

Исследование гидроабразивной износостойкости рабочего колеса центробежного компрессора из титанового сплава BT6C

Е.Н. Поморцев, З.Р. Габдрахманова

(АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», Группа ГМС)

М.А. Ковалев, Д.В. Ляшенко

(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

Центробежный компрессор является одним из основных типов установок в компрессоростроении, который обеспечивает успешное развитие и стабильную работу нефтегазовой, нефтехимической, машиностроительной и других отраслей. Надежность и эффективность оборудования являются главными критериями в производственном цикле, поэтому актуальной задачей является анализ причин выхода из строя центробежных компрессоров. В статье представлены результаты исследования устойчивости титанового сплава BT6C к гидроабразивному износу. Данные исследования проводились с целью изучения причин разрушения титанового рабочего колеса центробежного компрессора, эксплуатируемого в среде природного газа. Использование колес из титанового сплава позволяет избежать коррозионных повреждений, однако, влияние механических примесей на гидроабразивную износостойкость материала требует дополнительных исследований. Представленные в статье результаты позволяют оценить работоспособность титанового сплава BT6C в средах с различной концентрацией механических частиц.

Ключевые слова: центробежный компрессор, рабочее колесо, гидроабразивная износостойкость, титановый сплав BT6C.

Investigation of hydroabrasive wear-resistance of the impeller of centrifugal compressor made of titanium alloy BT6C

E.N. Pomortsev, Z.R. Gabdrakhmanova

(JSC «NII turbocompressor named after V.B. Shnepp», HMS Group)

M.A. Kovalev, D.V. Lyashenko

(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

Centrifugal compressor is one of the main types of the units in the compressor industry, which ensures the successful development and stable operation of oil-and-gas, petrochemical, engineering and other industries. Equipment reliability and efficiency are the main criteria in production cycle, so the critical task is to analyze the causes of centrifugal compressors' failure. The article presents the investigation results of the BT6C titanium alloy resistance to hydroabrasive wear. These investigations were conducted in order to study the rupture causes of titanium impeller of centrifugal compressor operated in natural gas medium. The use of titanium alloy impellers avoids corrosion damage, but the effect of mechanical impurities on hydroabrasive wear-resistance of the material requires additional research. The results presented in the article allow to evaluate the performance of the BT6C titanium alloy in media with different concentration of mechanical particles.

Keywords: centrifugal compressor, impeller, hydroabrasive wear-resistance, titanium alloy BT6C.

Введение

Надежность и целостность нефтеперерабатывающего оборудования напрямую связана со сроком его эксплуатации. Главными причинами снижения ресурса такого оборудования являются коррозионные повреждения и их эрозионно-механический износ. В нефтегазовой промышленности коррозия является огромной проблемой, как и для любой другой отрасли. Широкий спектр условий среды, свойственный

нефтегазовой индустрии, делает необходимым разумный и экономически эффективный подбор материалов и мер по борьбе с коррозией.

Среди прочего оборудования особое место в данной отрасли занимает компрессорная техника, а именно, промышленные центробежные компрессоры, предназначенные для транспортировки газа [1]. К числу наиболее ответственных деталей компрессора относятся рабочие колёса (рисунок 1), которые



Рис. 1. Рабочее колесо центробежного компрессора

работают в напряженно-деформированном состоянии. Рабочее колесо подвержено действию значительных сил реакции газового потока, действию центробежных сил и действию сил в месте посадки на вал. Рабочие колеса могут быть изготовлены из легированных сталей, таких как 07X16H6, 12X2ГМФБРЧ4, 10X2Г2СМА, а также из титанового сплава ВТ6С. Выбор материала колёс осуществляется, исходя из свойств материала в условиях эксплуатации. К числу требований, предъявляемых к материалам элементов рабочих колёс, относятся высокие прочностные свойства при заданных надежности и ресурсе, хорошая технологичность и химическая стойкость в рабочих средах.

Одной из причин снижения ресурса центробежных компрессоров является возникновение и развитие повреждений колёс в процессе эксплуатации, а также при их изготовлении. Механизмы и места появления повреждений могут быть различными. Как правило, процесс разрушения рабочих колёс включает в себя образование и рост усталостных трещин под действием переменных нагрузок и вибрации, а также наличия механических примесей и коррозионных компонентов в сжимаемом газе. Сероводород, диоксид углерода, кислород, вода – все это предопределяет агрессивность среды в процессе добычи и транспортировки углеводородов, что и приводит к поломке рабочих элементов оборудования [2].

При содержании большого количества сероводорода в составе сжимаемого газа, для рабочих колёс центробежного компрессора успешно применяют титановые сплавы, которые не подвержены сероводо-

родному коррозионному растрескиванию под напряжением [3, 4]. Однако, существенным недостатком титановых рабочих колёс по сравнению со стальными является более низкая износостойкость, при наличии механических примесей в эксплуатируемой среде.

В данной статье представлены результаты исследования гидроабразивной износостойкости титанового сплава ВТ6С. Актуальность данных исследований была вызвана работой по изучению причин разрушения титанового рабочего колеса центробежного компрессора, эксплуатируемого в среде природного газа. На рисунке 2 представлена морфология поверхности разрушенного рабочего колеса.

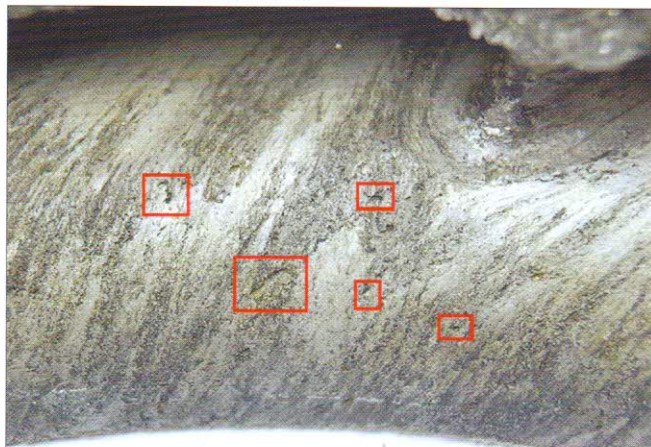


Рис. 2. Поверхность рабочего колеса

Данный компрессор проработал 5000 часов, согласно проектной документации, максимальное количество механических примесей составляло 0,05 % масс. Для того, чтобы показать, что на самом деле было превышение содержания механических частиц в процессе эксплуатации, что и стало причиной износа титанового сплава ВТ6С, было проведено исследование гидроабразивной стойкости.

Цель работы – оценить влияние концентрации механических частиц на гидроабразивную износостойкость титанового сплава ВТ6С и рассчитать теоретические потери, в соответствии с требованиями конструкторской документации.

Методика проведения эксперимента

Для оценки воздействия гидроабразивного износа были проведены испытания на установке, позволяющей имитировать воздействие абразива с контролем процентного содержания механических примесей. Схема и внешний вид установки приведены на рисунке 3.

Перед проведением испытания подготавливается рабочий раствор, состоящий из дистиллированной

