

УДК 620.172.251.2

Р.Г. Ахмедов

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН

Наиболее ответственным и дорогостоящим элементом паровых турбин является лопаточный аппарат. Лопатки турбин работают в сложных эксплуатационных условиях, включающих влияние повышенных температур, знакопеременных статических и динамических нагрузок, воздействие агрессивных сред, вызывающих коррозионное и эрозионное повреждение поверхности. Все это увеличивает опасность повреждения и разрушения лопаток паровых турбин. Вместе с тем следует учесть, что выход лопаток из строя является одной из наиболее тяжелых и дорогостоящих аварий, вызывающих длительные простои турбины.

Известно [1,2], что в условиях низкотемпературной ползучести, а также при сочетании ползучести и усталости разрушение металла протекает путем развития дефектов-микротрещин и микропор, формирующихся преимущественно по границам зерен. В аналогичных условиях протекает эксплуатация лопаток паровых турбин.

Именно поэтому можно ожидать, что при длительной эксплуатации лопаток паровых турбин в них развиваются микроповреждения, которые и приводят к снижению ресурса работоспособности. В литературе вопрос о развитии микродефектов в лопатках турбин отражен явно недостаточно.

В настоящем исследовании было детально изучено накопление микродефектов в лопатках паровых турбин после их длительной эксплуатации, а также намечены пути их устранения. Рассмотрены также трансформация структуры и изменение твердости в результате длительной эксплуатации.

Исследованию были подвергнуты лопатки из стали 20Х13, 20,21 и 26 ступеней ротора среднего давления турбины №8 ТЭЦ 22 Мосэнерго, которые эксплуатировались при температуре 120-150°C и давлении 0,2-0,3 МПа длительностью 113-164 тысячи часов. Для выявления общих закономерностей развития повреждений были

выбраны турбинные лопатки длиной 250 мм с одной и двумя бандажными связями и длиной 170 мм с одной бандажной связью.

Основным методом определения степени поврежденности металла турбинных лопаток в результате длительной эксплуатации, а также после восстановительной термообработки был выбран метод прецизионного определения плотности, заключающийся в последовательном взвешивании каждого исследуемого образца на воздухе и в тетрабромэтаноле. Это обеспечивало точность определения плотности до 0,01 % (0,7кг/м³).

Сталь 20Х13 относится к мартенситному классу, поэтому после исходной термообработки (закалка с температуры 950°С-1050°С, отпуск 650°С-750°С в течении 3 часов) её структура представляет собой мартенсит отпуска. Ударная вязкость в исходном состоянии составляла 1,0-1,2 МДж/м², а твердость НВ 217-223.

После эксплуатации все лопатки имели структуру сорбита, ориентированного по мартенситу. При этом ударная вязкость понизилась до 0,7-0,8 МДж/м², а твердость возросла до НВ 235-241. Снижение энергии разрушения в 1,5 раза и некоторое повышение твердости можно предположительно связать с процессом выделения дисперсных карбидных фаз в процессе длительной эксплуатации.

Во всех исследованных лопатках было изучено развитие поврежденности как поперек, так и вдоль лопатки, т.е. получены эпюры распределения плотности по сечению каждого исследованного объекта.

В результате проведенного исследования удалось показать, что плотность материала лопатки не однородна и изменяется как вдоль, так и поперек лопатки. Однако, характер изменения плотности является общим для всех исследуемых лопаток, он не зависит от размера лопатки, типа бандажной связи срока её эксплуатации.

На рис.1 представлены кривые изменения плотности материала исследованных лопаток в поперечном направлении. Сечения выбирались вблизи замка или бандажной связи. Для всех лопаток оказалось, что плотность материала на выходной кромке минимальна. Это хорошо согласуется с ранее полученными результатами магнитного и ультразвукового контроля лопаток, с помощью которого было показано, что на выходной кромке материал

повреждается в наибольшей степени. Снижение плотности на выходной кромке материала лопаток составило 4-7 кг/м³.

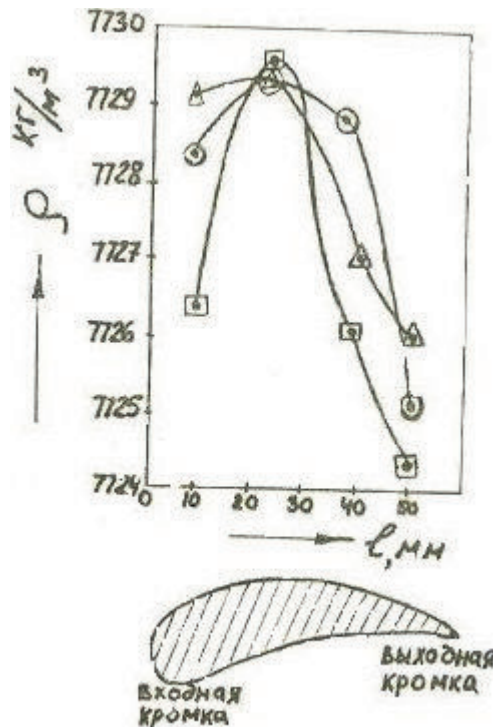


Рисунок 1 - Изменение плотности стали 20Х13 по сечению лопаток после эксплуатации ПЗ, 154 и 164 тыс. часов

Единая закономерность изменения плотности всех исследованных лопаток после их длительной эксплуатации свидетельствует об общности физических причин, вызывающих развитие поврежденности. Наиболее эффективных путей увеличений сплошности материала длительно работающего энергооборудования является восстановительная термообработка. Результатом этой обработки является многократная фазовая перекристаллизация поврежденного металла, в процессе которой интенсифицируются диффузионные процессы и ускоряется залечивание микродефектов. Этот метод получил название восстановительной циклической термообработки. Восстановительная термообработка проводилась по следующему режиму: нагрев до 1050°С, выдержка 15 минут, охлаждение на воздухе (обработка повторялась пять раз), отпуск 750°С в течение 3 часов.

В результате такой обработки плотность наиболее поврежденных частей лопаток паровых турбин возрастала на 5-7 кг/м³. При этом плотность материала не нагруженной части лопатки в результате обработки практически не изменялась. Таким образом было показано,

что в результате восстановительной обработки удастся полностью устранить микродефекты, образовавшиеся в лопатках паровых турбин при их многолетней эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куманин В.И. Структура, поврежденность и работоспособность теплостойкой стали при длительной эксплуатации. Металловедение и термическая обработка металлов; 1981, №3, с.37-40.
2. В.И. Куманин, Л.А.Ковалева, С.В.Алексеев. Долговечность металла в условиях ползучести. М., Металлургия, 1988,с.222.

Получено __.__.2006 г.