

МЕХАНИЧЕСКИЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛА ОТВЕТСТВЕННЫХ ИДЕНТИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Видьманов Владислав Николаевич, магистрант гр. ТСМ-171.

Научный руководитель: Абабков Н. В., к.т.н., доц.

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Введение

Важной задачей современного машиностроения является обеспечение долговечности деталей машин, которая в существенной мере определяется качеством поверхностного слоя [1]. Особенно это важно в настоящее время в условиях импортозамещения. Во многих отраслях промышленности эксплуатируется техника иностранного производства, оригинальные запасные части для которой нет возможности приобрести. Поэтому предприятия, эксплуатирующие данную технику ищут, производителей аналогов деталей и узлов. Довольно часто металл таких деталей-аналогов оказывается некачественным, что приводит к их поломке в гораздо более ранний срок [2].

При оценке состояния металла с помощью разрушающего контроля необходимо строго выполнять условия проведения испытаний, которые изложены в нормативной документации. Недостатком данного контроля является то, что это часто длительный процесс, который приводит к разрушению испытуемого образца. Неразрушающий контроль устраняет данные недостатки, поэтому неразрушающий контроль и диагностика являются приоритетными направлениями в задачах обеспечения контроля физико-механических свойств металла изделий [1].

Методы неразрушающего контроля, применяемые в настоящее время, используются в основном для обнаружения существующих дефектов и не позволяют, в необходимой мере, определять степень изменения структуры. В этом отношении перспективны акустические и магнитные методы. Однако многие детали машин изготавливаются не из ферромагнитных материалов, что не дает возможности контролировать их магнитными методами. Поэтому акустические методы, в том числе спектрально-акустический метод, в этом отношении, являются универсальными. Измеряемые характеристики, такие как время и скорость задержки поверхностных акустических волн и, чувствительны к изменениям структуры металла и зарождению микрповреждений, а также имеют связь с механическими свойствами материалов [3]. К настоящему времени сделаны попытки применения данного метода для оценки работоспособности и остаточного ресурса сосудов работающих под давлением [4–7], роторов паровых турбин высокого давления [8–10], сварных соединений паропроводов [11–13], а также для контроля металла поверхностных слоев, полученных различными методами упрочнения и механической обработки [14–18].

Материал и методики исследования

В настоящей работе исследованы образцы металла аналогов такой детали как шток поршня гидроцилиндра карьерного экскаватора (рис. 1) разрушающими и неразрушающими (спектрально-акустический метод) методами контроля.



Рис. 1. Внешний вид гидроцилиндра экскаватора

Химический состав металла исследуемых деталей определяли при помощи оптико-эмиссионного спектрометра Q4 Tasman. Твердость металла измеряли при помощи универсального твердомера DuraVision-30. Анализ микроструктуры производили на оптическом микроскопе Axio Observer. Для изучения структуры было вырезано по одному образцу из каждого фрагмента цилиндра, которые были запрессованы в смолу. Запрессованные в смолу образцы подвергались шлифовке, полировке и травлению в 4 %-ном растворе азотной кислоты. Испытания на ударную вязкость проводили при комнатной температуре на маятниковом копре Izod Pendel, тип образцов с U-образным концентратором.

Время и скорость задержки поверхностных акустических волн определяли измерительно-вычислительным комплексом «АСТРОН», который предназначен для оценки физико-механических характеристик и напряженно-деформированного состояния материала ответственных элементов различных технических объектов [4].

Датчик состоит из двустороннего клина из оргстекла 1 с углом ввода ультразвука 27° (для объектов контроля из стали), излучателя 2 и приемника 3 релеевских волн с центральной частотой 4 и 6 МГц. База (расстояние между поверхностями излучения и приема) может варьироваться в широких пределах в зависимости от геометрических размеров зон измерения.

Обсуждение результатов

Для таких деталей как поршни гидроцилиндров установлены различия по химическому составу металла между оригиналом и аналогами. По паспорту оригинал изготавливается из стали SM45C (сталь 45). Из аналогов наиболее близким оказался вариант, изготовленный из материала, наиболее соответствующего стали 50. Таким образом отклонение по содержанию С между оригиналом аналогами составило более 5%.

При анализе микроструктуры было выявлено, что структура металла образцов фрагментов гидроцилиндров состоит из феррито-перлитной смеси, структура мелкозернистая, зерна имеют вытянутый характер. Во всех исследованных образцах обнаружены дефекты в виде неметаллических включений и микротрещины в металле образца фрагмента цилиндра, разрушенного по штоку. Размер неметаллических включений неодинаковый.



Рис. 4. Структура металла образцов фрагментов цилиндров, $\times 200$:
а – разрушенного по проушине; б – разрушенного по штоку

Результаты испытаний на ударную вязкость показали следующее: металлу оригиналов соответствуют значения KCU 70–80 Дж/см², тогда для металла образца фрагмента цилиндра, разрушенного по штоку получено значение KCU 18 Дж/см², а для металла образца фрагмента цилиндра, разрушенного по проушине – 16 Дж/см². По твердости существенных различий выявлено не было, а время задержки поверхностных акустических волн менялось в пределах от 4691 нс в металле оригинала до 4752 нс в металле аналогов.

По результатам сопоставления исследования образцов металла разрушающими и неразрушающими методами контроля построены зависимости ударной вязкости от времени задержки поверхностных акустических волн (рис. 6).

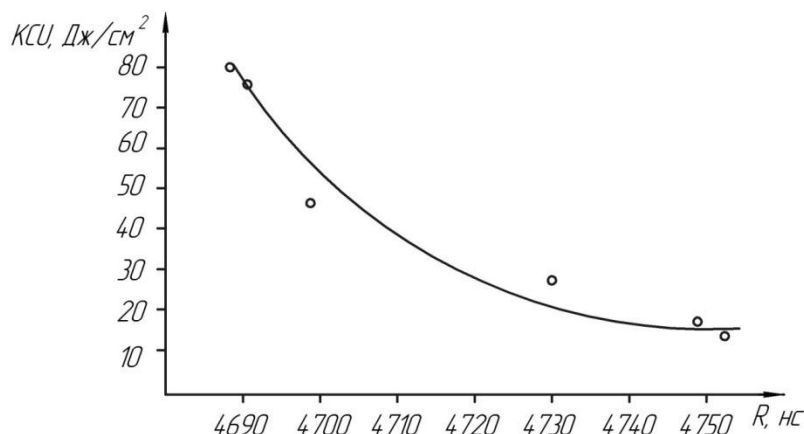


Рис. 6. График зависимости ударной вязкости KCU (Дж/см²) от времени задержки поверхностной акустической волны R (нс)

Из представленного графика видно (рис. 6), что со снижением значений ударной вязкости происходит рост значений времени задержки поверхностной акустической волны. Данная зависимость может быть использована для оценки состояния оборудования по характеристикам неразрушающего контроля.

Вывод

В работе исследованы образцы металла оригиналов и аналогов такой детали как поршень гидроцилиндра разрушающими и неразрушающими методами контроля. Установлено, что для данной детали наблюдается значительный разброс данных по химическому составу металла, ударной вязкости и характеристикам неразрушающего контроля. Это дает основание рекомендовать производителям и поставщикам деталей более ответственно подходить к входному контролю качества. Проведено сопоставление результатов исследования образцов металла разрушающими и неразрушающими методами контроля, которое показало, что спектрально-акустический метод неразрушающего контроля может быть применен для контроля качества ответственных деталей машин в условиях импортозамещения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, соглашение № 14-19-00724 и гранта Президента РФ для поддержки молодых кандидатов наук, МК-1341.2017.8.

Список литературы

1. Горкунов, Б. М. Анализ методов и устройств для контроля упроченного слоя металлических изделий / Б. М. Горкунов, А. А. Тищенко // Сборник научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ»: Электроэнергетика та перетворювальна техніка, №12 – Вестник НТУ «ХПИ», 2010. – С. 128–135.
2. Муравьев, В. В. Контроль остаточных напряжений в бандажах локомотивных колес методом акустоупругости / В. В. Муравьев, Л. В. Волкова, Е. Н. Балобанов // Дефектоскопия, 2013. – №7. – С. 22–28.
3. Фольмер, С.В. Разработка технологии оценки ресурса сварных соединений трубопроводов с применением спектрально-акустического метода / автореф. на соиск. степ. канд. техн. наук. – Барнаул, 2009. – 19 с.
4. Смирнов, А. Н. Использование УЗ-сигналов для идентификации НДС / А. Н. Смирнов, В. Ю. Блюменштейн, А. А. Кречетов, Н. А. Хапонен // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – С. 32–36.
5. Смирнов, А. Н., Абабков, Н. В., Фольмер, С. В. Способ неразрушающего контроля длительно работающего металла эксплуатируемых элементов теплоэнергетического оборудования. Патент РФ, №2532141. 2014.
6. Смирнов, А. Н. Структурно-фазовое состояние, поля внутренних напряжений и акустические характеристики в длительно работающем металле поврежденного барабана котла высокого давления / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, Э. В. Козлов и др. // Контроль. Диагностика. – 2012. – №7. – С. 13–17.
7. Смирнов, А. Н. Структурная поврежденность сталей и ее оценка спектрально-акустическим и электронно-микроскопическим методами // Контроль. Диагностика. – 2004. – № 4. – С. 13–18.

8. Смирнов, А. Н. Микроструктура, поля внутренних напряжений и акустические характеристики металла разрушенного ротора паровой турбины / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, Э. В. Козлов и др. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2014. – Т. 57. № 10. – С. 67–71.

9. Быкова, Н. В. Неразрушающий контроль качества металла паровых турбин. Современное состояние и перспективы / Н. В. Быкова, Н. В. Абабков, А. Н. Смирнов, И. С. Быков // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2015. – № 4. – С. 45–52.

10. Смирнов, А. Н. Структурно-фазовое состояние разрушенного ротора паровой турбины высокого давления / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, Э. В. Козлов и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. 2015. – № 12 (726). – С. 50–57.

11. Смирнов, А. Н. Критерии оценки технического состояния длительно работающего металла оборудования ТЭС на основе акустической структуроскопии / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, В. В. Муравьев и др. // Дефектоскопия. – 2015. – № 2. – С. 44–51.

12. Смирнов, А. Н. Повреждаемость сварных соединений. Спектрально-акустический метод контроля / А. Н. Смирнов, Н. А. Конева, Н. А. Попова и др. // М.: Машиностроение, 2009. – 278 с.

13. Смирнов А. Н. Локальные поля напряжений в сварных соединениях, спектрально-акустический метод их выявления и синергетический подход к материаловедению / А. Н. Смирнов, С. В. Фольмер, Н. В. Абабков // Вестник КузГТУ. – 2009. – №3. – С. 28–38.

14. Махалов, М. С. Определение остаточных напряжений упрочненного поверхностного слоя методами неразрушающего контроля // сборник трудов II-ой Международной научно-практической конференции «Инженерия поверхностного слоя деталей машин». – Минск: БНТУ, 2010. – С. 241-242.

15. Смирнов, А. Н. Градиентные структуры при обработке металлов резанием / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабков, Э. В. Козлов и др. – Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2013. – 179 с.

16. Никитенко, М. С. Разработка комплекса средств технической диагностики, восстановления и упрочнения элементов горнодобывающего оборудования / М. С. Никитенко, К. В. Князьков, Н. В. Абабков др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № S6. – С. 447–456.

17. Мирошин, И. В. Оценка взаимосвязей параметров механического состояния металла с сигналами акустической эмиссии / И. В. Мирошин, О. А. Останин // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2006. – № 2. – С. 44–50.

18. Блюменштейн, В. Ю. Исследование влияния истории нагружения на сигналы акустической эмиссии (АЭ) / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Кречетов, И. В. Мирошин и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2005. – № 4. – С. 54–57.