

сти детали, т.е. создают теневые эффекты, существенно ухудшающие равномерность покрытия и форму сферы, невысокое качество покрытия, обусловленное избыточным количеством элементов кинематики, находящихся в зоне температур 300–400 °С.

Также существует вакуумная установка для нанесения защитно-декоративных покрытий на посуде, ювелирных и художественных изделий сложной формы, которая может использоваться для нанесения металлических покрытий. Установка состоит из вакуумной камеры и двух источников напыления, один из которых расположен в плоскости верхней крышки камеры, а второй на цилиндрической поверхности камеры. В нижней части камеры расположена опора с валом вращения и установленными на ней элементами крепления изделия, выполненными с возможностью вращения изделия относительно своей оси симметрии. Однако, если высота камеры превышает расстояние от края камеры до оси её симметрии, то уменьшается площадь распыления на торцевые части изделий, сужаются технологические возможности установки при нанесении смешанных, послойных и "переходных" покрытий, а также часть распыляемого материала осаждается на внутренних стенках камеры, что ведет к увеличению эксплуатационных затрат.

Всё это указывает на актуальность проблемы нанесения вакуумных покрытий на изделия типа «шар» или «сфера».

УДК 621.52

Рябцев Р.Л., Грошовкин М.Н.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА**

*Белорусский национальный технический университет  
г. Минск Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. техн. наук,  
доцент Комаровская В.М.*

Перед проектированием вакуумной камеры, составляют основные технические требования:

1. Камера должна иметь разделку под сварку с учетом разгрузки сварных швов.

2. Сварные вакуумноплотные швы накладываются изнутри камер, монтажные снаружи.

3. Установочные поверхности камеры необходимо обрабатывать во время изготовления камеры, потому как во время сварки камеры дно может терять плоскостность.

4. Необходимо предусмотреть технологические отверстия либо транспортные уши для транспортировки во время изготовления и сборки оборудования.

5. Необходимо наличие места под контакт заземления.

6. Обязательно наличие прочностных расчетов камеры.

7. Камера разрабатывается с последующей обработкой мест уплотнений.

8. Камера не должна иметь острых, выступающих углов либо элементов, об которые можно пораниться во время работы с оборудованием.

9. Рубашка охлаждения располагается снаружи камеры. Внутреннее охлаждение допускается с большими ограничениями.

10. По возможности использовать стандартные фланцы и уплотнения.

Затем производится выбор материала, в нашем случае используем коррозионно-стойкую жаропрочную сталь марки 08X18H10 (зарубежный аналог – SUS304). Камера состоит из цилиндрической обечайки, двух лицевых фланцев и днища. Для упрощения поставки и экономии средств, необходимо уменьшать номенклатуру проката. Так, в данном случае, получаем два вида проката: для цилиндрической обечайки толщина листа 5 мм, для плоских фланцев – 25 мм. Создаем эскизную компоновку, которая в дальнейшем послужит моделью-основой для прочностного расчёта. С помощью приложения «моделирование» программы CREO Parametric 6.0 проведем стресс – анализ камеры. Задаем сварные связи, гравитацию, нагружаем атмосферой и моделируем (рисунок 1).

Данное моделирование показывает смещение материала стенок камеры, цветной градиент указывает на сколько в миллиметрах сместился материал. Как видно, максимальное смещение находится на кромках центрального отверстия в нижней плите, этим мы пренебрегаем, т.к. программа в данном случае считает фланец как целое, т.е. нагружает и область, занимаемую отверстием, чего, в реальности, не может быть.

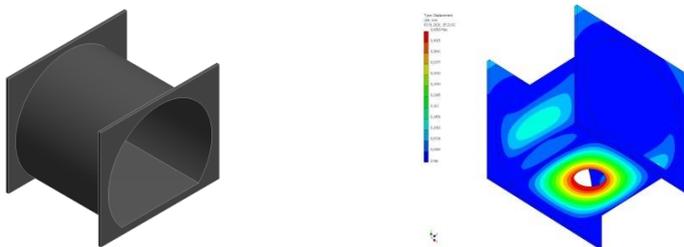


Рис. 1. Вакуумная камера:  
*а* – эскиз-модель; *б* – первое моделирование

На рисунке 1 (б) первого моделирования нас больше волнует смещение на стенках цилиндрической обечайки (до 0,15 мм). Хотя величина не значительная, но при цикличности откачки и напуска может повлечь за собой повреждение сварного шва внутри камеры.

Для более точного анализа опасного места, проводим второе моделирование (напряжение по фон Мизесу). Полученные результаты показывают, что на стенках цилиндрической обечайки есть напряжение (до 22 МПа), что также не критично при однократном приложении нагрузки, но может быть опасным при многократных встречных (атмосфера-вакуум) нагрузках.

По результатам первых двух моделирований можно сделать вывод, что цилиндрическая обечайка нуждается в усилении. Для этого приварим четыре ребра жесткости по два на сторону от нижнего фланца, и еще раз промоделируем.

Третье моделирование после доработки конструкции камеры показало, что смещение материала уменьшилось в два раза (смещение до 0,062 мм), что является приемлемым в данной конструкции. Для полной уверенности произведем моделирование по фон Мизесу (рисунок 2).

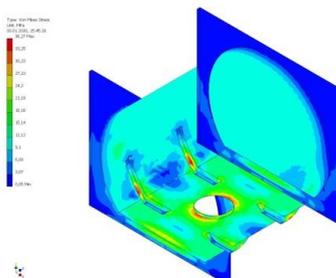


Рис. 2. Четвертое моделирование. Напряжение по фон Мизесу

Хотя моделирование смещения материала показало значительное улучшение, четвертое моделирование выявило, что теперь концентраторами напряжения стали ребра, причем центральная часть ребра «ушла» в красную зону. Исправим это увеличением ребра жесткости. Конечный вид вакуумной камеры представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Вакуумная камера

Спроектированную вакуумную камеру возможно использовать для высоковакуумных систем, при этом соблюдены все требования.

УДК 625.032.6

Сасаюк М.С.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕМЕННОГО ПРИВОДА КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ**

*Белорусский национальный технический университет*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Суша Ю.И.*

Модернизация ременного привода компрессорной установки заключается в замене ведущего шкива путем уменьшения его диаметра. Данная модернизация компрессорной установки это быстрое, доступное и правильное решение для снижения затрат в экономической ситуации. Замена ведущего шкива может быть выполнена в связи с падением объёмов производства, если часть оборудования будет являться не востребованной, что приведет к перерасходу