

$$Q_2 = \frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial R}{\partial x} + \frac{S}{xh} - \sigma_{ж.г} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} \right) \left(h\delta^2 - \frac{\delta^3}{3} + h^2\delta \right) + \frac{\tau_0}{\mu} \left(\delta h - \frac{\delta^2}{2} \right) - U_{пн}h. \quad (14)$$

Аналогичные выражения получим и для увлекаемого ЛКМ

$$Q_1 = \frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial R}{\partial x} + \frac{\sigma_{ж.г}}{xh} \right) \left(h\delta^2 - \frac{\delta^3}{3} + h^2\delta \right) + \frac{\tau_0}{\mu} \left(\delta h - \frac{\sigma^2}{2} \right) + U_{пн}h. \quad (15)$$

Полученные соотношения представляют математическую модель формирования жидкого адгезированного слоя ЛКМ на движущуюся подложку и могут быть использованы для управления и оптимизации данного технологического процесса.

УДК 621.643.03 : 620.17

О ПРИЧИНАХ РАЗРУШЕНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ КОЛЛЕКТОРА ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ КОТЛА

Ю. К. ОПЯКИН, В. М. АЛЕКСАНДРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Комплексное использование древесины сопровождается крупными затратами тепловой и электрической энергии. Улучшение качества электроснабжения — важная задача, решение которой в значительной степени зависит от безаварийной работы энергетического оборудования.

Исследование причин разрушений отдельных узлов и деталей оборудования способствует решению этого вопроса.

В частности, на одной из ТЭЦ на котлах ТМ-84Б были обнаружены трещины в сварных швах приварки пароперепускных труб диаметром 133×13 мм к коллекторам конвективного пароперегревателя диаметром 219×32 мм, изготовленных из стали 12Х1МФ. Как показал микроскопический анализ, трещины глубоко уходят в тело коллектора. Максимальная протяженность трещин 150 мм при глубине до 14 мм.

Характер развития трещин и результаты выборки дефектов в металле одного из коллекторов в местах приварки штуцеров представлены на рис. 1. Твердость металла шва находится на уровне 160...190 НВ, а твердость основного металла коллектора — 135...137 НВ (рис. 2, табл. 1).

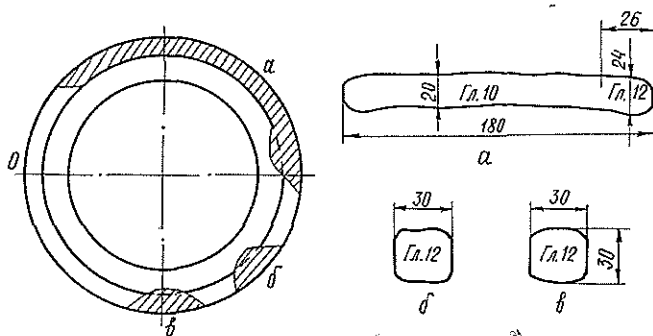


Рис. 1. Выборка металла сварного шва штуцера коллектора

Магистральные трещины развиваются снаружи и по мере распространения их вглубь рельеф излома становится более грубым.

Микроскопический анализ показал, что от магистральной трещины вдоль границ зерен расходятся множество микротрещин и микроразрывов аналогичного характера, заполненных окислами.

В зависимости от конфигурации труб и их ориентации в пространстве трещины расположены как с передней, так и с задней сторон коллекторов. Для количественных оценок напряжений выполнены расчеты напряженного состояния, перемещений отдельных сечений в результате температурных расширений труб и нагрузок на сварные швы в месте приварки штуцера к коллектору конвективного пароперегревателя по программе АСТРА для ЭВМ ЕС.

В программе полностью реализованы требования РТМ 24.038.08—72 по расчету трубопроводов энергетических установок на прочность.

Рис. 2. Срез участка сварного шва в районе трещины: арабскими цифрами обозначены точки замера твердости; римскими — сечения для микроскопического анализа металла

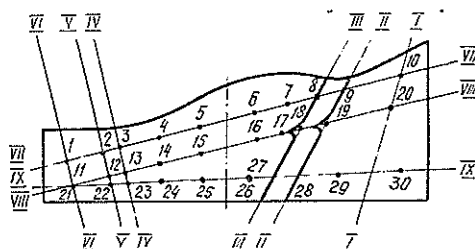


Таблица 1

Результаты испытаний на твердость сварного шва коллектора конвективного пароперегревателя (материал 12Х1МФ)

Точки замера твердости	Размер, мм	НВ	Точки замера твердости	Размер, мм	НВ	Точки замера твердости	Размер, мм	НВ
1	133 × 12	147	11	219 × 26	144	21	219 × 26	144
2	219 × 26	139	12	219 × 26	144	22	219 × 26	147
3	219 × 26	159	13	219 × 26	190	23	219 × 26	185
4	219 × 26	185	14	219 × 26	185	24	219 × 26	185
5	219 × 26	176	15	219 × 26	169	25	219 × 26	185
6	219 × 26	185	16	219 × 26	172	26	219 × 26	185
7	219 × 26	185	17	219 × 26	169	27	219 × 26	180
8	219 × 26	172	18	219 × 26	153	28	219 × 26	147
9	219 × 26	133	19	219 × 26	141	29	219 × 26	137
10	219 × 26	135	20	219 × 26	135	30	219 × 26	137

Таблица 2

Результаты расчета пароперепускной трубы на совместное действие всех нагружающих факторов для рабочего состояния

Номер сечения	Эквивалентные напряжения $\sigma_{\text{э}}$, МПа	
	без учета овальности	с учетом овальности
0	140,8	
1	84,6	
2	98,5/76,6	123,9
3	124,6	
4	164,3/100,8	107,1
5	77,2	
6	132,8/123,7	168,6
7	165,4	

Примечание. В числителе указаны напряжения в среднем сечениигиба, в знаменателе — в концецеом; $\sigma_{\text{доп}}^{\text{э}} = 109,5$ МПа для прямых труб; $\sigma_{\text{доп}}^{\text{э}} = 182,5$ МПа для гибов; расчетные эквивалентные напряжения в сечениях 0,7 — соединение пароперепускной трубы с коллектором — превышают допустимые.

В результате проведенного исследования установлено, что причина разрушения сварных швов конвективного пароперегревателя котла ТМ-84Б — повышенные напряжения компенсации температурных расширений пароперепускных труб под влиянием коррозионной среды.

Анализ результатов расчетов на совместное действие всех нагружающих факторов для рабочего состояния (внутреннее давление среды, весовая нагрузка, температурные расширения) выявил зоны повышенных напряжений в начальных и конечных сечениях всех труб в месте приварки штуцера к коллектору конвективного пароперегревателя (табл. 2). Приведенные данные свидетельствуют о том, что одна из причин разрушений — высокий уровень компенсационных напряжений (максимальные эквивалентные напряжения 165,4 МПа без учета овальности и 168,6 МПа с учетом овальности), обусловленный отсутствием свободы перемещений коллекторов при температурных расширениях труб и концентрации напряжений в местах приварки штуцера к коллектору.

Кроме того, по нашему мнению, дополнительный фактор в развитии зародившихся трещин — коррозионная среда. Влияние коррозионной среды под напряжением способствует слиянию микронадрывов и микротрещин, которые объединяются и приводят к образованию магистральных трещин.

Эффект адсорбционного понижения прочности металла шва обусловлен прежде всего тем, что коррозионное влияние среды понижает поверхностную энергию металла и способствует зарождению пластических сдвигов.