

МАТЕРИАЛЫ

УДК 621.65/69.01

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОЛЕЦ ПАР ТРЕНИЯ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАЗНОЗЕРНИСТЫХ ПОРОШКОВ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

В. М. ГОЛУБ^{1*}, Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ²

¹ Брестский государственный технический университет, ул. Московская 267, 224017 г. Брест, Беларусь.

² Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАНБ, ул. Кирова 32а, 246050 г. Гомель, Беларусь.

Проведены исследования износостойких покрытий на основе карбида вольфрама и медьсодержащей матрицы, наносимых на рабочие поверхности колец пар трения торцовых уплотнений методами порошковой металлургии. Показано влияние на качество износостойкого слоя структурных превращений, происходящих в стали в процессе нагрева и охлаждения. Приведены результаты исследований структуры и фазового состава композиционного слоя.

Введение

Состояние поверхностного слоя колец пар трения представляет собой один из главных показателей, определяющих эксплуатационные характеристики торцового уплотнения, т. к. отказ уплотнения обычно связан с износом и разрушением трущихся поверхностей, приводящих к нарушению герметичности уплотнения. Правильный выбор материалов колец и соответствующей технологии обработки рабочих поверхностей контактной пары трения обеспечивают надежную работу уплотнения на длительный период даже в условиях относительно плохой смазочной способности уплотняемой среды [1, 2].

Торцовое уплотнение в процессе работы при больших скоростях скольжения воспринимает как статические, так и динамические нагрузки. На его работу оказывают влияние температурный режим окружающей уплотняемой среды и наличие в ней абразивных включений. Материалы колец пар трения должны поглощать и рассеивать тепловую энергию антифрикционного покрытия без растрескивания и катастрофического изнашивания рабочих поверхностей, способных проявиться в результате многократных колебаний силового и теплового воздействий.

Одним из эффективных способов повышения долговечности торцового уплотнения является нанесение на поверхности контакта колец износостойкого композиционного слоя из разнозернистых порошков карбида вольфрама, соединенных медьсодержащей матричной связкой, обладающей высокой теплопроводностью [3].

Принципиальной особенностью изготовления таких колец является то, что соединяются совершенно различные по своим физико-механическим свойствам и химическому составу материалы. Контактное кольцо является комбинированной деталью, основу которой составляет конструкционная сталь, а нанесенный на рабочую поверхность износостойкий пояс 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, т. к. только контактная торцовая поверхность требует при обработке применения специального сверхтвердого абразивного инструмента.

Особенности технологии нанесения износостойкого слоя на рабочие поверхности контактных колец

В качестве заготовки контактных колец применимы конструкционные стали марки 20, 40, 45, легированные конструкционные стали 20X, 30X, 20XH, 40X, 40XH и др.

В условиях агрессивных сред для обеспечения коррозионной стойкости контактных колец в качестве основы заготовки необходимо применять коррозионностойкие стали. Хорошей коррозионной стойкостью обладают нержавеющей стали аустенитного класса типа 08X18H9T, 08X18H10T, 12X18H9T и стали с повышенным содержанием хрома мартенситного класса типа 20X13, 30X13, 14X17H2 и др.

* Автор, с которым следует вести переписку.



Рис. 1. Фотография контактной поверхности композиционного слоя, нанесенного на кольцо из стали мартенситного класса 30X13



Рис. 2. Фотография контактной поверхности композиционного слоя, нанесенного на кольцо из стали мартенситного класса 30X13 через медную подложку

При спекании и пропитке композиционного слоя заготовка нагревается до температуры $1200\div 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 стали не приводят к изменению ее объема. Мартенситное превращение в сталях сопровождается заметным увеличением объема [4], что приводит к возникновению остаточных напряжений, возникновению трещин в композиционном слое (рис. 1) и его отслоению.

Трещины могут возникнуть как в процессе охлаждения, так и в процессе механической обработки заготовки контактного кольца.

Появление опасных остаточных напряжений в композиционном слое кольца, 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 металлической пластичной подложки. Для этих целей возможно применение меднения или металлизации поверхностей канавки стали аустенитного класса с последующей зачисткой канавки под надрес-

совку шихты из твердосплавных порошков. Нанесение на поверхность мартенситных сталей износостойкого слоя через пластичную металлическую подложку не приводит к дефектам контактных колец (рис. 2).

Структура и фазовый состав композиционного износостойкого слоя

Фазовый состав нанесенного композиционного материала изучался по рентгенограммам, полученным на установке УРС-50 и дифрактометре ДРОН-2,0 в FeK_{α} излучении. Идентификацию рентгенограмм проводили по межплоскостным расстояниям и ширине интерференционных линий. На электронном микроанализаторе Comesa NS-46 были проведены исследования по количественному и качественному распределению элементов в композиционном слое.

Поверхности шлифов из композиционного материала предварительно изучались с помощью металлографического микроскопа МИМ-8. Поверхность износостойкого слоя представляет собой разнородную структуру, которая состоит из крупных и мелких зерен карбида вольфрама и цементирующей их матричной связки (рис. 3) на основе меди, никеля и кобальта.

Для сканирования выбирались наиболее типичные участки микрошлифов. Исследовалось распределение W, Cu, Ni, Co в плоскости, перпендикулярной контактной поверхности. Отмечаются наложения интерференционных максимумов различных фаз друг на друга, наблюдаются изменения кристаллической структуры решеток WC и W_2C в результате обезуглероживания. Матричная связка образует твердый раствор никеля в меди с дисперсно-рассеянными частицами карбида вольфрама и кобальта. Отмечено образование сложных карбидов типа $\theta\text{-Co}_2\text{W}_4\text{C}_3$ и $\eta\text{-Co}_3\text{W}_3\text{C}$ на границах зерен карбида



Рис. 3. Структура композиционного материала на основе разнородных порошков карбида вольфрама и медьсодержащей матричной связки: 1 – крупные зерна WC+W₂C; 2 – матричная связка Cu-Ni с тонкодисперсным наполнителем WC-Co; 3' – цементирующие прожилки матричной связки Cu-Ni ($\times 100$)

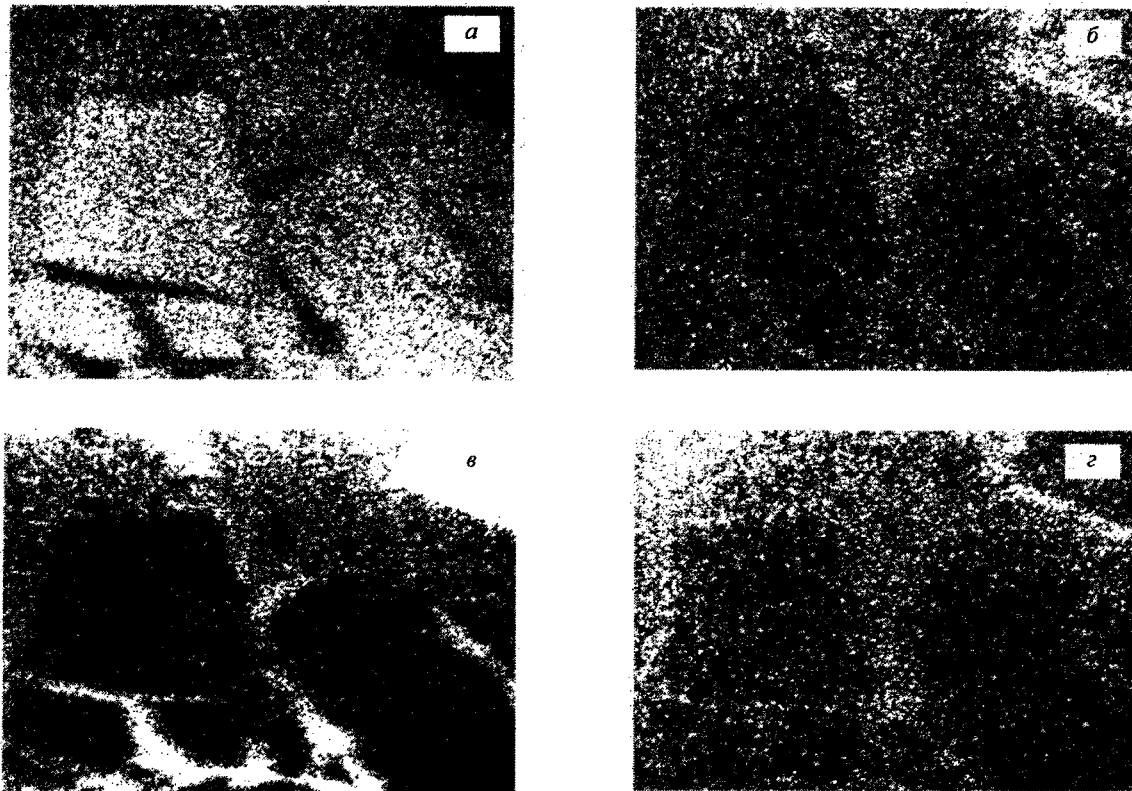


Рис. 4. Распределение элементов структурных составляющих композиционного слоя в поглощенных электронах: *а* – вольфрам; *б* – кобальт; *в* – медь; *г* – никель

вольфрама, а также на границе композиционного слоя и стальной основы кольца.

Это указывает на подплавление и частичное скрепление твердого каркаса, состоящего из зерен карбида вольфрама.

Полученные микрофотографии поверхности композиционного слоя в поглощенных электронах наглядно показывают равномерность распределения в цементирующей связке по границам зерен вольфрама элементов кобальта, меди и никеля (рис. 4).

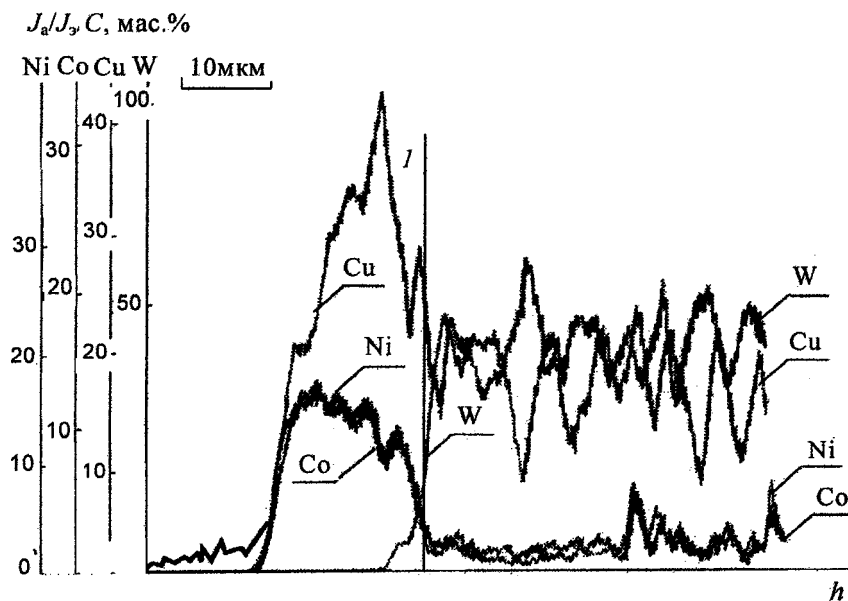


Рис. 5. Спектрограмма поверхности композиционного материала с матричной связкой Cu-Ni и наполнителем из тонкодисперсных порошков карбида вольфрама

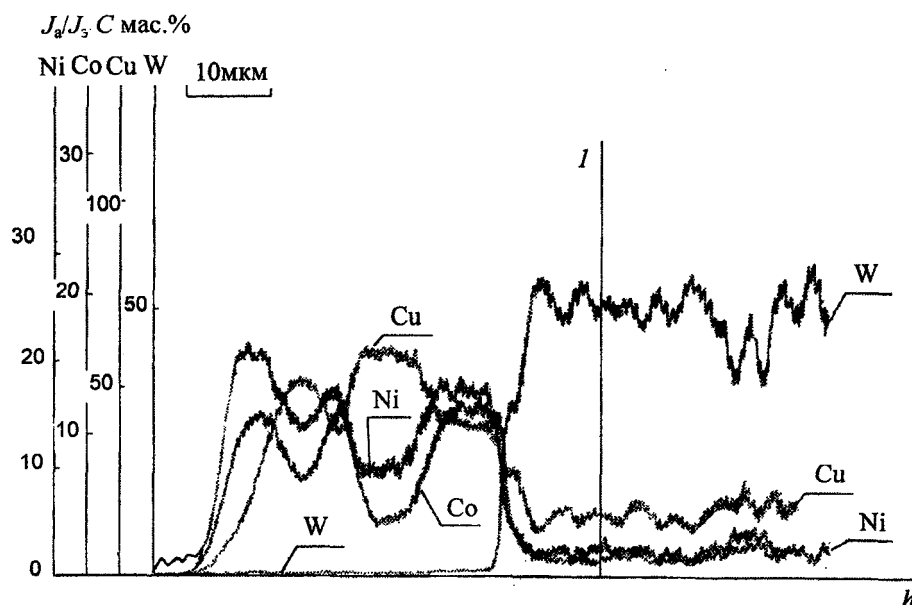


Рис. 6. Спектрограмма поверхности композиционного материала на границах крупного зерна карбида вольфрама, матричной связки Cu-Ni и стали

Из спектрограмм (рис. 5, 6) видно, что в диффузионной зоне контакта композиционного слоя со сталью содержание C никеля доходит до 0,9 мас.%, значительно снижаясь в глубину стали h , и на расстоянии 30 мкм составляет $\leq 0,1\%$. Кобальт в сталь диффундирует на глубину до 8 мкм. Медь и вольфрам в сталь не диффундируют. Матричная связка, цементирующая крупные зерна карбида вольфрама, состоит из твердого раствора никеля в меди, наполненного тонкодисперсными частицами карбида вольфрама и кобальта. Содержание C меди в прослойках находится в пределах от 15 до 60, C никеля – от 4 до 25, C кобальта – от 4 до 10 мас.%. Содержание дисперсно-рассеянного карбида вольфрама в связке колеблется от 30 до 50%.

На поверхности крупных зерен карбида вольфрама отмечаются тонко рассеянные мелкие частички меди (рис. 4, 5), чем обеспечиваются высокие антифрикционные характеристики нанесенного композиционного слоя на рабочие поверхности контактных колец.

Заключение

Полученный слой нанесенного композиционного материала на рабочие поверхности контактных

колец имеет разнородную структуру и представляет собой сложную многофазную систему, состоящую из крупных зерен карбида вольфрама $WC+W_2C$, соединений $WC-Co$, Co_3W_3C , $Co_2W_4C_3$ и $Cu-Ni$. Медь, никель и кобальт равномерно рассеяны по всему объему композиционного слоя, что обеспечивает высокие антифрикционные характеристики контактной пары трения.

Литература

1. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник / Под ред. А. И. Голубева и Л. А. Кондакова. 2-е изд. М.: Машиностроение (1994)
2. Галюк В. Х., Голуб М. В., Харламенко В. И. Современные уплотнения валов центробежных насосов магистральных нефтепроводов. М.: ВНИИОЭНГ (1985)
3. Голуб М. В., Голуб В. М., Пучинский В. С. Изготовление контактных колец пар трения торцовых уплотнений с износостойкой рабочей поверхностью // Труды X науч.-техн. конф. «Новые технологии в машиностроении и вычислительной технике». Ч. 1. Брест: БПИ (1998), 3–8
4. Пинчук Л. С., Струк В. А., Мышкин Н. К., Свириденко А. И. Материаловедение и конструкционные материалы. Учебное пособие. Мн.: Высшая школа (1989)

Golub V. M., Pleskachevsky Y. M.

Wear-resistant coatings based on various grain size powders of tungsten carbide for working surfaces of friction pair rings of face seals

The investigations of wear-resistant coatings based on tungsten carbide and copper-containing matrix have been conducted. The coatings are applied on working surfaces of friction pair rings of face seals by the methods of powder metallurgy. Structural transformations occurring in steel during heating and cooling were found to effect quality of the wear-resistant layer. Investigation results are cited in the structure and phase content of the composite layer.

Поступила в редакцию 14.09.2001.

© В. М. Голуб, Ю. М. Плескачевский, 2001.