К экспертизе дуговых сталеплавильных печей и оценке их остаточного ресурса

С.В. Мальцев эксперт ООО «Техника»

С.В. Сафонов эксперт ООО «Техника»

В.В. Симиниченко эксперт ООО «Техника»

Д.О. Надов эксперт ООО «Техника»

В.А. Скаков эксперт ООО «Техника»

При проведении экспертизы промышленной безопасности дуговых сталеплавильных печей наряду с анализом эксплуатационной и исполнительной документации осуществляется техническое диагностирование оборудования объекта экспертизы, позволяющее оценить фактическое состояние технического устройства.

При техническом диагностировании дуговых сталеплавильных печей, обследованию подвергаются следующие основные элементы: фундаменты, на которых установлена печь; балансиры и балансирные рейки; металлический кожух печи; свод печи; футеровка, как кожуха так и свода; люлька; полупортал; механизмы подъёма и поворота свода; электрододержатели; механизмы перемещения электродов; механизмы наклона печи; оборудование «короткой сети»; элементы системы водоохлаждения; оборудование блокировок и сигнализации; лестницы и площадки в пределах печи.

Часть из вышеперечисленных элементов являются заменяемыми, назовём их условно «сменными и легко ремонтируемыми», к ним можно отнести: свод печи; механизмы подъёма и поворота свода; электрододержатели; механизмы перемещения электродов; механизмы наклона печи; оборудование «короткой сети»; оборудование блокировок и сигнализации. Футеровка кожуха (плавильной ванны) периодически перекладывается по мере износа, свод вместе с футеровкой, как правило, собирается на отдельном стенде и устанавливается на печь уже в собранном виде. Очевидно, что состояние этих элементов дуговой сталеплавильной печи не может быть положено в основу оценки остаточного ресурса. В процессе проведения экспертизы промышленной безопасности, при обнаружении недопустимых дефектов в данном оборудовании, его необходимо заменить или, при возможности, отремонтировать.

По другому обстоит дело с такими элементами оборудования печи как: балансиры и балансирные рейки; металлический кожух печи; люлька; полупортал. Если балансиры и балансирные рейки, люлька и полупортал работают в области невысоких температур, температурное поле люльки не превышает 100°С, а портала 50…60°С (для больших печей, ёмкостью 150 тонн), можно сказать работают в условиях статического нагружения, то металлический кожух печи во время плавки нагревается в отдельных местах до температур превышающих 300°С (для больших печей, ёмкостью 150 тонн), а при таких температурах возможно воздействие на структуру металла кожуха, что следует из работы [1].

Из вышесказанного следует, что состояние кожуха, как основного конструктивного и функционального элемента печи, может быть положено в основу оценки остаточного ресурса

дуговой сталеплавильной печи.

Предлагается, как один из вариантов, оценку остаточного ресурса дуговой сталеплавильной печи расчитывать из условий прочности листовых конструкций (оболочки вращения) в соответствии с «Руководством по проектированию стальных конструкций объектов комплексов доменных печей большого объёма» Р-001-98/ОЛК-2.62143 [2] и СНиП II-23-81* [3].

Проверка прочности листовой конструкции (оболочки вращения) без учёта местных воздействий выполняется по соотношению:

$$\sigma_{max} = K_н K_д \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2} \le mR_e;$$

$$\sigma_1 K_н K_д \le mR_e; \quad \sigma_2 K_н K_д \le mR_e;$$

где: σ_1, σ_2 – номинальные напряжения, соответственно меридиональные и кольцевые;

m – коэффициент условий работы;

Re – расчётное сопротивление по пределу текучести;

Кн – поправочный коэффициент, учитывающий наличие сварных швов (в том числе ремонтных), дефектов в виде трещин и др.;

Кд - поправочный коэффициент, учитывающий динамические нагрузки.

Расчётная схема печи показана на рис. 1.

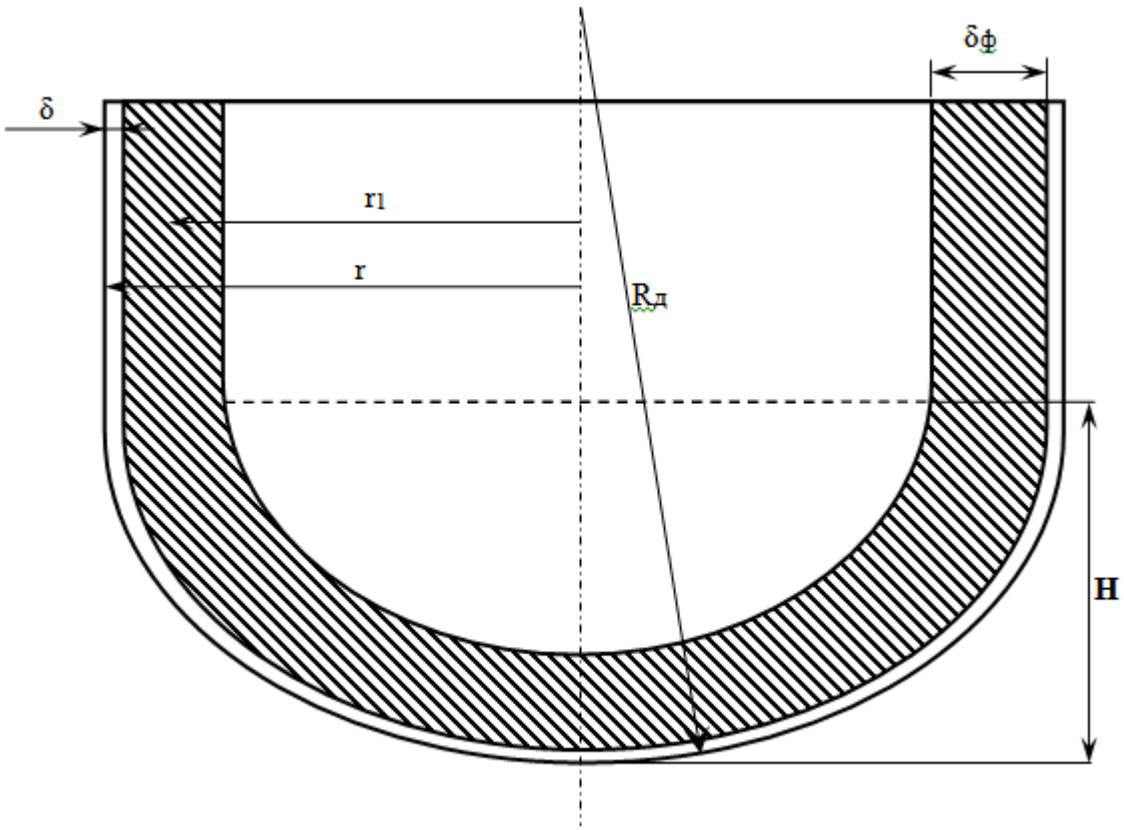

Рис. 1.

где: δ – толщина кожуха; $\delta_ф$ – толщина футеровки; r – радиус корпуса печи (цилиндрическая часть); H – уровень жидкого металла; $R_д$ – радиус днища.

Напряжения в замкнутых тонкостенных оболочках
вращения, находящихся под внутренним давлением определяется по формулам:

для цилиндрической части: $\sigma_1 = \frac{P_в r}{2\delta} + \frac{P_ф f}{\delta} H$; меридиональные напряжения;

$\sigma_2 = \frac{r}{\delta}\left(P_в + 0{,}8P_ф\right)$; ; кольцевые напряжения;

для сферической части: $\sigma_1 = \sigma_2 = \frac{\left(P_в + P_ф\right)R_ф}{2\delta}$;

где: $P_в$ – внутреннее давление на футеровку слоя жидкого (расплавленного) металла; $P_ф$ – давление футеровки на кожух; f – коэффициент трения между футеровкой и кожухом.

Если условие прочности выполняется, то проверяем выполнение соотношения:

$\sigma_Σ \le \alpha R_u K_u$;

где: α - коэффициент, учитывающий количество циклов нагружения;

R_U – расчётное значение временного сопротивления;

K_U – коэффициент, определяющий вид напряжённого состояния.

Для R_e и R_U принимается линейная зависимость от механических свойств материала.

Оценка остаточного прогнозируемого ресурса работоспособности проводится с учётом фактической скорости коррозии металла кожуха печи, на основе данных, полученных по результатам неразрушающего контроля (УЗД, УЗТ), при условии, что твёрдость металла кожуха печи не выходит за пределы регламентируемого диапазона.

Время эксплуатации агрегата определяется как время до наступления предельного состояния металла кожуха печи.

Список литературы:

1. Горицкий В.М. Диагностика металлов. – М.: Металлургиздат, 2004. – 402 с.

2. Горицкий В.М., Кандаков Г.П., Тарасов И.Б., Горшков А.А. «Руководство по проектированию стальных конструкций объектов комплексов доменных печей большого объёма» Р-001-98/ОЛК-2.62143. – ЦНИИПСК им. Мельникова, 1998 г.

3. СНиП II-23-81* Стальные конструкции.