

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ УПЛОТНЕНИЙ ВАЛОВ ГИДРОМАШИН

Рассмотрены условия эксплуатации уплотнений валов гидромашин, причины их внезапных отказов и технологические методы повышения их надежности и долговечности.

Условия эксплуатации насосов весьма разнообразны и зависят от технологических режимов перекачки: подачи, давления, температуры и свойств перекачиваемой среды. Исходя из анализа внеплановых выходов из строя центробежных насосов нефтехимических предприятий видно (рисунок 1), что более 30% отказов приходится на долю торцовых уплотнений. Аналогичная картина отказов насосов добычи, транспорта нефти и нефтепродуктов.

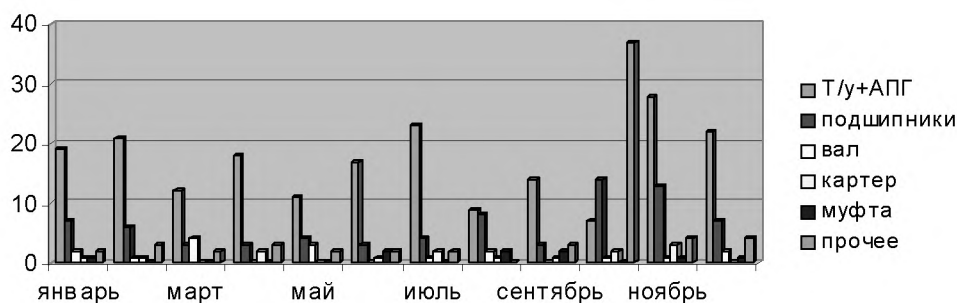


Рис. 1. Анализ внеплановых выходов насосов из строя

Проблема повышения надежности насосного оборудования заключается в том, что эксплуатация насосов с неисправными уплотнениями, кроме потери перекачиваемого сырья, приводит к нарушению режима перекачки, ухудшает условия работы обслуживающего персонала, а в ряде случаев и к критическим, аварийным последствиям. В связи с этим предъявляются жесткие требования к герметичности насосов по пожаро- и взрывобезопасности. Высокие требования к уровню герметичности зачастую определяют не только конструкцию насосов, но и параметры технологического процесса. Многие эффективные технологические процессы не могут быть реализованы из-за недостаточной герметичности валов по корпусу насоса, что снижает их надежность и долговечность.

Состояние поверхностного рабочего 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.

Торцовое уплотнение в процессе работы при больших скоростях скольжения воспринимает как статические, так и динамические нагрузки. Материалы колец пар трения должны поглощать и рассеивать тепловую энергию антифрикционного покрытия без растрескивания и катастрофического изнашивания рабочих поверхностей, способную проявиться в результате многократных колебаний силового и теплового воздействий. Одним из эффективных способов повышения долговечности торцового уплотнения является нанесение на рабочие поверхности контактных колец износостойкого композиционного слоя из тонкозернистых порошков карбида вольфрама, сплавляемых медьсодержащей матричной связкой, обладающей высокой теплопроводностью.

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. При спекании и пропитке композиционного слоя заготовка нагревается до температуры 1200 – 1300 °С, поэтому в процессе охлаждения в сталях происходят определенные структурные изменения. Стали аустенитного класса хорошо смачиваются пропиточным материалом, 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, 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.

Появление опасных остаточных напряжений в композиционном слое кольца, основа которого 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 под износостойких слой шихты из твердосплавных порошков.

Фазовый состав нанесенного композиционного материала изучался по рентгенограммам, полученным на установке УРС-50 и дифрактометре ДРОН-2,0 в $\text{FeK}\alpha$ 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 разнотекстурную структуру, которая состоит из тонкодисперсных и мелких зерен карбида вольфрама и цементирующей их матричной связки (рисунок 2) 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 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.

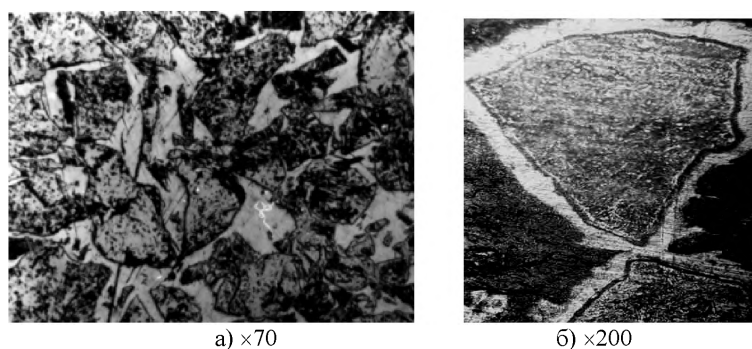


Рис. 2. Микрофотография поверхности (а) и структура композиционного материала (б)

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

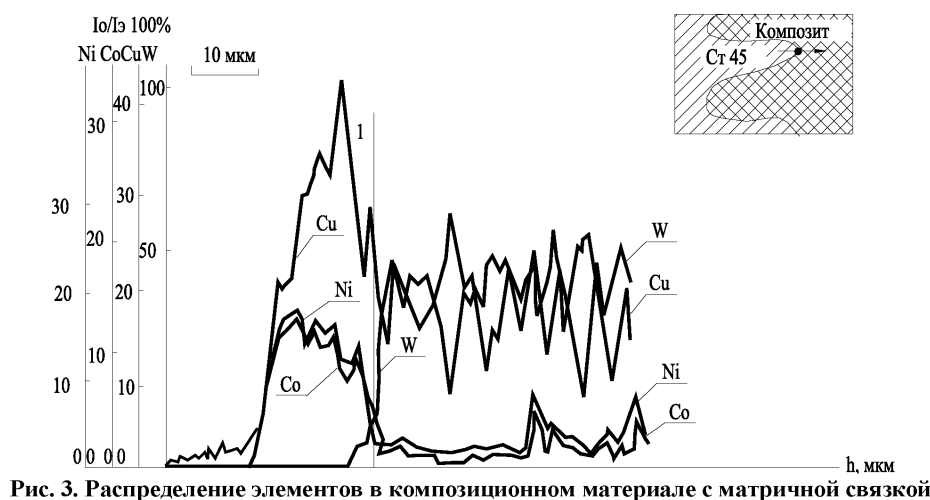


Рис. 3. Распределение элементов в композиционном материале с матричной связкой

Из спектрограммы (рисунок 3) видно, что в диффузионной зоне контакта композиционного слоя со сталью содержание 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 меди в прослойках находится в пределах от 15 до 60, никеля – от 4 до 25, кобальта – от 4 до 10 мас.%. Содержание дисперсно-рассеянного карбида вольфрама в связке колеблется от 30 до 50 %.

На поверхности зерен карбида вольфрама отмечаются тонко рассеянные мелкие частички меди, чем обеспечиваются высокие антифрикционные характеристики композиционного слоя.

In the article the target operating shaft seals hydraulic machines, the reasons for their sudden failures and technological methods to improve the reliability and durability.