

УДК 621.165

МЕТОД МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Каранкевич В.В., Таранчук А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Качан С.А.

Основными источниками возникновения повреждений в металле оборудования и конструкций являются зоны концентрации напряжений, определение которых является одной из важнейших задач диагностики.

Процессами, предшествующими эксплуатационному повреждению, являются изменения свойств металла (коррозия, усталость, ползучесть) в зонах концентрации напряжений. Соответственно, изменяется намагниченность металла, отражающая фактическое напряжённо-деформированное состояние трубопроводов, оборудования и конструкций.

В настоящее время в России разработан и успешно внедряется на практике принципиально новый метод диагностики оборудования и конструкций, основанный на использовании магнитной памяти металла (МПМ) [1, 2, 3]. ООО "Энергодиагностика" является головным разработчиком метода МПМ и приборов неразрушающего контроля, основанных на его использовании.

Основная задача метода МПМ - определение на объекте контроля наиболее опасных участков и узлов, характеризующихся зонами концентрации напряжений.

Затем, с использованием, других методов неразрушающего контроля, например, ультразвукового контроля в зонах концентрации напряжений определяется наличие конкретного дефекта. На основе поверочного расчёта на прочность наиболее напряжённых узлов, выявленных методом МПМ, выполняется оценка реального ресурса оборудования.

Метод МПМ и соответствующие приборы контроля позволяют:

- выполнять раннюю диагностику усталостных повреждений и прогнозировать надёжность оборудования;
- определять на объекте контроля с точностью до 1мм место и направление развития будущей трещины, а также фиксировать уже образовавшиеся трещины;
- документировать результаты контроля и составлять банк данных о состоянии оборудования;
- осуществлять экспресс-сортировку новых и старых деталей по их предрасположенности к повреждениям и пр.

Рассмотрим применение этого метода для диагностики состояния лопаточного аппарата паротурбинных установок [4].

Контроль проводится на выпуклой поверхности лопатки со стороны входа и выхода пара. Схема контроля лопаток приведена на рисунке 1.

Сканирование датчиком прибора типа ИКН проводится от корневого сечения лопатки к периферийному или наоборот. Все операции по контролю лопаток рекомендуется проводить поэтапно для лопаток внутри отдельной ступени.

В процессе контроля на экране прибора типа ИКН отображаются графики распределения поля рассеяния H_p по длине лопатки. Результаты контроля записываются в память прибора для дальнейшей обработки на IBM-совместимом компьютере.

По результатам контроля определяются лопатки, работающие в наиболее напряженных условиях. Такими лопатками являются те, у которых линии концентрации напряжений и деформации (линии концентрации напряжений) расположены поперечно перу лопатки, и имеющие максимальный градиент поля H_p : $K_{ин} = dH_p/dx$.

Значение градиента поля $K_{ин}$, характеризующего уровень остаточных напряжений в лопатке, определяется автоматически и отображается на экране по вызову оператора. В

методике контроля указываются предельные значения градиента поля, предшествующие образованию трещин.

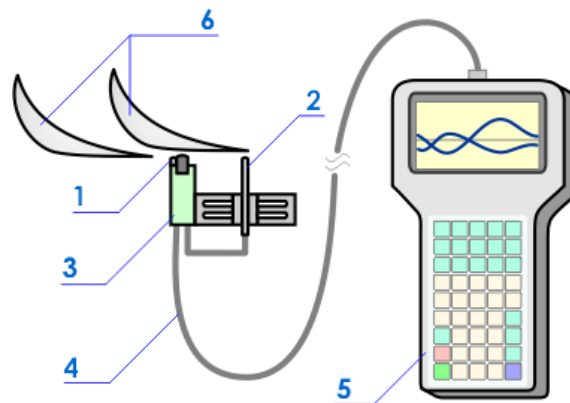
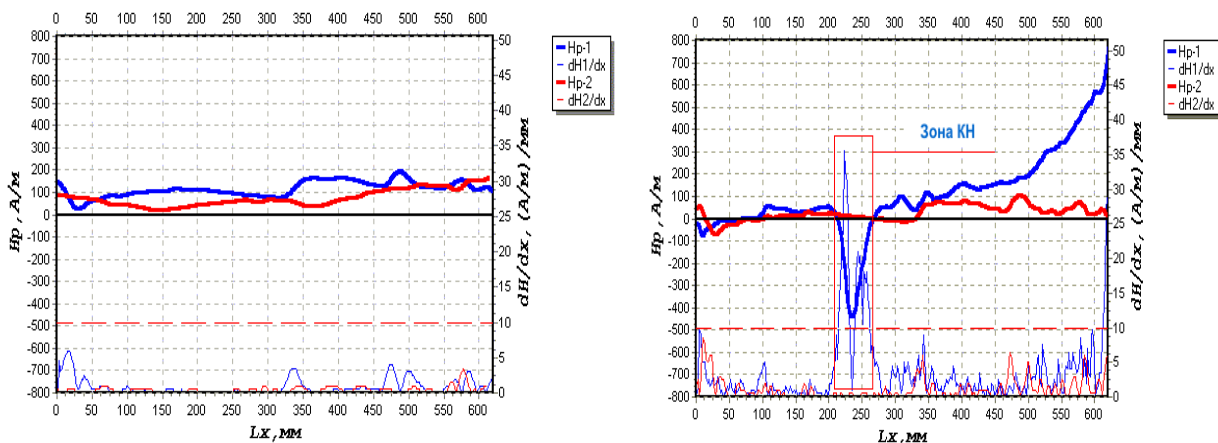


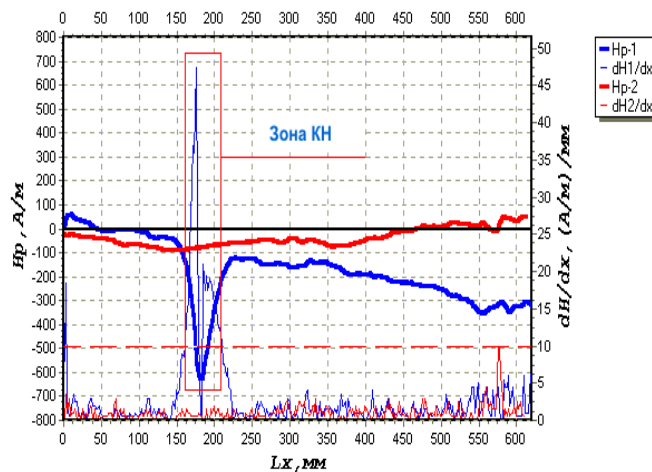
Рисунок 1. Схема контроля турбинных лопаток с использованием прибора типа ИКН и сканирующего устройства Тип 2: 1, 2 - феррозондовые преобразователи; 3 - устройство измерения длины; 4 - соединительный кабель; 5 - прибор типа ИКН; 6 - лопатки

На рисунке 2 представлены результаты контроля лопаток №№ 31, 32 и 33 ступени №33 ротора низкого давления (РНД) паровой турбины К-300-240 Конаковской ГРЭС с использованием метода магнитной памяти металла.



а)

б)



в)

Рисунок 2. Распределение поля H_p : лопатка №31 (а), №32 (б) и №33 (в).

Распределение поля H_p и, соответственно, градиента поля (dH_p/dx), зафиксированное на лопатке № 31 (рисунок 2,а), характеризует удовлетворительное ее состояние.

Из рисунков 2,б и 2,в видно, что на лопатках №32 и №33 на расстоянии 180-200 мм от корня зафиксировано резкое изменение поля H_p и, соответственно, градиента поля $K_{ин}$.

По имеющемуся опыту такие значения $K_{ин}$ близки к предельным. Отметим, что численные значения $K_{ин}$ в определённой степени зависят также от чувствительности используемых приборов контроля.

На рисунке 3 показаны участки зон концентрации напряжений с максимальной величиной градиента поля $dH/dx(K_{ин})$. Выявленные зоны концентрации напряжений располагались в местах смены знака поля H_p .

Линии H_p , показанные на рисунке 3, были выявлены при более подробном обследовании лопаток №32 и №33.

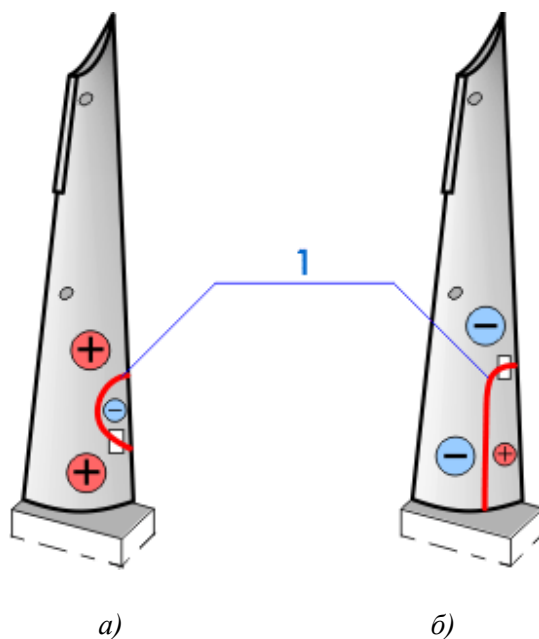


Рисунок 3. Линии концентрации напряжений (1), выявленные на поверхности лопаток №32 (а) и №33 (б)

В этих зонах концентрации напряжений следует ожидать развития повреждений лопаток, что было подтверждено металлографическим исследованием.

На фрагментах структуры (увеличение $\times 500$), представленных на рисунке 4,а и б, видно ярко выраженное коррозионно-усталостное повреждение металла, соответствующее состоянию предразрушения лопаток №32 и №33.

Отметим, что максимальная поврежденность структуры металла была обнаружена при исследовании именно в зонах максимального градиента поля H_p , зафиксированного при контроле вблизи линии концентрации напряжений.

Структура металла на расстоянии всего лишь 100 мкм от линии концентрации напряжений удовлетворительная, как можно увидеть, например, на фрагменте структуры, приведенном на рисунке 4,в для лопатки №33.

Из проконтролированных более чем 800 лопаток РНД с использованием метода магнитной памяти металла выявлено всего три лопатки в состоянии предразрушения. Нарботка указанных лопаток на дату контроля составила ~ 200000 час.

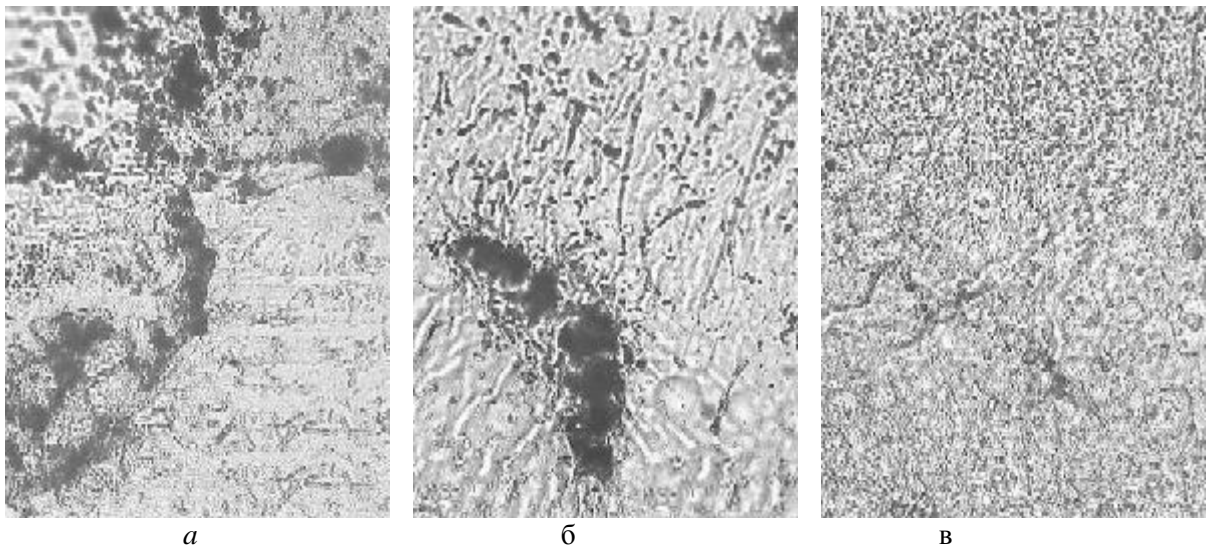


Рисунок 4. Фрагменты структуры (увеличение $\times 500$) лопаток №32 (а) и №33 (б, в)

В заключение отметим, что в ходе промышленной проверки рассматриваемого метода контроля в фирме ООО "Энергодиагностика" [4] накоплен банк данных по количественным значениям $K_{ин}$ для лопаток, находящихся в состоянии предразрушения для последних ступеней турбин типа ПТ-60-130, К-100, К-200, К-300.

Литература

1. Дубов А.А. Метод магнитной памяти металла. История возникновения и развития. М.: ФГУП Издательство "Известия", 2011. 256 с.
2. Власов В.Т., Дубов А.А. Физические основы метода магнитной памяти металла. М.: ЗАО "ТИССО", 2004, 424с.
3. Дубов А.А., Дубов Ал.А., Колокольников С.М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля. Учебное пособие. М.: Издательский дом "Спектр", 2012. 395 с.
4. Дубов А.А. Диагностика турбинного оборудования с использованием магнитной памяти металла. М.: ЗАО "ТИССО", 2009. 148 с.

Диагностика лопаток паровых турбин / ООО "Энергодиагностика" // <http://www.energodagnostika.ru/app-mmm-blade.html>