

НУЖЕН ЛИ ПОВТОРНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ РОТОРА СО СТОРОНЫ ОСЕВОГО КАНАЛА?

Согласно Типовой инструкции по контролю металла [1] (п. 3.3.5, стр. 55) контроль со стороны осевого канала роторов эксплуатирующихся при температуре выше 450 °С следует проводить после наработки 100 тыс. ч и исчерпания паркового ресурса. Этот контроль включает в себя следующие виды: визуальный контроль (ВК), магнитопорошковую дефектоскопию (МПД) или токовихревой (ТВК) контроль поверхности канала и ультразвуковой контроль зоны глубиной 80 мм, считая, от поверхности канала.

Инструкция СО153-34.17.440-2003 уточняет объём контроля металла турбин проводимый после отработки паркового ресурса. В части ультразвукового контроля ротора со стороны осевого канала это уточнение сводится к следующему: «В том случае, если ультразвуковой контроль ротора проводился после 100 тыс. ч. эксплуатации и недопустимых дефектов при этом выявлено не было, повторный контроль ротора этим методом после исчерпания паркового ресурса допускается не проводить» ([2] п. 2.1.2.).

Считается, что если в металле ротора нет дефектов выходящих на поверхность осевого канала заложенных при металлургическом переделе (так называемых «металлургических»), то при эксплуатации дефекты (эксплуатационные дефекты) внутри поковки вала возникнуть не могут.

Ниже приводятся результаты контроля ротора турбины К-50-90-3 (ст. №5 Воркутинской ТЭЦ-2) которые не совсем вписываются в установку о невозможности возникновения и роста эксплуатационных дефектов в толще поковки вала ротора.

Первый раз контроль со стороны осевого канала этого ротора был проведён в 2000 году при наработке 220000 часов¹. Парковый ресурс этой турбины ($P_{ном} = 9$ МПа, $T_{ном} = 535$ °С) согласно ([1] табл. 2.2, стр. 11) составляет в часах 270000.

Контроль был проведён в полном объёме (ВК, ВТК, УЗК). Недопустимых дефектов обнаружено не было.

Предписываемый Типовой инструкцией [1] «контроль после исчерпания паркового ресурса» на этой турбине был проведён в 2005 г. при наработке 265 тыс. ч. На поверхности осевого канала методами ТВК и ВК дефектов обнаружено не было. А при ультразвуковом контроле на глубине 45–49 мм от поверхности канала в районе 1–19 ступени² обнаружены одиночные и протяженные дефекты, амплитуда которых значительно (на 20–30 ДБл) превышала браковочный уровень³. Общее количество обнаруженных дефектов – 7 шт. (см. рис 1).

Было принято решение оставить ротор в эксплуатации на один год, и после этого провести повторный контроль.

При проведении контроля в 2006 г видимого роста и увеличения количества дефектов не обнаружено (контроль проводился на роторе, со стороны автомата безопасности без вскрытия цилиндра). Из-за короткого срока ремонта ротор был недостаточно охлаждён и имел температуру около 70°С.

В 2011 году при наработке турбины 305588 часов был проведён очередной контроль металла этого ротора. В этот контроль было зафиксировано значительное увеличение количества недопустимых дефектов – 21 дефект (см. рис. 2). Амплитуда для большинства дефектов, как и при контроле 2005 г, значительно (на 20–30ДБл) превышала браковочные значения (согласно СО 153-34.17.421-2003). Все обнаруженные дефекты, расположены на глубине 45–49 мм от поверхности канала.

¹ Так часто бывает, что время первого контроля ротора со стороны осевого канала отличается от 100 тыс. часов.

² Цельнокованные ступени ротора – «бочка» ротора.

³ Для одиночных дефектов, согласно ([2] п. 6.1.2.6) браковочным уровнем является амплитуда отражённого сигнала от эквивалентного отражателя Ø 6 мм. Для протяжённых дефектов браковочный уровень принимался на 6 ДБл выше, чем контрольный уровень фиксации, который определяется ([2] п. 6.1.2.6) эквивалентным плоскодонным отражателем $S=3$ мм², (Ø2 мм).

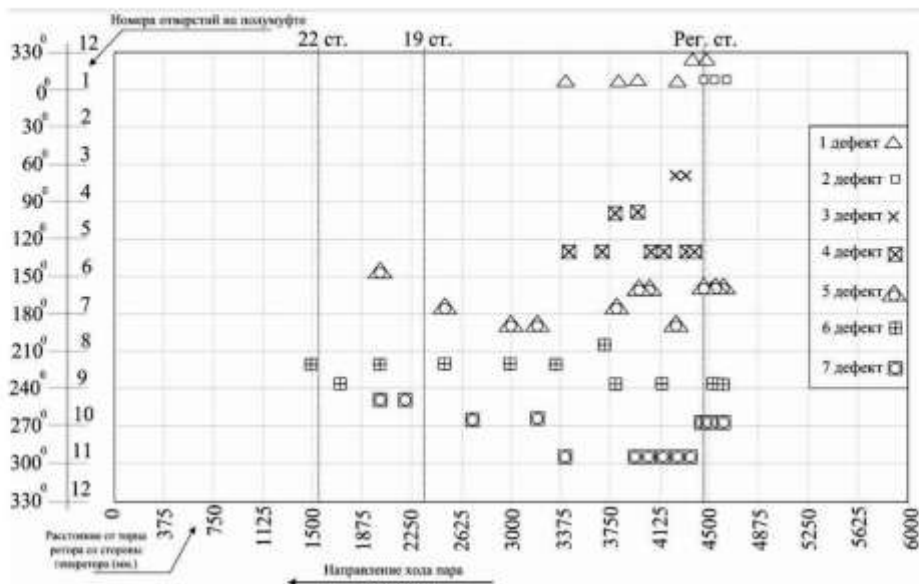


Рис. 1. Развертка поверхности осевого канала

Большинство дефектов протяжённые, некоторые длиной до 1 метра и имеют выраженную направленность по винтовой линии. Сравнивая результаты контроля видно, что:

- 1) количество дефектов к 2011 году выросло в 3 раза.
- 2) дефекты выстраиваются параллельно друг другу по винтовой линии.

При визуальном контроле поверхности осевого канала, проведенном после удаления окалины и шлифовки, обнаружена спиралевидная волнистость поверхности осевого канала в зоне «бочки» под цельноковаными ступенями (фото 1, 2). Все фотографии сделаны со стороны автомата безопасности (по ходу пара). Эта волнистость может свидетельствовать о винтообразной остаточной деформации вала ротора. При предыдущих обследованиях такая деформация не наблюдалась.

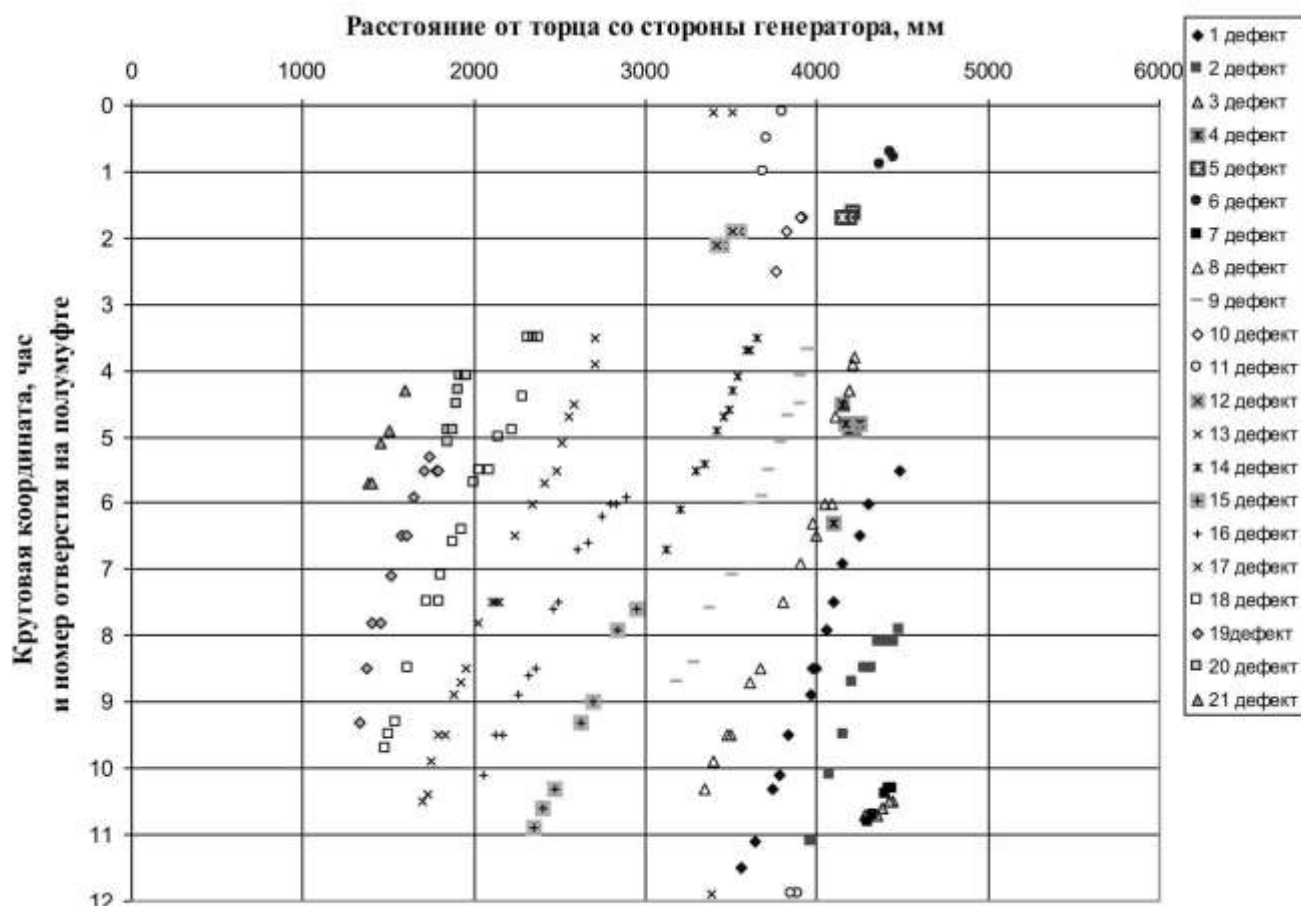


Рис. 2

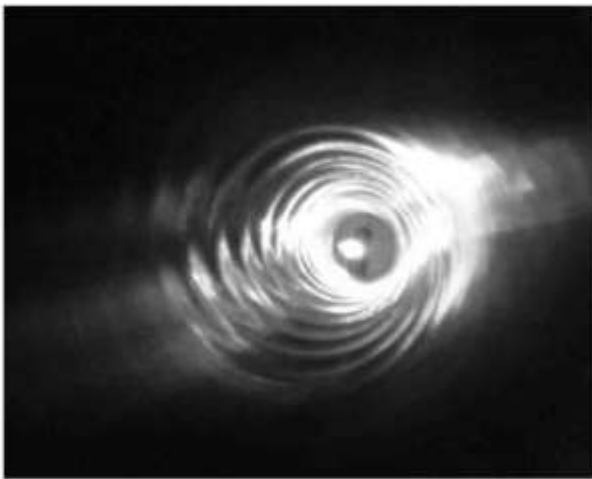


Фото 1

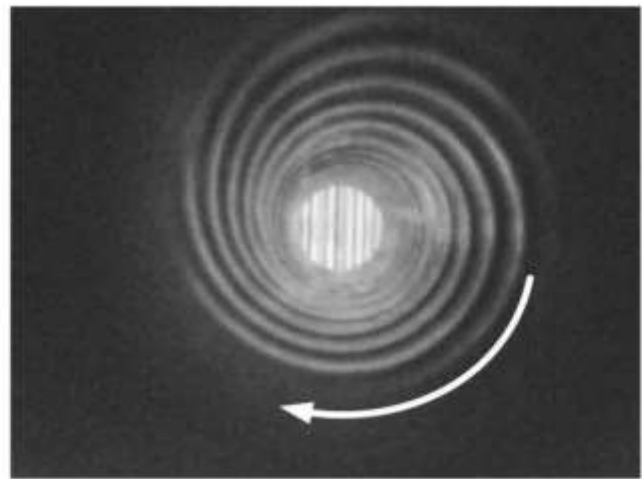


Фото 2.

Стрелкой показано направление вращения ротора

По значениям измеренного диаметра был составлен график. Он представлен на рис. 3. Из приведенного графика видно, что шаг спирали около 200 мм, а амплитуда ~ 0,1 мм (размах ~ 0,2мм.)

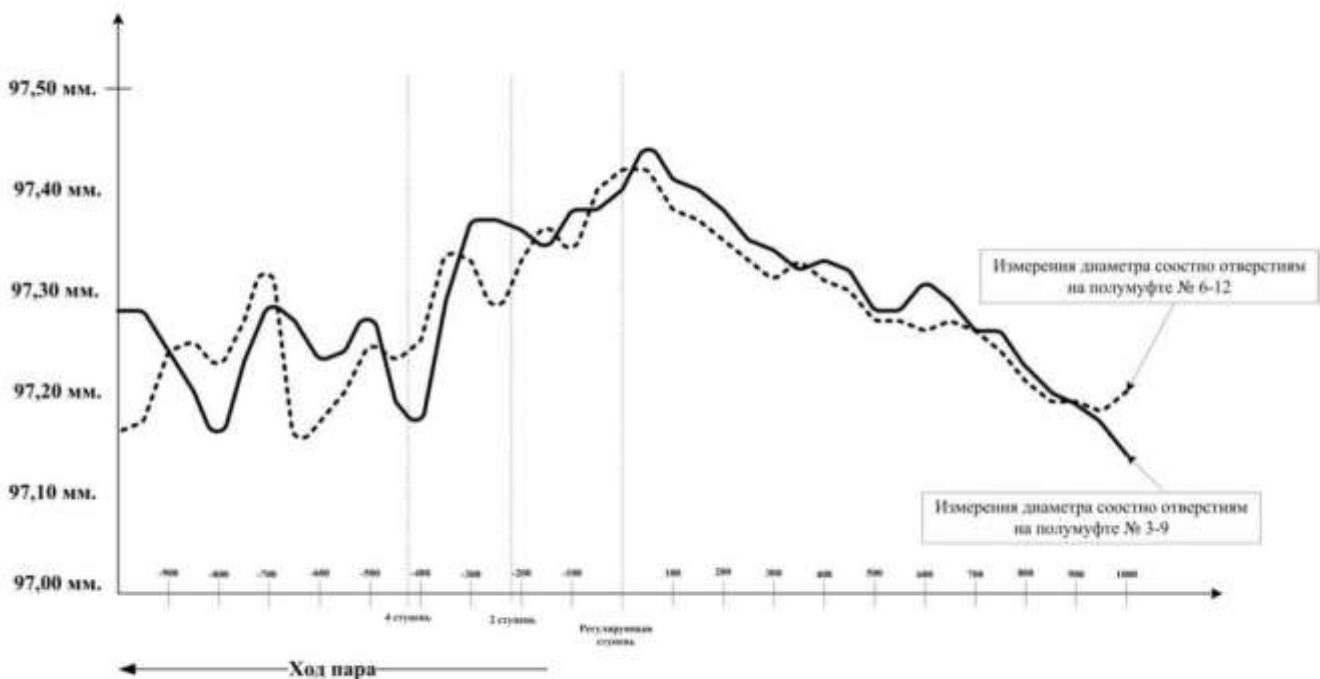


Рис. 3

Данный случай показывает, что отсутствие дефектов в толще поковки ротора при контроле после 100 тысяч часов вовсе не исключает того, что они не появятся при дальнейшей эксплуатации.

Результаты контроля данного ротора ставят массу вопросов, на которые пока нет внятных ответов. Перечислим эти вопросы.

1. Почему не в самой мощной турбине, с невысокой температурой пара ($T_{ном} = 535 \text{ }^\circ\text{C}$) да ещё и в роторе из стали Р2 обнаруживается деформация скручивания вала?
2. Почему все дефекты расположены практически на одной глубине.
3. Что за дефекты такие, что в начале они имели явную направленность вдоль оси вала, а через 6 лет стали закручиваться по спирали?

Список литературы

1. РД 10 - 577 - 03 . Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций М. ГУП «НПЦ «Промышленная безопасность» 2003 г., 128 с.
2. СО 153 - 34.17.440 - 2003 . Инструкция по продлению срока эксплуатации паровых турбин сверх паркового ресурса М. ЦПТИ ОРГРЭС, 2004 г., 172 с.