

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВАННЫ ЭЛЕКТРОПОЛИРОВАНИЯ

С.С. ДОВНАР, Ю.В. СИНЬКЕВИЧ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

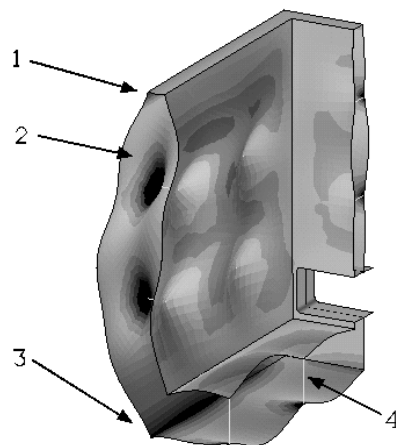
Приведены результаты моделирования методом конечных элементов и параметрической оптимизации конструкции ванны установки электроимпульсного полирования. Показано, что предложенные конструктивные решения позволяют существенно повысить эксплуатационную надежность ванны.

Одним из основных конструктивных элементов установок электроимпульсного полирования (ЭИП) является ванна электрополирования. Опыт промышленной эксплуатации установок показал, что ванна имеет недостаточную эксплуатационную надежность вследствие эпизодически возникающей течи сварных швов. Ванна конструктивно оформлена в виде прямоугольной емкости с двойными стенками (бак в баке). Полость между стенками ванны служит рубашкой охлаждения, обеспечивающей заданный температурный режим электролита в процессе ЭИП. Ванна сваривается электродуговой или аргонодуговой сваркой из листов аустенитной коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т. После зачистки сварных швов ванна испытывается на герметичность под номинальным давлением охлаждающей воды. Тем не менее, тщательно изготовленная и испытанная ванна может дать течь в процессе эксплуатации. При этом связь квалификации сварщика с возникновением течи не просматривается. По этой причине была поставлена задача выявить причины разрушения сварных швов и предложить конструктивные решения для их устранения.

Проведенный анализ показал, что причиной течи ванны является коррозионная усталость металла в сварных швах. Ванна с двойными стенками по сравнению с обычной ванной является сильно нагруженной конструкцией. Автоматика системы охлаждения электролита работает по ПИД-закону регулирования температуры. В производственных условиях возможны нештатные ситуации в коммуникациях предприятия с вероятностью возникновения гидроударов, в результате чего стенки ванны и сварные швы подвергаются перегрузкам и пластическим деформациям. Накопление пластических деформаций вызывает малоцикловую усталость – на поверхности сварных швов появляются микротрещины, в которых резко активизируются коррозионные процессы. Коррозионная усталость металла приводит к разрушению сварного шва. Вне зоны сварки на поверхности стенок ванны, контактирующей с электролитом, наблюдается незначительная питтинговая коррозия, которая не

приводит к потере герметичности даже при длительной эксплуатации ванны (свыше 10 лет). Для предотвращения циклических пластических деформаций в сварных швах была поставлена задача по оптимизации конструкции ванны и обеспечению ее живучести при давлении воды в рубашке охлаждения до 0,2 МПа.

Параметрическая оптимизация конструкции ванны по прочности проводилась путем компьютерного моделирования ванны методом конечных элементов (МКЭ) с помощью пакета прикладных программ конечно-элементного анализа ANSYS версии 5.5 в варианте ANSYS/Mechanical. Моделировалась ванна с двойными стенками размером 1,6×1,0×0,6 м. Толщина стенок наружного и внутреннего баков составляет 5 мм. Для повышения жесткости ванны стенки соединены между собой шпильками Ø10 мм из стали 12X18H10T. Предварительное моделирование показало, что масса ванны, гидростатическое давление электролита на стенки ванны и особенности ее закрепления малосущественны. Единственным видом нагрузки было принято гидростатическое давление внутри водяной рубашки охлаждения равное 0,2 МПа, которое действует на поверхности наружного и внутреннего баков. На рисунке 1 представлена четверть МКЭ-модели ванны в деформированном состоянии под действием давления охлаждающей воды. Для наглядности перемещения стенок ванны увеличены в 10 раз.

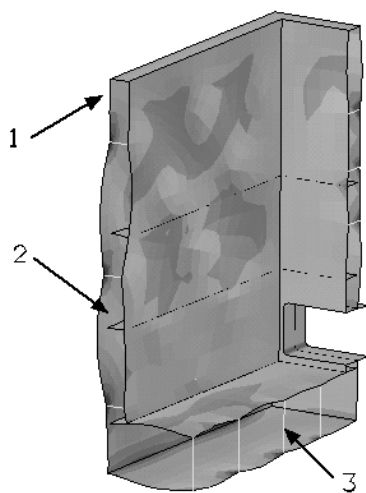


Области концентрации напряжений: 1, 3 – на ребрах ванны; 2, 4 – возле шпилек
Рисунок 1. – Распределение главного напряжения σ_1
на элементах конструкции ванны

Изохромы показывают распределение главного напряжения σ_1 . Самый высокий уровень (темно серый цвет, переходящий в черный) соответствует напряжениям, превышающим 400 МПа. Предел текучести σ_T стали 12X18H10T не превышает 350 МПа. Следовательно, ванна подвергается локальным пластическим деформациям. Очевидно, что промоделированная ванна имеет недостаточную жесткость: стенки ванны сильно раздуты, прямые углы по сварным швам существенно развернуты, шпильки, соединяющие стенки ванны, нагружены выше предела текучести. Следует выделить два типа областей концентрации напряжений и пластического

течения металла, которые расположены в сварных швах. Во-первых, это ребра ванны (1, 3 на рисунке 1) и, во-вторых, места крепления шпилек к стенкам ванны (2, 4 на рисунке 1). Следовательно, при всплесках давления в рубашке охлаждения сварные швы пластически деформируются, что ведет к малоцикловой усталости – образованию и росту микротрещин.

Для повышения жесткости ванны в ходе серии МКЭ-расчетов было оптимизировано количество и расположение шпилек, а также дополнительно введены ребра жесткости. На рисунке 2 представлена четверть МКЭ-модели ванны в деформированном состоянии под действием давления охлаждающей воды после оптимизации конструкции ванны.



1 – угол ванны, 2 – дополнительные ребра, 3 – дополнительные шпильки

Рисунок 2. – Распределение напряжений σ_1 для ванны усиленной конструкции

В результате параметрической оптимизации конструкции ванны деформации стенок ванны значительно уменьшились. Максимальный прогиб стенок снизился с 17,8 до 5,2 мм, а максимальное главное напряжение σ_1 уменьшилось примерно в 2 раза. Напряжения в шпильках снизились ниже предела текучести и не превышают 190 МПа. Области концентрации напряжений на ребрах и возле шпилек значительно сократились.

Результаты проведенных исследований и накопленный практический опыт по проектированию и эксплуатации технологического оборудования для ЭИП послужили основой для создания универсальных полуавтоматических установок ЭИП модельного ряда ЭПОЛ-6Н.