



УДК 681.7.068: 620.179 – 681.518.3

Поступила 05.11.2013

Е. И. МАРУКОВИЧ, ИТМ НАН Беларуси, А. П. МАРКОВ, Белорусско-Российский университет,
О. Ю. БОНДАРЕВ, Е. М. ПАТУК, ИТМ НАН Беларуси,
С. С. СЕРГЕЕВ, Белорусско-Российский университет

СТРУКТУРА АДАПТИВНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТЛИВОК И ПРОКАТА

Рассматриваются особенности сканирования дефектных зон поверхностей, ориентированных на оптическую визуализацию аномальных отклонений.

The peculiarities of the defective zones surfaces scanning, focused on optical visualization of abnormal fluctuations are considered.

Введение. Информационно-алгоритмические особенности дефектоскопии отливок и проката обуславливают некоторую специфику структуры операционных преобразований в ориентированном взаимодействии воздействующих и информативных излучений с поверхностью и светоприемником. При этом спектрально-энергетические воздействия и преобразования определены пространственно-временными параметрами информационного процесса и объекта. В их структуризации преимущественно учитываются взаимозависимости физических признаков и информативных параметров на всех этапах пооперационных взаимодействий.

Эффективная реализация информационно-энергетических преобразований как на уровне физических эффектов проявления и выявления дефектных мест, так и трансформации информативных излучений и их первичных отображений представляет особый интерес.

Непрерывное совершенствование информационно-преобразовательных структур и технологий связано с адаптацией излучателей и приемников к особенностям поверхностей и излучений. Структура адаптивной системы, обеспечивающей повышенную чувствительность и выявляемость физических признаков формирующихся неоднородностей, проявляется при взаимодействии внешнего излучателя и фотоприемника информативных излучений.

В структуре адаптивного сканирования элементарно разграничивается весь процесс спектрально-энергетической визуализации первичных

отображений. Для имеющих различия объектов, видов, параметров и причин их возникновения эффекты спектрально-энергетического взаимодействия излучений и деградирующих зон поверхности проявляются схожими с первичными отображениями. Такое сходство моделирования объединяет многообразие структур в системе информационных преобразований и идентификации абстрактных изображений. Эта особенность имеет место при поиске, проявлении, выявлении и трансформации информативных излучений. Физические закономерности спектрально-энергетического взаимодействия обуславливают информационно-энергетические эффекты проявления деградирующих мест поверхности. Поиск, прием и трансформация информативных излучений в совокупности обуславливают более эффективную структуру адаптивного сканирования поверхностей в интер- и интроскопии отливок и проката.

Изменчивость поверхности и поверхностные неоднородности. Образование и развитие дефектных зон связано с появлением и проявлением поверхностной неоднородности как нарушением метастабильного состояния материала. Изменчивость первоначально однородной поверхности ограничивает ресурс работы и долговечность изделий и их конструкций. В визуальном проявлении таких неоднородностей наблюдатель получает как бы фотографическое отображение участка реальной поверхности в пространственно-временных параметрах геометрического тела. При этом выявляются и отображаются аномальные неоднородности оптических свойств, адаптированных

для визуального восприятия. Ориентированный поиск аномальных неоднородностей строится на пространственно-временном сканировании и выявлении «подозрительных» участков поверхности с одновременной обработкой изображений.

Значительную эффективность обеспечивают структуры с остро направленной ориентацией воздействующего и адаптивного приема информативного излучения. Принцип «адаптация-ориентация» учитывает специфику неоднородной поверхности (снаружи или внутри, плоская или профильная и другие отличия) и характер распределения неоднородностей в пространственно-временных координатах формируемой информации.

Выбор структуры по критерию максимальной выявляемости деградирующих участков обуславливает пространственно-ориентированное сканирование поверхности. При этом учитывается взаимное расположение излучателя, элементов поверхности и детекторов спектрально-энергетического излучения. Экстремальное расположение неоднородной зоны поверхности при кратковременном воздействии в противоположных границах (max и min) обнаруживается с большей вероятностью, что способствует повышению достоверности и производительности дефектоскопии различных изделий. Максимум принятого критерия эффективности по выявляемости неоднородностей определяет более рациональную структуру для конкретного информационного поля и геометрического тела.

В структурах адаптивного сканирования всесторонне учитываются физико-технические особенности визуализации оптических изображений различных отображений. Такие структуры являются более комфортными, эргономически и биологически адаптированными к зрительному восприятию и профессиональной обработке наблюдателем.

В адаптивных структурах в большей мере используются преимущества способов и средств оптической визуализации неоднородностей в их относительном спектрально-энергетическом проявлении. Путем относительных сравнений изображений воспринимаемых неоднородностей, их размеров, форм, профилей, цветности, интенсивностей и других признаков адаптивное сканирование позволяет приблизить первичное отображение в места его обработки для считывания и идентификации дефекта. В оптических изображениях информативные излучения в пространстве физических признаков неоднородной поверхности формируют более информативный портрет первичного отображения. При этом сканирование неоднородностей по множеству точек, составляющих пространственную структуру, объективно отражает

пространственно-временную изменчивость самой поверхности. Однако адаптивное сканирование существенно ограничено возможностями передачи информации по прямым и обратным связям. Для таких операций особую значимость в условиях эксплуатации объекта приобретает среда.

Способы и схемы реализации. В адаптивных структурах системно объединяются преимущества традиционных оптико-механических методов и технологий волоконной оптики. Быстродействие и коммуникабельность таких структур визуализации неоднородностей дополняются преимуществами пространственно-ориентированного поиска, селективного приема и дистанцирования первичной информации. Информационно-преобразовательный синтез оптико-волоконных структур сканирования обеспечивает системную адаптацию к условиям и задачам информационного процесса, к самому изделию с учетом эксплуатационных, конструктивных, технологических и метрологических требований режима работы изделия и особенностей среды [1].

Любое преобразование энергии и информации связано со средой, которая в большей части оказывает дестабилизирующее воздействие (температура и влажность, излучения посторонних источников, пыль и др.). Присутствие среды имеет место как в прямых и обратных связях с объектом, так и в локальных связях схемных реализаций структур адаптивного сканирования.

Для таких структур особенно характерно управляемое распределение энергии и информации. В пространственно-ориентированной трансформации информационных потоков более эффективно согласованное взаимодействие излучателей, объекта и приемника. При этом учитывается характер распределения этих потоков не только по всей структуре, но и в некотором геометрическом пространстве излучателя и объекта. Такая особенность непременно учитывается при выборе способов и эффектов управляемого взаимодействия излучения и среды.

Эффективность спектрально-энергетического управления обусловлена его параметрическим разнообразием: изменением пространственных координат, смещением и расщеплением энергетических потоков, регулировкой и перестройкой в широком спектральном диапазоне. Уникальными возможностями в спектрально-энергетическом управлении потоками больших массивов информации отличаются оптически прозрачные среды и волоконно-оптические элементы.

Спектрально-энергетическое управление лучистыми потоками строится на прямых и косвенных

методах. При прямом управлении излучателем спектр и энергия регулируются непосредственным воздействием на генератор (источник) излучения.

В косвенных методах регулирование спектра осуществляется путем преобразования фазовой модуляции в частотную; смешивания колебаний диапазонного излучателя и излучателя стабильной частоты, а затем выделения спектров с разными (либо суммарной) частотами; умножение частоты, когда умножается не только средняя частота спектра диапазонного излучателя, но и девиация частоты.

С помощью таких операционных преобразований совершенствуются способы и средства спектрального управления излучениями. Согласованное спектрально-энергетическое управление улучшает диапазонные, селективные и усилительные качества.

Канализованная и помехозащищенная световодная связь излучателя и приемника позволяет схематически разделять и распределять по уровням весь информационно-преобразовательный процесс сканирования. Такое преимущество особенно значимо в условиях температурных воздействий, вибраций, пространственной ограниченности и трудодоступности.

Волоконно-оптическое сканирование в совокупности с электромеханическими и оптико-электронными средствами создает дополнительные преимущества по ориентации, локализации и дистанцированию первичных отображений. В таких структурах при некотором схематическом усложнении повышаются эффективность и производительность за счет совмещения операций по одновременному преобразованию и передаче информативных излучений с пространственно-временным распределением операций по всему информационному каналу.

Формализация структурно-информационных преобразований в адаптивном сканировании расширяет возможности технических средств при сравнительно небольших материальных затратах. Формализованное отображение отдельных операций и всего процесса преобразований информации (от материального объекта до его абстрактного представления у получателя) позволяет выявить его узкие места и интерпретировать результаты с характеристиками, превышающими предельно достижимые для реальных систем. При таком функционально-экономическом подходе структуризация адаптивной системы преобразования информации формализуется как математико-техническая задача с экономико-управленческими критериями.

Трансформация истинного пространственно-временного состояния поверхности в его формализо-

ванное отображение у получателя проходит цепь взаимосвязанных параметрических преобразований. Но если есть зависимость пространственно-временных параметров каждой точки поверхности и соответствующих сигналов (информационного поля), то математическая задача преобразований сводится к задаче редукции адаптивной системы с ее абстрактными моделями.

В структурах адаптивного сканирования моделирование информационно-преобразовательного процесса непосредственно связано с информативным излучением первичного отображения. В нем в виде лучистого потока $\Phi_{\lambda i}$ проявляется характер взаимодействия воздействующего потока $\Phi_{\lambda 0}$ с поверхностной неоднородностью. Всякая неоднородность в нормированной поверхности формирует информационное поле как первичную реакцию изменчивой поверхности на воздействующее излучение. Изменчивая поверхность характеризуется наличием N_3 эффективных неоднородностей. Если коэффициент отображения $\sigma(r_3, \lambda)$ информативного излучения с длиной волны λ и эффективным радиусом r_3 характеризует неоднородную поверхность, то функция распределения $f(r_3)$ учитывает геометрию и пространственно-временное распределение неоднородностей и представляется в виде выражения:

$$N_i dr_3 = N_3 f(r_3) dr_3.$$

Здесь N_3 учитывает эффективное число элементарных неоднородностей, имеющих размеры от r до $r_3 + dr_3$, а N_i – информативное число неоднородностей.

В адаптивном сканировании особую значимость приобретает согласованное взаимодействие системно объединенных функциональных элементов в единой структуре преобразовательных операций. В процессе трансформации информативных излучений существенно сказывается дестабилизирующее влияние среды преобразований и передачи. При этом определяющей является методическая погрешность выделения и формирования информативного излучения.

При согласованном взаимодействии излучателя и приемника в ходе сканирования в поле зрения попадают элементарные неоднородности и формируется оптический сигнал $\Delta\Phi(t)$. Применительно к адаптивному сканированию длительность такого импульса определяется зависимостью $t_i = l b f v_i$. Здесь f , b – соответственно фокусное расстояние линейного приемника и размер отверстия приемника.

Особую сложность в адаптивном сканировании представляют труднодоступные поверхности протяженных и сложнопрофильных крупногабарит-

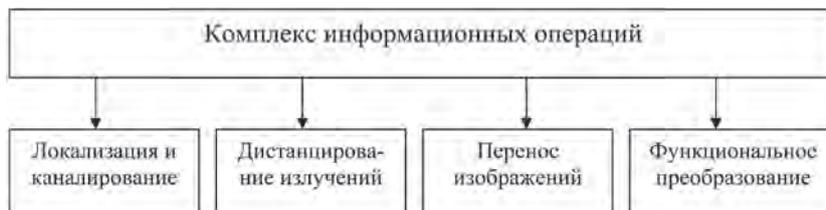


Рис. 1. Структура операционных преобразований в комбинированной дефектоскопии

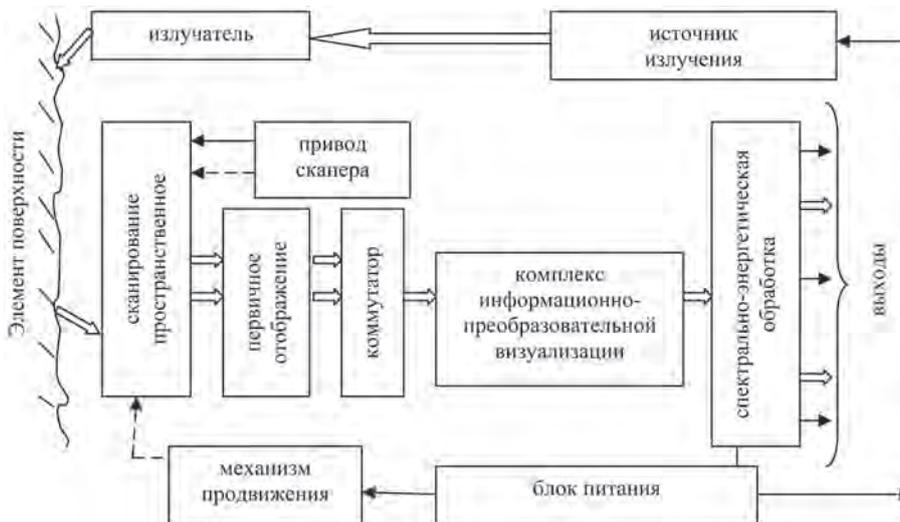


Рис. 2. Структура первичных преобразований в системе адаптивного сканирования с локальными связями: ⇔ – оптические; → – электрические; --- – механические

ных и длинномерных изделий. Изменяющийся рельеф поверхности, различие форм и размеров поперечных сечений создают дополнительные сложности в структуризации информационно-физических преобразований. Но в любом случае структура сканирования должна быть адаптирована к реальным условиям. Возможности современных способов с видеокамерами ограничены информационно-физическими эффектами оптических, электронных и электромеханических структур [2].

Совокупность информационных операций в комплексе информационно-физических преобразований представляет систему элементарных действий по согласованной трансформации излучений и сигналов (рис. 1). При этом наряду с локализацией, каналированием и дистанцированием излучений важное значение приобретают перенос изображений и функциональное преобразование.

Операции восприятия, локализации и каналирования требуют спектрально-энергетического согласования переносимого изображения и излучателя.

В такой структуре эффективно сканирование с гибким и направленно согласованным взаимо-

действием излучателя и элементом поверхности (рис. 2).

Сформированное излучение источника через излучатель направленно воздействует на поверхность. За счет механизма продвижения привод сканера снимает формируемое изображение, в котором проявляется реакция неоднородности на воздействующее излучение. Посредством коммутатора элементы изображения передаются в информационно-преобразовательный канал. Выходные сигналы этого канала согласовываются с входами блока спектрально-энергетической обработки, в котором проводится программно-алгоритмическая обработка изображений и выдается результат в требуемом виде, удобном для визуального восприятия дефектоскопистом.

В отдельных случаях могут быть реализованы упрощенные схемы сканирования в соответствии с поставленной задачей дефектоскопии и алгоритмом обработки. Эти цели в большей мере соответствуют структуре адаптивного сканирования, обеспечивающей соответствующую эффективность и повышенную выявляемость неоднородных зон дефектоскопируемой поверхности.

Литература

1. Схемотехника волоконно-оптических приборов в неразрушающем контроле / А. П. Марков и др.; под ред. А. И. Потапова. СПб: Изд-во СЗТУ, 1982.
2. Оптико-волоконное скопирование в литье и металлургии / А. П. Марков и др.; под общ. ред. Е. И. Маруковича. Минск: Белорусская наука, 2010.