Самара

При пусках ракет из переносного зенитного ракетного комплекса (ПЗРК), таких как СТИНГЕР, ИГЛА-С, СТРЕЛА-3, происходит электромагнитное излучение широкого диапазона частот инфракрасного (ИК), видимого и ультрафиолетового (УФ) спектров. Данные спектры включают в себя такие спектральные параметры, как области длин волн (0,4...15 мкм), волновое число, интенсивность волн, полуширину полос основных видов молекул газа, выделяемого при пуске. Эти характеристики содержат широко известные базы данных HITRAN и HITEMP[1].

На испытания в реальных условиях влияет значительная часть внешних возмущающих факторов, поэтому при разработке и отладке систем управления ракетным и авиационным вооружением необходимо