

3. Сверхтвердые материалы. Получение и применение. Синтез алмаза и подобных материалов/ В.В. Туркевич, под ред. А.А. Шульженко. – Киев: НАНУ, 2003.

4. Устройство для создания высокого давления/ В.Б. Шипило, 1986.

5. Расчеты на прочность в машиностроении. Том 1 / С.Д.Пономарев, В.Л. Бидерман – Москва, 1956.

6. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / под редакцией В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 1995.

7. Справочник по радиационному методу неразрушающего контроля/ С.В. Румянцев, А.С. Штань, А.В. Гальцев. М.: Энергоиздат, 1982

8. ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярный метод. Общие требования.

9. Капиллярный контроль. Учебное пособие для подготовки специалистов/ Н.П. Калиниченко, А.Н. Калиниченко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.

УДК 539.3

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТОНКОСТЕННЫХ СОСУДОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Студентка гр. 103819 Ворокомская А.А.

Научный руководитель – докт. физ.-мат. наук, проф. Василевич Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Для расчета оболочек, имеющих форму тела вращения, стенки которых тонки, не имеют резких переходов и изломов при действии внутреннего, нормального к стенкам давления, обладающего осевой симметрией, можно пользоваться безмоментной (мембранной) теорией расчета. По этой теории, из условия равновесия элемента, выделенного около рассматриваемой точки стенки оболочки (сосуда) бесконечно близкими и перпендикулярными им сечениями (рис.1а), получено уравнение Лапласа для определения окружного σ_t и меридионального σ_m нормальных напряжений [1;3]

$$\frac{\sigma_t}{\rho_t} + \frac{\sigma_m}{\rho_m} = \frac{P}{\delta}, \quad (1)$$

где ρ_t и ρ_m – радиусы кривизны окружного (кольцевого) и меридионального сечений стенки оболочки (сосуда) на уровне рассматриваемой точки;

p – интенсивность внутреннего давления, являющегося функцией только координаты z ;

δ – толщина стенки сосуда.

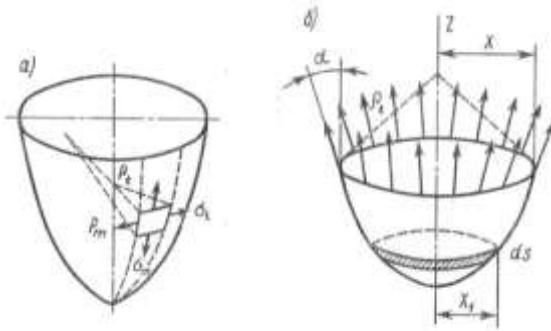


Рис.1. Расчетные схемы

a – из условия равновесия элемента;

б – из условия равновесия сечения на уровне рассматриваемой точки

Из условия равновесия части сосуда, отделенной сечениями перпендикулярными меридианам на уровне рассматриваемой точки (рис.1,б), получается дополнительное уравнение

$$\sigma_m \delta x \cos \alpha = Z, \quad (2)$$

где α – угол между осью Z и касательной к меридиану на рассматриваемом уровне;

x – радиус окружности кольцевого сечения на том же уровне,

Z – сумма проекций на ось Z сил, действующих на отсеченную часть сосуда.

$$Z = \int_0^{x_1} p x_1 dx_1 . \quad (3)$$

Здесь x_1 – текущий радиус окружности кольцевого сечения сосуда.

Решение уравнений (1) и (2) дает следующие значения напряжений σ_t и σ_m

$$\sigma_t = p \frac{\rho_t}{\delta} - \frac{Z}{\delta \rho_m \cos^2 \alpha} ; \quad \sigma_m = \frac{Z}{\delta \rho_t \cos^2 \alpha} . \quad (4)$$

Частные случаи:

1. $\rho_m = \infty$, $\rho_t = \rho$ – сосуд с прямолинейной образующей (цилиндр, конус)

$$\sigma_t = p \frac{\rho_t}{\delta} ; \quad \sigma_m = \frac{Z}{\delta \rho \cos^2 \alpha} . \quad (5)$$

2. $\rho_m = \rho_t = \rho$ – сферический сосуд

$$\sigma_t = p \frac{\rho_t}{\delta} - \frac{Z}{\delta \rho \cos^2 \alpha} ; \quad \sigma_m = \frac{Z}{\delta \rho \cos^2 \alpha} \quad (6)$$

а) $p = const$ (давление газа),

$$Z = \frac{p x^2}{2} = p \frac{\rho_t^2 \cos^2 \alpha}{2} , \quad \sigma_t = p \frac{\rho_t}{2\delta} \left(2 - \frac{\rho_t}{\rho_m} \right) , \quad \sigma_m = p \frac{\rho_t}{2\delta} ; \quad (7)$$

при $\rho_m = \infty$, $\rho_t = \rho$

$$\sigma_t = 2\sigma_m = p \frac{\rho_t}{\delta} ,$$

при $\rho_m = \rho_t = \rho$

$$\sigma_t = \sigma_m = p \frac{\rho_t}{2\delta}.$$

б) $p = \gamma (h - z)$ (давление жидкости, рис.2),

где γ – удельный вес жидкости;

h – высота уровня жидкости в сосуде; z - текущая координата,

$$Z = \gamma \frac{hp_t^2 \cos^2 \alpha}{2} - Z_1; \quad Z_1 = \int_0^x zx \, dx. \quad (8)$$

Z_1 – определяется, если дано уравнение образующей сосуда

$$Z = Z(x).$$

На внутренней поверхности стенок сосуда третье главное напряжение $\sigma_r = -p$. В большинстве случаев оно мало по сравнению с σ_t и σ_m , и при расчете на прочность им можно пренебречь.

Если стенки сосуда имеют резкий излом (рис.3, а), то в переходном сечении возникают краевые силы, которые могут вызвать значительные напряжения, которые не учитываются безмоментной теорией. Чтобы уменьшить влияние этих сил, стыковое кольцо часто упрочняют распорным кольцом [1;4].

Если меридиональные напряжения в сечении стыка $\sigma_m = \sigma_0$ (рис.3,б), то распределенная распорная сила $q_0 = \sigma_0$.

Необходимая площадь F распорного кольца радиусом r может быть найдена по формуле

$$\frac{r}{[\sigma]} = \frac{1}{[\sigma]}, \quad F = q_0 \sigma_0. \quad (9)$$

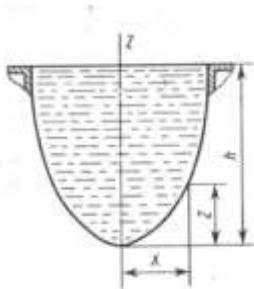


Рис. 2. К определению давления жидкости

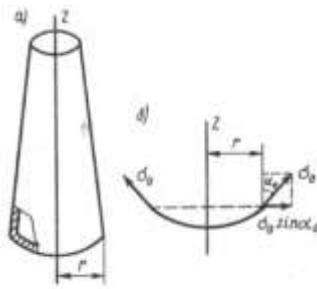


Рис.3. Схема расчета при резком изломе стенок сосуда

Для оценки качества материала исследуемого сосуда рекомендуется использовать следующие виды неразрушающего контроля: капиллярный, визуальный, ультразвуковой [2].

Капиллярные методы неразрушающего контроля основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объектов контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя. Капиллярный НК предназначен для обнаружения невидимых или слабонаблюдаемых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности (для дефектов типа трещин) и ориентации по поверхности. Этот вид контроля позволяет диагностировать объекты любых размеров и форм, изготовленные из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твердых неферромагнитных материалов. Капиллярный контроль применяется также при течеискании и, в совокупности с другими методами, при мониторинге ответственных объектов и объектов в процессе эксплуатации.

Визуальный метод дефектоскопии относится к неразрушающему контролю. Визуальный контроль занимает важное место среди различных видов контроля изделий. Визуальный контроль - это единственный неразрушающий метод контроля, который может выполняться и часто выполняется без какого-либо оборудования и проводится с использованием простейших измерительных средств.

Визуальный контроль во многих случаях достаточно информативен и является наиболее дешевым и оперативным методом контроля. Некоторые технические средства визуального и измерительного контроля доступны каждому, а сама процедура контроля является достаточно простой. Однако визуальный контроль является таким же современным видом контроля, как радиационный и ультразвуковой.

Ультразвуковая дефектоскопия – поиск дефектов в материале изделия ультразвуковым методом, то есть путём излучения и принятия ультразвуковых колебаний, отраженных от внутренних несплошностей (дефектов), и дальнейшего анализа их амплитуды, времени прихода, формы и других характеристик с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа. Является одним из самых распространенных методов неразрушающего контроля. Ультразвуковая дефектоскопия основана на использовании упругих колебаний, главным образом ультразвукового диапазона частот. Нарушения сплошности или однородности среды влияют на распространение упругих волн в изделии или на режим колебаний изделия. Основные методы: эхо-метод, теневой, зеркально-теневом метод. При теневом методе признаком обнаружения дефекта служит уменьшение интенсивности (амплитуды) ультразвуковой волны, прошедшей от излучающего пьезопреобразователя к приемному. Недостатки метода — необходимость двустороннего доступа к изделию и малая точность оценки координат дефектов, достоинство — высокая помехоустойчивость. Метод может применяться для изделий с грубо обработанной поверхностью. При зеркально-теневом методе признаком обнаружения дефекта является уменьшение интенсивности (амплитуды) ультразвуковой волны, отраженной от противоположной поверхности изделия. Отраженный сигнал называется донным. Метод не требует двустороннего доступа к контролируемому изделию, позволяет более достоверно выявлять корневые дефекты в стыковых швах, помехоустойчив, применяется для изделий небольшой толщины с грубо обработанной поверхностью. Однако точность определения координат дефекта и при этом методе невысока. Наиболее широкое распространение получил метод отражения, или эхо-метод.

Литература

1. Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов. Алмаметов Ф.З. – Москва: Высш. Шк., 1992.
2. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / Клюев В.В., Соснин Ф.Р. и др. – М.: Машиностроение, 2005.
3. Прикладные методы расчета оболочек и тонкостенных конструкций. Авдонин А.С. - М.: Машиностроение, 1969.
4. Сопротивление материалов: учебник / Подскребко М.Д. – Минск: Выш. шк., 2007.

УДК 539.3

ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОЛЬЦЕВЫХ СТАЛЬНЫХ ПРУЖИН

Студент гр. 103819 Гуринович И.Н.

Научный руководитель – докт. физ.-мат. наук, проф. Василевич Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Кольцевые стальные пружины широко применяют в инженерной практике для поглощения и рассеивания энергии от динамической ударной нагрузки, прилагаемой к сжимаемой пружине.

Такие пружины обладают рядом особенностей, благодаря которым их применение является весьма рациональным. Дисковые пружины занимают мало места по высоте. Их жёсткость легко регулируется изменением количества дисков. Они дешёвы в изготовлении, а их термообработка проще, чем у винтовых пружин сжатия, свитых из прутков большого диаметра. Дисковые пружины в отличие от винтовых весьма устойчивы к восприятию боковых усилий. В некоторых случаях функции пружины выполняет всего одна пластина. При этом обеспечивается компактность конструкции. Из этих соображений следует произвести расчёт на прочность одного из пружинных дисков, изображённого на рис. 1, после чего можно будет судить о прочности дисковой пружины [1].

Рассмотрим участок пластины на рис. 2. Определим поперечную силу, действующую на кольцевой поверхности радиуса r из условий равновесия.