



Обмен опытом

Ultrasonic Inspection of Working Cylinders of Heavy Hydraulic Press

Yu. I. Kapuskin, A. P. Moiseev, I. A. Surkov, I. V. Timokhin

The procedure of fatigue cracks ultrasonic detection in invisible zones of heavy hydraulic press working cylinders is presented.

Контроль методом ультразвуковой дефектоскопии рабочих цилиндров мощных гидравлических прессов

Об авторах

Сотрудники ООО «Надежность Плюс», г. Москва:



Капускин Юрий Иванович

Начальник лаборатории неразрушающих методов контроля, II уровень по УЗК, АЭ, капиллярному и визуально-измерительному методам НК.

Моисеев Артем Павлович

Главный инженер



Сурков Иван Александрович

Заместитель генерального директора, к. т. н.

Тимохин Игорь Владимирович

Инженер-прочист

Мощные гидравлические presses, осуществляющие процессы обработки материалов давлением, развивают самые большие среди технологических машин силы. Эти силы создаются рабочими цилиндрами, в которые подается рабочая жидкость высокого давления (рис. 1). В гидравлических прессах в зависимости от их конструкции и назначения могут быть один, два или несколько рабочих цилиндров, общая сила которых и создает силу пресса. Необходимость создания больших сил в ограниченных объемах рабочих цилиндров вызывает в зонах конструктивных концентраторов (галтели фланца и днища, отверстия для подвода рабочей жидкости) напряжения, превышающие предел выносливости материала цилиндров. Концентраторы напряжений, в которых возникают и начинают развиваться трещины усталости, расположены в недоступных для наблюдения местах. Это приводит к тому, что возникновение и постепенное развитие трещины обнаруживается внезапно или при полном разрушении цилиндра, или при длине трещины, исключающей возможность дальнейшей эксплуатации рабочего цилиндра.

Расчеты цилиндров, проведенные методом конечных элементов, показали, что максимальные напряжения возникают на поверхности галтели фланца и днища (рис. 1). В этих зонах и происходит зарождение трещин. Начальный рост трещины в галтели происходит под углом 45° к оси цилиндра. В дальнейшем поверхность распространения трещины по глубине стенки стремится к плоскости, нормальной к оси цилиндра.

На рис. 2 показана схема распространения трещины в днище цилиндра силой

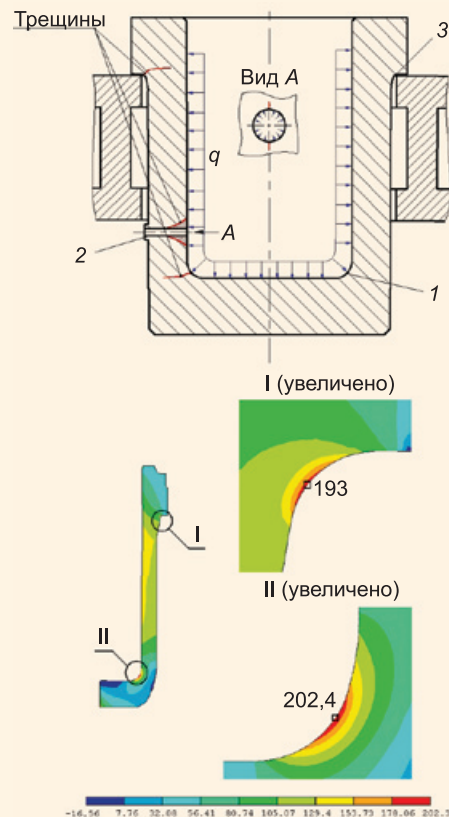


Рис. 1. Схема рабочего цилиндра гидравлического пресса с фланцевым опиранием и расположение зон с максимальными напряжениями: 1 – галтель днища; 2 – отверстие для подвода рабочей жидкости; 3 – галтель фланца

50 МН пресса, работающего в линии производства железнодорожных колес. Процесс возникновения и распространения трещины оставался незамеченным до выхода трещины на внешнюю поверхность и начала интенсивного

истечения рабочей жидкости. Размеры и ориентация трещин получены методом УЗК после демонтажа цилиндра. Трещина имела значительную площадь, поэтому цилиндр признан не подлежащим восстановлению.

На рис. 3 показан разрушенный цилиндр пресса силой 20 МН. После постепенного роста трещины до критических размеров при очередном нагружении

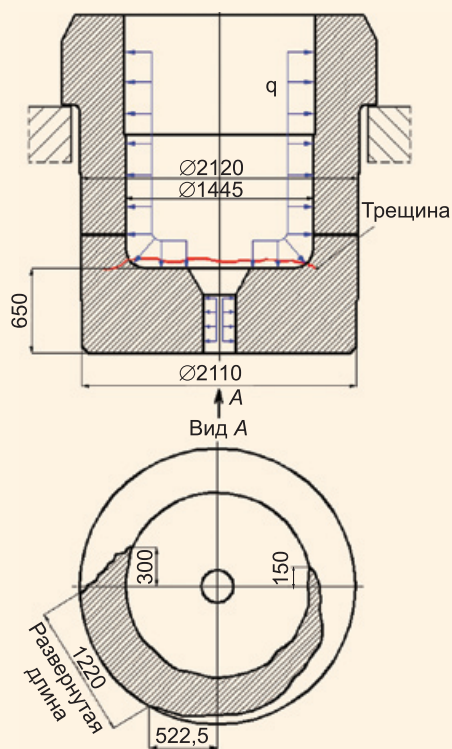


Рис. 2. Схема расположения трещины в днище рабочего цилиндра силой 50 МН

цилиндра произошло его внезапное разрушение с полным отделением фланца от обечайки цилиндра. Поверхность распространения трещины ориентирована перпендикулярно оси цилиндра.

Трещины в зоне отверстия для подвода рабочей жидкости (рис. 1) полностью расположены в радиальной плоскости, проходящей через верхнюю и нижнюю точки окружности отверстия. Это определяется тем, что окружные напряжения, действующие в стенке цилиндра, перпендикулярны радиальным плоскостям.

Периодический НК рабочих цилиндров в процессе эксплуатации дает возможность выявить трещины на ранних стадиях развития, своевременно провести ремонт цилиндров и обеспечить возможность их дальнейшей эксплуатации без уменьшения номинальной силы. Для контроля зон фланца и днища применяется ультразвуковой эхо-импульсный метод с применением прямого совмещенного ПЭП. Схема контроля приведена на рис. 4.

Контроль галтели фланца цилиндра осуществляется с торца прямым совмещенным ПЭП. Сканирование проводится от края фланца к центру. Пороговый уровень для обнаружения дефектов устанавливается по амплитуде донного эхо-сигнала, отраженного от противоположной поверхности фланца высотой h_{ϕ} (соответствует положению «а» на рис. 5).



Рис. 3. Разрушение цилиндра пресса силой 20 МН по галтели фланца. Плоскость распространения трещины перпендикулярна оси цилиндра

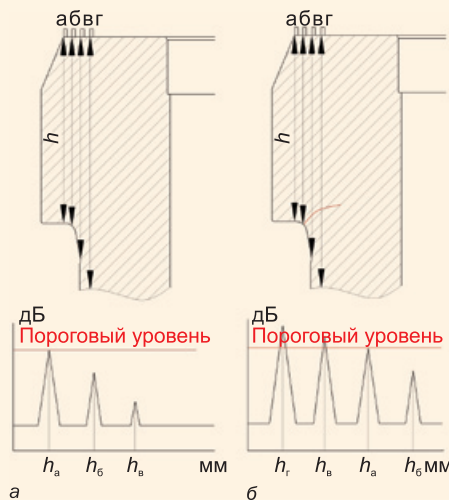


Рис. 5. Схема контроля галтели фланца и изображение эхо-сигнала на экране дефектоскопа: а – на бездефектном участке; б – на дефектном участке

На экране дефектоскопа по горизонтальной оси откладывается глубина от отражающей сигнал поверхности, по вертикальной оси – амплитуда сигнала в децибелах. На бездефектном участке при сканировании от края к центру (рис. 5а, направления а – г) эхо-сигнал смещается вправо по экрану, а его амплитуда уменьшается. При нахождении ПЭП над стенкой гидроцилиндра эхо-сигнал исчезает. При прохождении ПЭП над дефектом (рис. 5б) эхо-сигнал увеличивается по амплитуде и смещается влево на экране дефектоскопа, т. к. глубина отражения сигнала от поверхности меньше, чем на бездефектном участке.

Работы по дефектоскопии галтелей фланцев были проведены для цилин-

дров гидравлического пресса окончательной формовки нефтегазовых труб силой 200 МН. Силу пресса создают 6 рабочих цилиндров силой 33,3 МН каждый, расположенных на продольной оси пресса. Контроль состояния галтелей фланцев цилиндров выполнен дефектоскопом «VOTUM» с применением прямого совмещенного ПЭП на частоте 2,5 МГц.

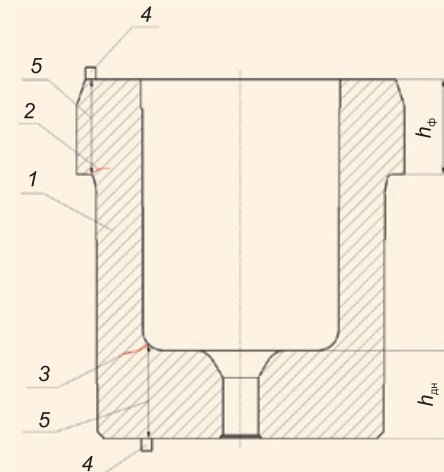


Рис. 4. Схема УЗК рабочего цилиндра: 1 – корпус гидроцилиндра; 2 – трещина в галтели фланца; 3 – трещина в галтели днища; 4 – ПЭП; 5 – направление распространения ультразвуковой волны

Обследование проводилось во время планового предупредительного ремонта без демонтажа цилиндров. Размеры трещины, обнаруженной на одном из цилиндров, показаны на рис. 6. Для предупреждения дальнейшего развития трещины и полного разрушения с отрывом фланца цилиндр был демонтирован. Размер трещины в галтели фланца после демонтажа цилиндра подтвержден другими методами НК. Расхождения по протяженности дефекта, определенной разными методами, составили не более 3%.

Контроль галтели днища гидроцилиндра осуществляется с внешней поверхности дна цилиндра аналогично контролю галтели фланца. Отличие состоит в том, что сканирование производится от центра к краю гидроцилиндра, а настройка чувствительности производится по толщине днища $h_{\text{дн}}$ гидроцилиндра. На рис. 7 показаны расположение и размеры обнаруженной по этой методике трещины в днище цилиндра силой 35 МН пресса для производства железнодорожных колес. В данном случае трещина была обнаружена при сравнительно небольшой протяженности по толщине стенки, что позволило восстановить цилиндр сваркой. Сварка была осуществлена в цеховых условиях по специальной тех-

нологии без предварительного подогрева цилиндра и его термообработки после сварки.

В рабочих цилиндрах с боковым расположением отверстия для подачи рабочей жидкости усталостные трещины образуются по схеме, показанной на рис. 1. Наличие прилива в зоне отверстия на внешней стороне стенки ограничивает применение наклонных ПЭП.

В рабочем цилиндре силой 10 МН пресса для производства древесно-волокнистых плит отверстие для подвода рабочей жидкости имело диаметр 68 мм. При проведении работ по УЗК в отверстии была обнаружена трещина размером 10×4 мм. После зачистки наличие трещины подтверждено визуально. При проведении ремонта геометрические размеры трещины полностью подтвердились.

вода рабочей жидкости настройка индикации дефектоскопа осуществляется в режиме радиосигнала, а сканирование осуществляется по краю отверстия.

3. Периодическая дефектоскопия рабочих цилиндров в процессе эксплуатации ультразвуковым методом дает возможность выявить трещины на ранних стадиях развития, своевременно провести ремонт цилиндров и обеспечить воз-

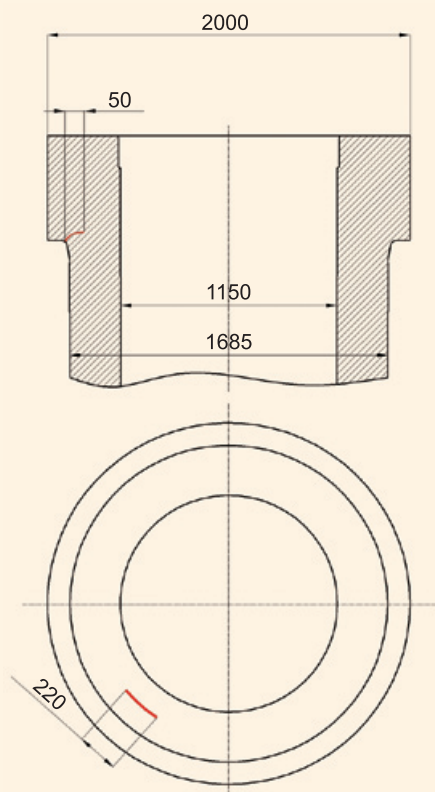


Рис. 6. Расположение и размер дефекта, обнаруженного в галтели фланца рабочего цилиндра силой 33,3 МН

В связи с этим контроль проводится прямым совмещенным ПЭП с максимальной рабочей частотой, обеспечивающей устойчивый донный эхо-сигнал от внутренней стенки занимал весь экран дефектоскопа. На бездефектном участке виден один импульс. При наличии дефекта левее донного эхо-сигнала появляется еще один импульс меньшей амплитуды. Схема контроля и изображение эхо-сигнала на экране дефектоскопа на дефектном участке представлены на рис. 9.

Трещина, показанная на рис. 8, ориентирована параллельно ультразвуковому лучу, поэтому отражающая поверхность дефекта минимальна. В этом случае настройка индикации дефектоскопа осуществляется в режиме радиосигнала, а сканирование осуществляется по краю отверстия. Чувствительность выбирается таким образом, чтобы донный эхо-сигнал от внутренней стенки занимал весь экран дефектоскопа. На бездефектном участке виден один импульс. При наличии дефекта левее донного эхо-сигнала появляется еще один импульс меньшей амплитуды. Схема контроля и изображение эхо-сигнала на экране дефектоскопа на дефектном участке представлены на рис. 9.

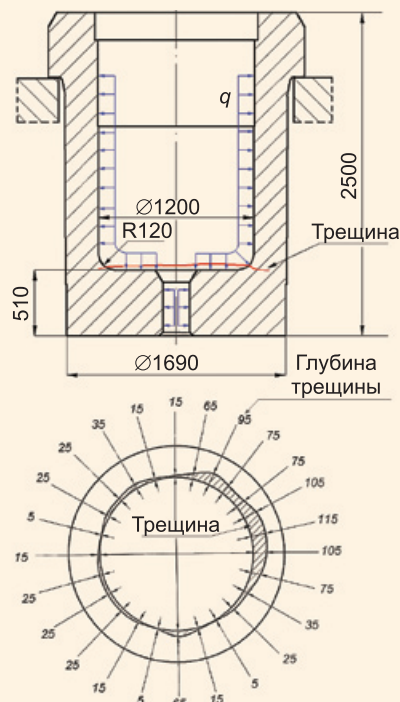


Рис. 7. Размер и расположение трещины в днище цилиндра в днище цилиндра силой 35 МН

Выводы

1. Предложены, апробированы и экспериментально обоснованы методики УЗК рабочих цилиндров гидравлических прессов, позволяющие обнаружить трещины малой протяженности (на ранней стадии развития) в галтелях фланца и днища и в отверстиях для подвода рабочей жидкости.

2. Контроль зон возникновения максимальных напряжений осуществляется ультразвуковым эхо-импульсным методом с использованием прямого совмещенного ПЭП. При контроле отверстия для под-

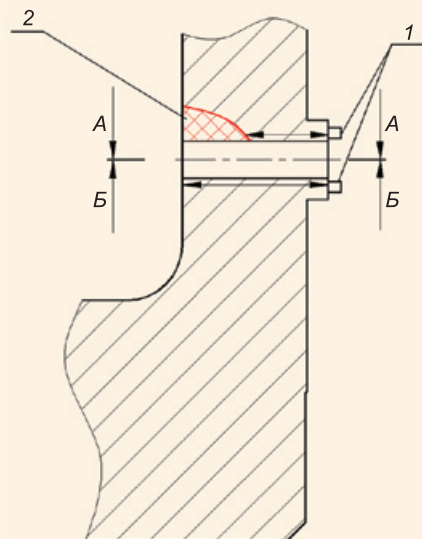


Рис. 8. Схема контроля контура отверстия для подвода рабочей жидкости: 1 – ПЭП; 2 – трещина

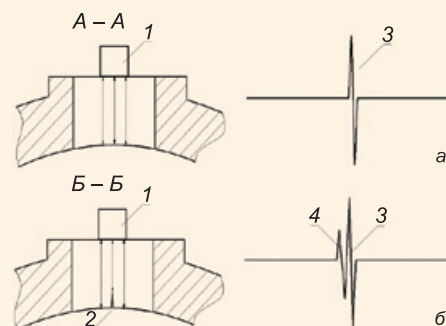


Рис. 9. Схема контроля и изображение эхо-сигнала на экране дефектоскопа на бездефектном (а) и дефектном (б) участках: 1 – расположение ПЭП; 2 – трещина; 3 – донный эхо-сигнал; 4 – эхо-сигнал от трещины

можность их дальнейшей эксплуатации без уменьшения номинальной силы.

Статья получена 27 января 2009 г., в окончательном виде 20 февраля

