

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

При выборе материала основы для изготовления заготовок колец пар принципиальной особенностью является то, что соединяются совершенно разнородные материалы, как по химическому составу, так и по физико-механическим свойствам. При этом материалы основы заготовки должны хорошо смачиваться пропиточным материалом (матричная связка) и не вызывать в нанесенном слое остаточных напряжений, приводящих к появлению трещин, обладать высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах.

Целью работы является исследование напряженного состояния износостойкого покрытия.

Одним из путей повышения качества и долговечности деталей машин является нанесение различными способами на их поверхность износостойкого материала. Это обеспечивает требуемые свойства деталей и сокращает расход дорогостоящего износостойкого материала. Однако, как правило, наносимое покрытие и основной материал детали имеют разные температурные коэффициенты линейного расширения и другие физико-механические свойства, что вызывает возникновение остаточных напряжений на поверхности детали. Величина и характер распределения остаточных напряжений влияет на износостойкость покрытия, возникновение и развитие трещин в нем, сопротивление усталости. Поэтому анализ напряженного состояния детали является важной задачей. Оценить напряженное состояние износостойкого покрытия возможно с помощью предлагаемой математической модели.

Для упрощения вычислений при разработке модели деталь рассматривается как биметаллическое изделие, состоящее из стального цилиндра высотой h_2 и цилиндра из износостойкого материала высотой h_1 . Расчет основан на том, что разность изменения радиусов цилиндров из стали и износостойкого материала, имеющая место при охлаждении детали после нанесения покрытия, например, наплавки, до температуры окружающей среды, компенсируется за счет деформации стали и износостойкого покрытия. При этом происходит круговой изгиб детали и возникновение остаточных напряжений. Считается, что переходная зона «сталь – износостойкое покрытие» абсолютно жесткая, все деформации упругие, характеристики материалов не зависят от температур, износостойкое покрытие имеет меньший коэффициент линейного расширения.

Рассмотрим точку, лежащую на расстоянии r от оси изделия на границе раздела «покрытие – сталь» (рис. 1). При охлаждении после нанесения покрытия до температуры окружающей среды точка, принадлежащая стальному цилиндру, заняла бы положение А, а точка, принадлежащая цилиндру из износостойкого материала, - положение С. Однако так как соединение стали и покрытия уже произошло, то конечное равновесие определяется положением В. При этом

$$\Delta_1 + \Delta_2 = \Delta = (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot (T_H + T_0) \cdot r, \quad (1)$$

где α_1, α_2 – коэффициенты линейного расширения покрытия и стали;
 T_H, T_0 – температуры нанесения покрытия и окружающей среды.

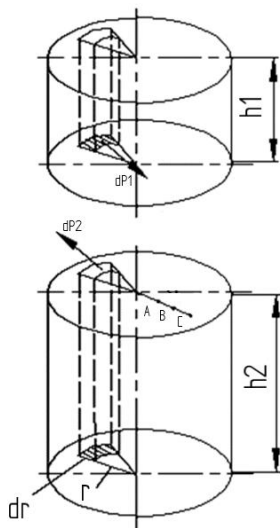


Рисунок 1 – Расчетная схема для модели напряженного состояния износостойкого

Переходя к относительным деформациям, получаем

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \varepsilon_T = (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot (T_H + T_0) \quad (2)$$

Напряжения, вызванные разностью изменения радиусов цилиндров из стали и износостойкого материала, могут передаваться только через диффузионную зону, поэтому в ней возникают деформации сдвига и касательные напряжения τ , направленные по радиусу.

Мысленно рассечем деталь по переходной зоне и рассмотрим два криволинейных шестигранника со сторонами dr , $r d\phi$, h_1 и dr , $r d\phi$, h_2 . На шестигранник из износостойкого материала действует элементарная сила dP_1 , которая направлена по радиусу к центру детали, так как покрытие имеет меньший, чем сталь коэффициент ли-

нейного расширения. У переходной зоны покрытие испытывает сжимающие напряжения, а на свободной поверхности – растягивающие.

$$dP_1 = \tau_1(r) \cdot r \cdot dr \cdot d\phi, \quad (3)$$

$$\tau_1(r) = \varepsilon_1 \cdot r \cdot G_1 / h_1,$$

где G_1 – модуль сдвига покрытия.

Аналогично, на стальной шестигранник действует сила dP_2 :

$$dP_2 = \tau_2(r) \cdot r \cdot dr \cdot d\phi, \quad (4)$$

$$\tau_2(r) = \varepsilon_2 \cdot r \cdot G_2 / h_2.$$

Из условия равновесия

$$dP_1 = dP_2 \quad (5)$$

находим, что

$$\varepsilon_1 = -\frac{\varepsilon_T \cdot G_2 \cdot h_1}{(G_2 \cdot h_1 + G_1 \cdot h_2)} \quad (6)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_T \cdot G_1 \cdot h_2}{(G_2 \cdot h_1 + G_1 \cdot h_2)} \quad (7)$$

Под действием элементарной силы dP_1 шестигранник из износостойкого материала будет испытывать внецентренное сжатие. После преобразований определим радиальные τ_r и окружные τ_t напряжения на поверхности покрытия:

$$\tau_r = \frac{\varepsilon_T \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot r^2}{h_1 \cdot (G_2 \cdot h_1 + G_1 \cdot h_2)}, \quad (8)$$

$$\tau_t = \frac{3 \cdot \varepsilon_T \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot r^2}{h_1 \cdot (G_2 \cdot h_1 + G_1 \cdot h_2)} \quad (9)$$

Уравнения (8 и 9) позволяют определить напряжения в покрытии у переходной зоны или напряжения в стали.

Принципиальной особенностью изготовления колец является то, что соединяются совершенно различные по своим физико-механическим свойствам и химическому составу материалы. Кольцо контактное является комбинированной деталью, основу которой составляет конструкционная сталь, а нане-

сенный на ее рабочую поверхность износостойкий поясok толщиной 2-3 мм в заданных чертежом размерах представляет собой твердый композиционный материал с высокими антифрикционными характеристиками. Механическая обработка таких колец не представляет технологических трудностей, так как только контактная торцовая поверхность требует при обработке применения специального сверхтвердого абразивного инструмента. В качестве заготовки контактных колец применимы конструкционные стали марки 20, 40, 45, легированные конструкционные стали 20X, 30X, 20XН, 40X, 40XН и др.

В условиях агрессивных сред для обеспечения коррозионной стойкости контактных колец в качестве основы заготовки необходимо применять коррозионностойкие стали. Хорошей коррозионной стойкостью обладают нержавеющие стали аустенитного класса типа 08X18H9T, 08X18H10T, 12X18H9T и стали с повышенным содержанием хрома мартенситного класса типа 20X13, 30X13, 14X17H2 и др. При спекании и пропитке композиционного слоя заготовка нагревается до температуры 1200-1300 °С, поэтому при охлаждении в сталях происходят определенные структурные изменения.

Стали аустенитного класса хорошо смачиваются пропиточным материалом при спекании и пропитке, имеют коэффициент линейного расширения, близкий к коэффициенту линейного расширения композиционного материала, а структурные превращения в сталях не приводят к изменению ее объема. Мартенситное превращение в сталях сопровождается заметным увеличением объема, что приводит к возникновению остаточных напряжений, возникновению трещин в композиционном слое и его отслоению. Трещины могут возникнуть как в процессе охлаждения, так и в процессе механической обработки заготовки контактного кольца.

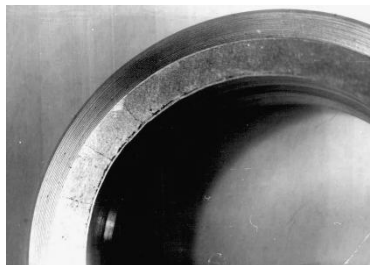


Рисунок 2 – Фотография контактной поверхности композиционного слоя, нанесенного на кольцо из стали мартенситного класса 30X13



Рисунок 3 – Фотография контактной поверхности композиционного слоя, нанесенного на кольцо из стали мартенситного класса 30X13 через медную подложку

Появление опасных остаточных напряжений в композиционном слое колец, основа которых выполнена из сталей мартенситного класса, устраняется не только путем подбора состава компонентов покрытия, что довольно сложно, но и путем предварительного нанесения на стенки и дно канавки стальной заготовки кольца пластичной металлической подложки. Для этих целей возможно применение меднения или металлизации поверхностей канавки сталью аустенитного класса с последующей зачисткой канавки под напрессовку шихты из твердосплавных порошков. Нанесение на поверхность мартенситных сталей износостойкого слоя через пластичную металлическую подложку не приводит к дефектам контактных колец (рис. 3).

Полученные результаты и выводы:

1. Повышение долговечности и надежности торцовых уплотнений достигается путем упрочнения рабочих поверхностей контактных колец пар трения методами послойного термического напекания твердосплавных порошков на основе карбида вольфрама. Разработана технология нанесения на контактные кольца из стали износостойких слоев композиционного покрытия из разнозернистых порошков карбида вольфрама и медьсодержащей матричной связки. Установлен оптимальный фазовый и фракционный состав порошков ВК-6, зернового карбида вольфрама и матричной медно-никелевой связки (90% Cu+10%Ni).

2. Исследовано влияние остаточных напряжений, возникающих в контактном слое в результате разности линейных расширений между композитом и различными марками сталей. Предложены технологические методы снижения этих напряжений путем введения промежуточной подложки из пластичных металлов и их сплавов в виде меднения или металлизации поверхности перед нанесением износостойкого слоя, что повышает качество контактных колец.

Список цитированных источников

1. Голуб, В.М. Нанесение износостойкого рабочего слоя из композиционного материала на основе порошков карбида вольфрама на контактные поверхности стальных деталей / В.М. Голуб, М.А. Свищев // 4-я Республиканская научно-техническая конференция "Материалы и технологии – 2000 (Matex-2000)": тезисы докладов. – Гомель, ИММС НАНБ, 2000. – С. 33–35.

2. Голуб, М.В. Нанесение износостойких слоев колец пар трения торцовых уплотнений валов нефтяных насосов и исследование их триботехнических характеристик / М.В. Голуб, В.М. Голуб // 2-й Международный конгресс «Защита-95». – Москва, 1995. –185 с.

УДК 637.5:664.3

Данилюк Д. С.

Научный руководитель: ст. преподаватель Ляшук Н. У.

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В ЛИНИЮ ДЛЯ УБОЯ И РАЗДЕЛКИ СВИНЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 180 ГОЛОВ В ЧАС

Исследования выполняются для определения прототипов разрабатываемых машин, входящих в состав линии убоя и разделки свиней производительностью до 180 голов в час. Разработка технологической линии убоя и разделки свиней выполняется в соответствии с НИОК(Т)Р «Разработка системы машин для мясожировых производств» государственный № 20164697 от 29.12.2016 г., раздел «Разработка технологических линий убоя и разделки скота в соответствии с их классификацией».

Технологическая линия убоя и разделки свиней производительностью до 180 голов в час согласно классификации относится к линиям большой производительности. Такт обработки свиней составляет 30 секунд, поэтому по сравнению с линией 120 голов в час в линиях с производительностью 180 голов в час применяются рестрайнер-бокс, скребмашину непрерывного действия, шпарчан туннельного типа. Поэтому в данной работе рассматриваются только эти машины.

Рестрайнер-бокс (рисунок 1) представляет собой два наклонно установленных конвейера, которые образуют V-образную конструкцию и закреплен-