

В.В. Плешаков¹, И.А. Скуматова¹, В.В. Борисенко²
(¹Академия ГПС МЧС России, ²ООО "НПЦ Кропус"; e-mail:odgpn@yandex.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Изучена возможность применения ультразвуковых дефектоскопов для оценки степени термического повреждения металлических изделий. Предложены рекомендации по применению ультразвуковой дефектоскопии металлов для решения задач пожарно-технической экспертизы.

Ключевые слова: ультразвуковая дефектоскопия, термические повреждения, скорость распространения ультразвука, пожарно-техническая экспертиза.

V.V. Pleshakov, I.A. Shkumatova, V.V. Borisenko THE USE OF ULTRASONIC TESTING OF METALS DURING FIRE EXAMINATION

We studied the possibility of using ultrasonic detectors to assess the extent of thermal damage to metal products. The recommendations for ultrasonic testing of metals for solving problems of fire-technical expertise.

Key words: ultrasonic testing, thermal damage, the ultrasound propagation speed, fire-technical expertise.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 8 октября 2014 г.

Для того, чтобы объективно и всесторонне провести экспертное исследование пожара, а также принять правильное и обоснованное экспертное решение о наличии или отсутствии причинных связей причинения вреда с действиями (бездействием) лиц, необходимо установить место возникновения и динамику пожара, условия, оказавшие влияние на его возникновение, развитие и негативные последствия пожара.

В соответствии с принятой в пожарно-технических исследованиях методикой [1], перед тем, как провести исследование процесса возникновения и развития пожара, необходимо определить очаг пожара, температурный режим пожара. Определение места первоначального возникновения пожара (очага пожара) производится, в том числе на основании результатов сравнительного исследования состояния конструкций, предметов и материалов после пожара, характера их повреждений огнем с учётом физических закономерностей протекания тепловых процессов в зоне горения и путей распространения огня.

Большую ценность для установления очага пожара представляют изделия и конструкции, выполненные из металлов, так как они негоряемы и в подавляющем большинстве случаев сохраняются с теми или иными изменениями на месте пожара. Широкое применение различных видов сталей, а также их сохранность после воздействия высоких температур делают сталь привлекательным объектом исследования при определении очага и динамики пожара, в том числе с использованием ультразвуковой дефектоскопии, которая является

одним из наиболее предпочтительных в силу достаточно простой реализации и возможности разработки малогабаритной аппаратуры.

В настоящее время ультразвуковой неразрушающий контроль в экспертизе пожаров применяется для исследования бетонных, железобетонных и некоторых других материалов. Специальных методик решения задач пожарно-технической экспертизы по исследованию металлов и сплавов с использованием ультразвуковой дефектоскопии в настоящее время не разработано.

Известно, что разные виды термической обработки по-разному влияют на скорость распространения ультразвука в металлах и сплавах.

Для изучения возможности применения ультразвуковых дефектоскопов для поиска очага, динамики и температурного режима пожара проводились экспериментальные исследования образцов, изготовленных из металлических уголков горячекатаной стали.

Объекты исследования – фрагмент металлического уголка $L = 100$ мм из конструкционной стали размерами 40×40 мм, толщиной 4,4 мм.

Оценка эффективности использования ультразвуковых дефектоскопов проводилась на примере ультразвукового дефектоскопа для промышленного и экспертного применения УСД-50 (ООО "НПЦ Кропус"). УСД-50 отличается компактностью, малым весом и исключительными точностью и производительностью.

Объекты исследования отжигали при различных режимах в муфельной печи СНОЛ 6-10:

- динамический режим (200-900 °С, средняя скорость подъема температуры – 7 °С/мин);

- изотермический режим (5-15 мин, температура 600 °С).

После остывания на воздухе металлических фрагментов проводилось измерение скорости *ультразвуковых волн (УЗ-волн)* в металле. Результаты измерения скорости приведены в таблицах и на диаграммах (рис. 1, 2).

Таблица 1

Результаты исследования скорости УЗ-волн в зависимости от температуры отжига (в динамическом режиме)

№ п/п	Температура T , °С	Время t , мин	Толщина образца фактическая S , мм	Скорость ультразвука V , м/с
1	200	10	4,4	6005
2	350	10	4,4	5993
3	500	10	4,4	5960
4	600	10	4,4	5928
5	700	10	4,5	5912
6	800	10	4,5	5975
7	900	10	4,6	5942

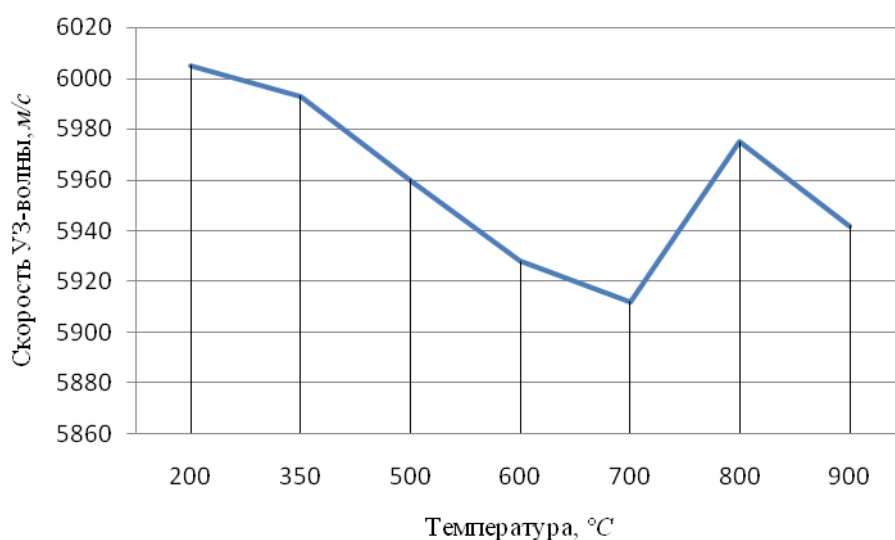


Рис. 1. Результаты исследования скорости УЗ-волн в зависимости от температуры отжига (в динамическом режиме)

Изменения скорости распространения УЗ-волн от температуры отжига в области эффективного применения метода 200-700 °C (в динамическом режиме) могут быть описаны следующей зависимостью:

$$y = -25,1x + 6034,9.$$

Таблица 2

Результаты исследования скорости УЗ-волн в зависимости от времени отжига (в изотермическом режиме)

№ п/п	Время t , мин	Толщина образца фактическая S , мм	Скорость ультразвука V , м/с
1	5	4,4	5945
2	10	4,4	5928
3	15	4,4	5921

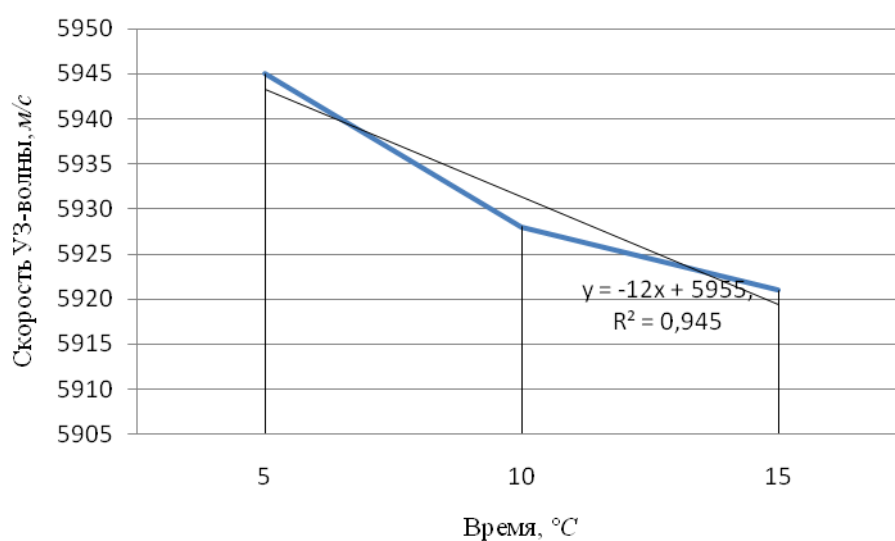


Рис. 2. Результаты исследования скорости УЗ-волн в зависимости от времени отжига (в изотермическом режиме)

Изменения скорости распространения УЗ-волн от времени отжига могут быть описаны следующей зависимостью:

$$y = -12x + 5955,3.$$

В результате исследования установлено, что при нагреве в динамическом режиме уменьшение скорости УЗ-волн начинается от 200 °С и заканчивается с началом процесса возникновения слоя высокотемпературного окисла (окарины) на поверхности изделия ≈ 700 °С. Таким образом, в пределах указанных температур зоне наибольшего теплового воздействия соответствует местонахождение металлоизделия с экстремально низкой скоростью УЗ-волны.

Данное обстоятельство позволяет на месте пожара путём измерения относительной скорости прохождения УЗ-волн на отдельных участках поверхности изделий и конструкций из конструкционных сталей выявлять зоны различных термических поражений. Сведения о расположении этих зон существенно облегчают обнаружение очага, путей распространения, температурного режима пожара и могут быть использованы для правильной квалификации пожара.

Для решения задачи реконструкции возникновения и распространения пожара с использованием ультразвуковой дефектоскопии металлов необходимо на месте пожара, исходя из его последствий, выбрать металлические конструкции для исследования.

Составляется план конструкции в масштабе и на плане делается разметка для прозвучивания. Точки нумеруются. Шаг прозвучивания выбирается в зависимости от степени поражения и размеров конструкции в пределах 25-50 см. Затем разметка с плана переносится с соблюдением масштаба на натуру. Конструкцию (изделие) подготавливают к ультразвуковому контролю при отсутствии видимых наружных дефектов. Форма и размеры исследуемой зоны должны позволять перемещать преобразователь в пределах, обеспечивающих прозвучивание акустической осью преобразователя или его части, подлежащей контролю.

Поверхность конструкции (изделия), по которой перемещают преобразователь, не должна иметь вмятин и неровностей, окарины. С образцов удаляется грязь, остатки краски и т.д.

Преобразователь накладывается на тонкий слой воды или специальной смазки для передачи механических колебаний пьезопластины преобразователя в исследуемый металл.

С однотипной конструкции вне зоны горения определяется средняя скорость волн, которая принимается за эталонную. Данный метод основывается на относительном измерении скорости УЗ-волн, так как рассчитать абсолютное значение скорости на малых толщинах не представляется возможным. Поэтому, для исследования не имеет смысла точное определение скорости, а лишь разница между принятым эталонным значением в металле, не подвергшемся пожару, и в местах горения. Главное, чтобы измерения проводились на одной настройке дефектоскопа УСД-50.

Измерения скорости УЗ-волн проводятся на однотипных элементах конструкции, расположенных в различных зонах пожара. Результаты измерений заносятся в таблицу.

Циклы измерений на одном объекте повторяются 4-6 раз, после чего рассчитывается средняя скорость УЗ-волны.

Подробно работа с дефектоскопом описана в руководстве к прибору [2]. Время, затрачиваемое на одно измерение, – не более 30 с.

Результаты измерения скорости УЗ-волны наносятся на план места пожара, после чего выявляются зона (зоны) с экстремально низким значением данного параметра. Зоне наибольшего теплового воздействия соответствует местонахождение металлоизделия с экстремально низкой скоростью УЗ-волны.

Литература

1. **Методология** судебной пожарно-технической экспертизы (основные принципы). Документ подготовлен Департаментом надзорной деятельности МЧС России (Воронов С.П., Попов А.В.) и Исследовательским центром экспертизы пожаров ВНИИПО МЧС России (Чешко И.Д., Антонов А.О., Кондратьев С.А.).

2. **Универсальный** ультразвуковой дефектоскоп УСД-50. Руководство по эксплуатации. НПЦ "Кропус".

3. **Муравьев В.В.** Скорость звука и структура сталей и сплавов. Новосибирск: Наука. 1996. 184 с.

4. **Применение** инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: сборник методических рекомендаций / Под ред. Чешко И.Д., Соколовой А.Н. С.-Пб.: С.-Пб. филиал ВНИИПО МЧС России, 2008.

5. **Богатищев А.И., Зернов С.Ю., Карнов С.Ю.** Методы решения задач пожарно-технической экспертизы: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009.

6. **Лобаев И.А., Плешаков В.В., Вечтомов Д.А., Данилов А.М.** О пожарной опасности нагретых деталей выхлопного тракта легкового автомобиля // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 1 (53). 2014. 4 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.

7. **Карнов С.Ю., Матюшина Е.А., Данилов А.М., Плешаков В.В., Волошенко А.А.** Осмотр места пожара Методические рекомендации к выполнению контрольной работы по дисциплине "Расследование и экспертиза пожаров". М.: Академия ГПС МЧС России, 2013.

8. Интернет-ресурс <http://ipb.mos.ru/ttb>.