

УДК 620.179.111
ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАПИЛЛЯРНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Н.П. МИГУН, И.В. ВОЛОВИЧ

Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
ОАО «МОЗЫРСКИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД»
Минск, Мозырь, Беларусь

Одной из важнейших задач неразрушающего контроля является решение проблем ресурсо- и энергосбережения: своевременное выявление дефектов на любой стадии производства позволяет сэкономить материалы, энергетические и человеческие ресурсы, поскольку будут отсутствовать затраты на изготовление заведомо бракованных изделий из некачественных материалов. Первостепенную важность имеют неразрушающий контроль и техническая диагностика и для обеспечения функционирования потенциально опасных промышленных объектов (магистральные газо- и нефтепроводы, оборудование химических и нефтеперерабатывающих производств, транспортные средства и т.п.). Особенно это касается промышленных объектов, ресурс эксплуатации которых в значительной степени выработан. Все более широкое распространение в различных отраслях народного хозяйства получают методы неразрушающего контроля проникающими жидкостями. Их неоспоримыми преимуществами являются высокая чувствительность, а также применимость для выявления поверхностных дефектов в изделиях из материалов самого широкого диапазона свойств (магнитные и немагнитные, электро- и неэлектропроводные, керамические, полимерные, сплавы и др.).

Эффективность капиллярной дефектоскопии зависит, главным образом, от качества набора дефектоскопических материалов и от обеспечения оптимальных режимов реализации технологических стадий процесса контроля. Важнейшими физико-химическими свойствами дефектоскопических материалов являются поверхностное натяжение и вязкость пенетрантов, а также способность высохшего слоя суспензионного проявителя абсорбировать пенетрант из полости дефектов. При этом считается, например, что пенетрант с меньшей вязкостью μ предпочтителен, поскольку быстрее проникает в полости дефектов, тогда как на практике в некоторых случаях эффективнее применение более вязкого пенетранта. Не анализируется, почему существует диапазон оптимальных значений коэффициента поверхностного натяжения пенетранта $\sigma_{жг}$ $((2,5-3,5) \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{ м}^{-1})$, тогда как рост $\sigma_{жг}$ соответствует увеличению глубины пропитки пенетрантом полости дефекта. С другой стороны, отсутствуют сведения о влиянии на эффективность контроля степени летучести жидкой фазы суспензионных проявителей, полярности пенетрантов, о роли вязкости



пенетранта в протекании различных стадий процесса заполнения им дефектов. В данной работе показано, что влияние этих свойств может быть существенным.

Нетрудно показать, что движущей силой растекания пенетранта, как и капиллярного впитывания при неполном смачивании стенок дефекта, является не поверхностное натяжение пенетранта $\sigma_{жг}$, а адгезионное натяжение Σ , представляющее собой разность величин межфазных поверхностных энергий на границах раздела твердое тело – газ $\sigma_{тг}$ и твердое тело – жидкость $\sigma_{тж}$. На стадии же проявления миграция пенетранта в системе «пористый слой проявителя - полость дефекта» представляет собой, прежде всего, совокупность процессов пленочного натекания жидкости на поверхность зерен проявителя, а также ее капиллярного впитывания в слой проявителя. Именно этим объясняется то, что оптимальным является не максимальное значение поверхностного натяжения пенетранта, а соответствующее вышеприведенному диапазону.

Авторами были определены значения вязкости ряда распространенных проникающих жидкостей. Исследование корреляции между вязкостью и уровнем чувствительности для различных индикаторных жидкостей показало, что лучшую выявляемость поверхностных дефектов обеспечивают пенетранты с повышенной вязкостью. Особенно эффективно использование таких пенетрантов при контроле вертикально расположенных поверхностей диагностируемых объектов. В этом случае обеспечивается не только высокая чувствительность, но и достаточная продолжительность контакта жидкости с устьем дефекта, поскольку высоковязкий пенетрант медленнее стекает с поверхности контроля. Следует, однако, учитывать, что, как правило, с увеличением вязкости пенетрантов связано ухудшение смываемости их излишков перед нанесением проявителя.

Показано также, что полярность пенетранта, слабо влияющая на скорость капиллярной пропитки дефектов с раскрытием $R < 0,5$ мкм, может, с одной стороны, способствовать его более глубокому проникновению в трещины и поры посредством процесса двустороннего заполнения таких тупиковых дефектов, но, с другой стороны, – существенно замедлять этот процесс, увеличивая эффективную вязкость.

В работе экспериментально установлено, что чем быстрее высыхает слой проявителя, тем ярче и, соответственно, контрастнее индикаторный рисунок дефекта. Показано, что с уменьшением продолжительности высыхания слоя проявителя уменьшается и размытость индикаторного следа, что, в свою очередь, соответствует увеличению контрастности индикаторного рисунка, т.е. видимости выявляемого дефекта. Таким образом, скорость испарения жидкой фазы суспензионных проявителей может оказывать существенное влияние на производительность дефектоскопии.