

УДК 539.3

**ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОСТАВНЫХ
ТОЛСТОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРОВ ДЛЯ АППАРАТОВ
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ИЗГОТОВ-
ЛЕНИИ ИСКУССТВЕННЫХ АЛМАЗОВ**

Студентка гр. 103819 Важинская А.В.

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

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Одним из направлений совершенствования режущих свойств инструментов, позволяющим повысить производительность труда при механической обработке, является повышение твердости и теплоустойчивости инструментальных материалов. Наиболее перспективными в этом отношении являются алмаз. Алмазы и алмазные инструменты широко используются при обработке деталей из различных материалов. Для алмазов характерны исключительно высокая твердость и износостойкость. По абсолютной твердости алмаз в 4 - 5 раз тверже твердых сплавов и в десятки и сотни раз превышает износостойкость других инструментальных материалов при обработке цветных сплавов и пластмасс. Кроме того, вследствие высокой теплопроводности алмазы лучше отводят теплоту из зоны резания, что способствует гарантированному получению деталей с бесприжоговой поверхностью. Однако алмазы весьма хрупки, что сильно сужает область их применения. [1]

Для изготовления режущих инструментов основное применение получили искусственные алмазы, которые по своим свойствам близки к естественным.

Основой получения синтетических алмазов является необратимое фазовое превращение в углероде, происходящие при высоких давлениях и температурах. Это область прямых фазовых превращений ($P=12-15$ ГПа, $T=2500-3000$ К), характеризующаяся неравновесной наведенной дефектной структурой и мелкозернистым строением поликристаллического материала и область каталитического синтеза ($P=4,0-5,5$ ГПа, $T=1400-2000$ К), в которой образуются более структурно совершенные и крупные зерна алмаза. Поэтому для достижения требуемых параметров синтеза в области термодинамической устойчивости требуется специальная техника высокого давления (камеры, контейнеры, нагревательные элементы и др.).

При больших давлениях и температурах в искусственных алмазах удается получить такое же расположение атомов углерода, как и в естественных. Масса одного искусственного алмаза обычно составляет 1/8-1/10 карата (1 карат-0,2 г). Вследствие малости размеров искусственных кристаллов они непригодны для изготовления таких инструментов, как сверла, резцы и другие, а поэтому применяются при изготовлении порошков для алмазных шлифовальных кругов и притирочных паст.

Алмаз как инструментальный материал имеет существенный недостаток — при повышенной температуре он вступает в химическую реакцию с железом и теряет работоспособность. [2]

Для того чтобы обрабатывать стали, чугуны и другие материалы на основе железа, были созданы сверхтвердые материалы, химически инертные к нему. Такие материалы получены по технологии, близкой к технологии получения алмазов, но в качестве исходного вещества используется не графит, а нитрид бора [3,4].

Расчет элементов теплообменного аппарата

Задача о расчете толстостенного цилиндра решается с учетом равномерно распределенного наружного давления P_n и внутреннего давления P_v . Мы исходим из того, что такая нагрузка не может вызвать деформации изгиба цилиндра, (рис.1).

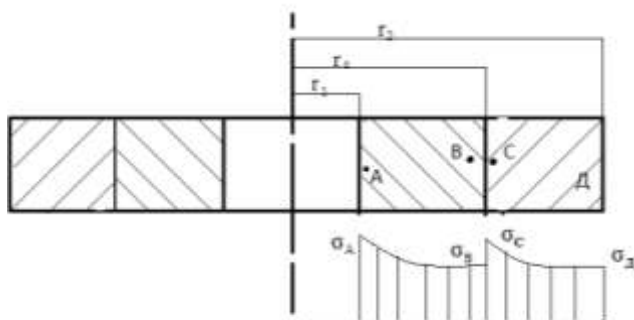


Рис. 1. Расчетная схема составного цилиндра

Нормальные напряжения σ , в сечениях плоскостями, перпендикулярными оси симметрии цилиндра нельзя считать равномерно

распределенными по толщине стенки, как это делается при расчете тонкостенных оболочек вращения [5]. Нормальные напряжения σ_r , действующие по цилиндрической поверхности с радиусом r могут быть одного и того же порядка и даже превышать напряжение σ_t , что при тонкостенных цилиндрах невозможно.

В поперечных сечениях цилиндра касательные напряжения также предполагаются равными нулю, однако, возможно существование нормальных осевых напряжений σ_z , которые возникают как следствие нагружения цилиндра силами, действующими вдоль оси. В дальнейшем мы будем рассматривать открытые цилиндры, т.е. не имеющие дна. Напряжения σ_z в таких цилиндрах равны нулю. Вывод формул расчета напряжений в толстостенных цилиндрах основан на том, что для них соблюдается гипотеза плоских сечений, т.е. поперечные сечения цилиндра, плоские до нагружения, остаются плоскими и после нагружения.

Основными уравнениями для расчета напряжений в толстостенных цилиндрах являются формулы Ламе (1)

$$\sigma_{rr} = \frac{P_1 r_1^2 - P_2 r_2^2}{r_1^2 - r_2^2} \mp \frac{(P_1 - P_2) r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r^2} \quad (1)$$

Аппараты высокого давления, используемые в изготовлении искусственных алмазов контролируют с помощью радиационного и капиллярного метода контроля [6]. Радиационные методы контроля основаны на регистрации и анализе ионизирующего излучения при его взаимодействии с контролируемым изделием [7]. Радиационный контроль применяют для выявления трещин, непроваров, пор, шлаковых, вольфрамовых, окисных и других включений.

При радиационном контроле используют, как минимум, три основных элемента: источник ионизирующего излучения; контролируемый объект; детектор, регистрирующий дефектоскопическую информацию. При прохождении через изделие ионизирующее излучение ослабляется - поглощается и рассеивается. Степень ослабления зависит от толщины, плотности и атомного номера материала контролируемого объекта, а также от интенсивности и энергии излучения. При наличии в веществе дефектов изменяются интенсив-

ность и энергия пучка излучения. Методы радиационного контроля различаются способами детектирования дефектоскопической информации и соответственно делятся на радиографические, радиоскопические и радиометрические.

Капиллярный контроль – это вид неразрушающего контроля, который основан на свойствах проникающих жидких веществ в капилляры на поверхностях контролируемого объекта с целью выявления дефектов [8]. Капиллярные методы контроля объектов проникающими веществами применяют для обнаружения дефектов (типа трещин), выходящих на поверхность. Полости реальных трещин, чаще всего являющихся тупиковыми, имеют форму узкого клина, вершина которого обращена внутрь материала. Попав в такую трещину, проникающая жидкость смачивает ее полость и продолжает проникать внутрь нее даже после полного удаления с поверхности объекта контроля. В этом случае проникающая жидкость образует в полости трещины два мениска с радиусами R_1 и R_2 кривизны, причем $R_2 > R_1$ (рис. 2, а). Эти мениски вызывают появление двух капиллярных давлений p_1 и p_2 , равнодействующая которых Δp направлена вглубь полости дефекта. Попав в полость дефекта, жидкость будет удерживаться там капиллярными силами.

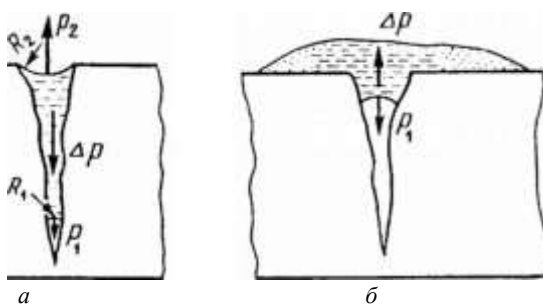


Рис. 2. Схемы проникновения жидкостей вглубь тупиковой трещины (а) и проявления индикаторных следов дефектов (б)

Если на мениск, расположенный в устье трещины, наложить какое-либо пористое вещество, то он исчезнет и вместо него образуется система малых менисков различной формы и большой кривизны, каждый из которых создает свое капиллярное давление. Равно-

действующая Δp созданных менисками капиллярных давлений существенно превышает давление p_1 и действует в противоположном ему направлении.

Под действием суммы давлений пенетрант из полости трещины поднимается на поверхность контролируемого объекта, несколько расплываясь над дефектным участком, и образует индикаторный след, который можно наблюдать невооруженным глазом или в лупу с небольшим увеличением (рис. 2, б). Вещества, вытягивающие пенетранты из полостей дефектов, называют проявителями.

Индикаторные рисунки, образующиеся при взаимодействии пенетранта и проявителя, либо обладают способностью люминесцировать при воздействии ультрафиолетового излучения, либо имеют цветовую окраску вследствие избирательного поглощения (отражения) части падающих на них световых лучей. Линии индикаторных рисунков имеют ширину 0,05-0,3 мм и высокие яркостный и цветовой контрасты с фоном, поэтому рисунок дефекта обнаружить значительно легче, чем сам дефект. Причем обнаружение его тем проще, чем шире индикаторная линия и выше ее контраст с фоном [9].

В данной работе основной задачей служит уменьшение касательного напряжения путем применения составных толстостенных цилиндров, состоящих из более тонких труб, надетых друг на друга, повышение прочности толстостенных цилиндров путем замены сплошного цилиндра составным.

Предложены методы неразрушающего контроля (капиллярный и радиационный методы), с помощью которых можно не только установить наличие или отсутствие дефектов, но и выяснить степень дефектности, полученная информация позволяет оценить возможность ремонта, выяснить причины образования дефектов и наметить мероприятия по предотвращению их появления.

Литература

1. Тонкостенные оболочки вращения, толстостенные и составные цилиндры: методические указания/ В.Ф. Першин, Ю.Т. Селиванов – Тамбов: изд-во Тамбовского государственного технического университета, 2001.
2. Синтетический алмаз/ Г.Н. Безруков. М.: Недра, 1976.

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]