



УДК 681.7.068: 620.179

Поступила 05.03.2014

Е. И. МАРУКОВИЧ, Е. М. ПАТУК, Институт технологии металлов НАН Беларуси,  
А. П. МАРКОВ, Е. В. ЕФИМЕНКО, Белорусско-Российский университет, О. Ю. БОНДАРЕВ, ПА «МЕГА»

## ВИЗУАЛЬНО-ОПТИЧЕСКАЯ ДЕФЕКТΟΣКОПИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТЛИВОК И ПРОКАТА

*Анализируются способы и средства визуально-оптической дефектоскопии поверхностей с адаптивной визуализацией первичных отображений дефектных мест.*

*Ways and means of visual and optical defectoscopy of surfaces with adaptive visualization of primary images of defective places are analyzed.*

В современных технологиях литейного производства и металлургии широкое применение находят способы и средства визуальной дефектоскопии поверхностных отливок изделий и форм. Для формирования первичных отображений изменяющейся поверхности используются различные излучения, посредством воздействия которых контролируемые участки генерируют первичную информацию, как реакцию объекта на такое воздействие. При этом преимущественное применение находят оптические и оптико-электронные структуры неразрушающего контроля. Оптические методы и оптическая информация более комфортны и оптическое изображение привычнее для наблюдателя, чем другие виды визуализации дефектных мест поверхности. Некоторая ограниченность оптических способов обусловлена приповерхностным взаимодействием воздействующего излучения оптического диапазона и элемента поверхности [1].

Способы и технологии эндоскопии, интроскопии, бороскопии как разновидности технологического контроля в основном предназначены для визуального наблюдения за изменчивостью поверхностей с представлением их информативных изображений непосредственно наблюдателю. По существу все они объединяются в современную область дефектоскопии – визуаскопию [2].

Для технологического контроля объектов литья и металлургии более рациональными являются оптические способы визуаскопии, когда наблюдатель получает первичное отображение в оптической форме. При появлении и наличии физических признаков аномальных отклонений, как потенциально

зарождающихся дефектов, формируется информативное изображение, в котором заложена первичная информация о количественных и качественных параметрах поверхностных отклонений [2].

Перспективны способы и технологии визуально-оптической дефектоскопии на основе световодных каналов дистанцирования оптических излучений и изображений. При этом для дистанцирования оптических излучений используется энергетический световод для ориентированного освещения участка поверхности. Его изображение последовательно дистанцируется по информационному световоду для непосредственного восприятия через окуляр наблюдателем [1].

Недостатки таких способов обусловлены особенностями учета характера реального взаимодействия воздействующего излучения автономного излучателя от источника питания (стационарного или переносного) с отражающим элементом поверхности. Несогласованная ориентация излучателя и приемника, энергетическая несогласованность излучения с отражающими свойствами реального элемента поверхности обуславливают сложности адаптации наблюдателя к непрерывно поступающим информативным излучениям. Значительный объем информации необходимо воспринимать и постоянно сравнивать с фотошаблонами (по картам) или по памяти с изображениями элементов поверхности с нормированными свойствами.

Способы визуально-оптической эндоскопии со ступенчатым регулированием напряжения источника питания и управлением пространственным положением дистального конца (приемника) ограничивают мобильность и оперативность. В таких

способах поиск поврежденных мест поверхности, управление пространственным положением дистального конца и двухступенчатое регулирование напряжения осуществляются оператором [2].

Наряду с этим субъективное воздействие оператора при управлении и регулировании в таких способах снижает достоверность и производительность визуальной дефектоскопии, так как не учитываются фактическое состояние поверхности и характер освещенности наблюдаемого участка (элемента, узла) ее. При сильной или слабой неравномерной засветке участка снижаются проявляемость и воспринимаемость потенциально поврежденных мест и не исключается пропуск дефектных зон поверхности.

В существующих способах скопирования, включающих воздействие на исследуемую зону поверхности оптическим излучением, восприятие и формирование оптического изображения освещенного участка поверхности осуществляются оператором. Для трансформации воспринятого изображения используется световодный канал [3]. Их недостатком является ограниченная проявляемость поврежденных мест поверхности и недостоверная восприимчивость оптических изображений из-за несогласованности энергетического воздействия излучения (излучателя) с фактическим состоянием рассматриваемой зоны поверхности (участка, элемента, узла и т. д.).

Большое энергопотребление при неуправляемой освещенности ограничивает мобильность и применимость такого способа и снижает достоверность, производительность и технико-экономическую эффективность способа визуаскопии (эндо-, интро-, бороскопии и др.).

В адаптивной визуально-оптической дефектоскопии, включающей воздействие на дефектируемый участок поверхности оптическим излучением и прием отраженного излучения с трансформацией воспринятого оптического изображения наблюдателю, используется управляемое оптическое излучение одновременно и согласованно воздействующее на поверхность по фактической освещенности и реальной отражательной способности. Спектрально-энергетическое регулирование воздействующего излучения осуществляется путем сравнения освещенности информативного изображения с нормированной освещенностью для данных условий. При их несоответствии проводится плавная регулировка воздействующего излучения, создающего оптимальную освещенность реальной поверхности с максимальной проявляемостью дефектных мест при минимальной яркости информативного изображения скопируемой зоны. Все это

реализуется в реальных пространственно-временных координатах визуаскопируемой поверхности [3].

Адаптивно управляемая дефектоскопия реализуется путем управления спектрально-энергетическими параметрами воздействующего излучения при воздействии на скопируемую зону поверхности по ее фактической освещенности и реальной отражательной способности. При пространственно-ориентированном и согласованном взаимодействии воздействующего спектрально-энергетического излучения и реальной поверхности и скопируемого изображения минимизируются потери энергии и информации.

В адаптивно управляемой визуаскопии одновременно воздействуют на скопируемую поверхность и принимают отраженное излучение и по отражательной способности поверхности управляют освещенностью рассматриваемой зоны через регулируемое воздействующее излучение. Прием оператором ориентирован на информативное излучение по спектрально-энергетическим параметрам с реальным информативным излучением отражающей поверхности. За счет прямой и обратной оптической связи управляемое спектрально-энергетическое воздействие на поверхностную зону осуществляется через воздействующее излучение, пространственно ориентированное на скопируемую зону поверхности.

Скопирование поверхностей в визуально-оптической дефектоскопии связано с техническими средствами, в конструкции которых встроены узлы и блоки для подсветки, поиска, формирования и отображения изображений, трансляции и других операций. Определяющим конструктивным отличием визуаскопов является операционная связь светотехнического, информационного и электро-механического устройств. Если в эндоскопах основным отличительным элементом является световод, то, например, в электронно-оптических визуаскопах – видеокамера.

В конструкции оптико-электронных визуаскопов должно обеспечиваться пространственно-временное объединение типовых элементов для освещения только осматриваемой зоны поверхности (объема), выделения и восприятия информативного изображения, трансформации этого изображения для зрительного восприятия. В такой конструкции источник питания, излучатель, система локализации и формирования информативного изображения, каналы светотехнический и информационный, устройство отображения и оператор работают одновременно [2].

Однако для таких визуаскопов характерна энергетическая и операционная несогласованность

в действиях и параметрах каналов и оператора. В течение всего процесса дефектоскопии все дорогостоящие функциональные устройства и оператор действуют в одном режиме, независимо от того, видно или не видно, есть сомнительные зоны или нет. Все это сказывается на восприимчивости и оперативности дефектоскопии. Позодвигательная и зрительная усталость сказываются на субъективности восприятия, что снижает достоверность и производительность оперативного контроля поверхностей отливок и проката.

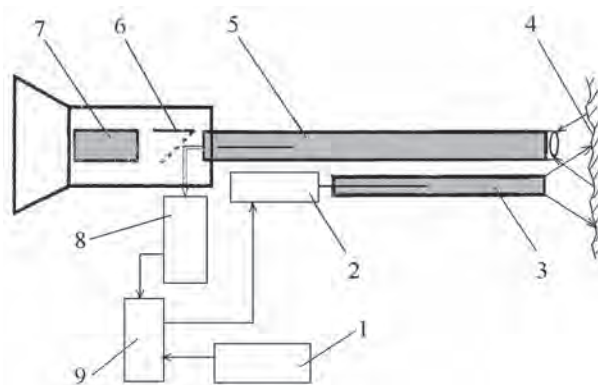
В структуре визуально-оптической дефектоскопии осветительный и информационный световодные каналы объединяются в единую формирующую оптическую систему: излучатель и приемник изображения, устройство отображения, источник излучения и информационный световод. При этом они через дефлектор оптически связаны с многозонным фотоприемником, по сигналу которого регулируется освещенность наблюдаемой зоны в оптимальных пределах чувствительности фотометрического канала и выявляемости поверхностных нарушений сплошности [4].

Наличие фотометрического канала со встроенным дефлектором и многозонным фотоприемником позволяет регулировать освещенность контрастной зоны поверхности в широких пределах.

За счет управления освещенностью анализируемой зоны поверхности в единых пространственно-временных координатах обеспечивается максимальная проявляемость аномальных мест поверхности при оптимальной яркости информативного изображения и минимальных затратах энергии автономного источника питания. Это позволяет исключить многократные осмотры и длительную работу мобильного источника питания, повышая чувствительность, достоверность и производительность дефектоскопии.

Конструктивно визуаскоп (см. рисунок) содержит источник питания 1, светодиодный источник излучения 2, световодный излучатель 3, освещающий поверхность 4, информационный световод 5, дефлектор 6, устройство отображения 7, многозонный фотоприемник 8, регулятор управления 9.

В такой структуре свет от светодиодного источника излучения 2, питаемого от источника питания 1, воспринимается входным торцом свето-



Конструктивная схема визуаскопа

водного излучателя 3, по которому это излучение каналируется и направленно передается на его выходной торец. Равномерно распределенным по выходному торцу световодного излучателя 3 светом освещается наблюдаемая зона поверхности 4. Отраженное ею информативное изображение воспринимается входным торцом информационного световода 5. Через устройство отображения 7 оператор рассматривается изображение наблюдаемой зоны поверхности 4. Периодически или оператором свет с выходного торца информационного световода 5 дефлектором 6 направляется на многозонный фотоприемник 8. При несоответствии нормируемой освещенности поверхности 4 регулятор 9 воздействует на источник питания 1 и светодиодный источник излучения 2, обеспечивая плавное управление световодным излучателем 3. За счет такого регулирования создается оптимальная освещенность реальной поверхности 4 с максимальной проявляемостью дефектных мест при минимальной яркости информативного изображения дефектной зоны.

За счет дефлектора информационный световод и источник излучения оптически связаны с многозонным фотоприемником, по сигналу которого регулируется освещенность наблюдаемой зоны в оптимальных пределах чувствительности фотометрического канала. Управление освещенностью анализируемой зоны поверхности в единых пространственно-временных координатах обеспечивает максимальную проявляемость и выявляемость дефектных мест при оптимальной яркости информативного изображения и минимальных затратах энергии автономного источника питания.

### Литература

1. Бычков, О. Д. Контроль внутренних поверхностей / О. Д. Бычков. М.: Энергия, 1975.
2. Визуально-оптическая дефектоскопия и размерный контроль в литейном производстве / Е. И. Марукович и др.; под общ. ред. Е. И. Маруковича. Минск: Белорусская наука, 2007.
3. Марукович, Е. И. Оптико-электронное скопирование внутренних поверхностей в литье и металлургии / Е. И. Марукович, А. П. Марков, Е. В. Ефименко и др. // Литье и металлургия. 2008. № 2 (46). С. 28–32.
4. Пат. РБ № 7789. Заявка 2011.03.05.