

Producing Import-Substitute Sealing Components from Composite Elastomers and Polymers

Производство импортозамещающих уплотнительных изделий из композиционных эластомеров и полимеров

Ivan Pyatov, Svetlana Tikhonova, Larissa Vorobyova, Alexei Salimon, Vadim Lunyov, Larissa Fomichyova; REAM-RTI
Иван Пятов, Светлана Тихонова, Лариса Воробьева, Алексей Салимон, Вадим Лунев, Лариса Фомичева, ООО «РЕАМ-РТИ»

As distinct from elastomeric material, composite polymer materials (CPM) based on thermoplastics have not yet achieved a stable position in the market for oil and gas equipment in Russia. This is mainly related to the limited heat-resistance of the first readily available polymers, which were primarily based on polyamides. Therefore, despite such advantages as resistance to harsh conditions, operability under “dry friction” conditions, and possible functionality to overheating temperatures up to 300 °C, CPM are hardly used.

CPM product use statistics are further aggravated by the fact that the number of wells over 2,000 m depth is constantly increasing. Such wells are complicated by the GOR and, accordingly, the heat load on components (especially on the movable operating elements of ESPs) is increasing. Recently, however, polymers with heat-resistance of up to 320 °C have become available. This figure exceeds the heat-resistance of polymers earlier applied in ESPs by

В отличие от эластомерных материалов, композиционные полимерные материалы (КПМ) на базе термопластов пока не завоевали прочных позиций в нефтегазодобывающем оборудовании, применяемом в России. Это связано, главным образом, с ограниченной теплостойкостью ранее доступных полимеров, прежде всего на основе полиамидов. Поэтому, несмотря на такие преимущества, как стойкость в агрессивных средах, способность работать при наличии «сухого трения», возможность обеспечения работоспособности при температурах нагрева до 300 °C и др., применение КПМ существенно сдерживается.

Положение с применением изделий из КПМ усугубляется еще и тем, что доля скважин глубиной более 2 000 метров, осложненных газовым фактором, постоянно увеличивается, и, соответственно, увеличивается и тепловая нагрузка на детали, особенно на рабочие органы ступеней УЭЦН. Однако, в настоящее время стали доступны полимеры с теплостойкостью до 320 °C, что почти на 100 °C превы-

- CPM components.
- Изделия из полимерных материалов.



PHOTO: REAM-RTI • ФОТО: РЕАМ-РТИ

Table 2. Comparison of the properties of BAZALIT and Ryton R-4-200 materials
Табл. 2. Сравнение свойств материалов БАЗАЛИТ, Ryton R-4-200

Property Свойство	Unit of Measurement Единица измерения	Measuring procedure Метод измерения	BAZALIT БАЗАЛИТ	Ryton R-4-200 Ryton R-4-200
Density Плотность	g/cm ³ г/см ³	ISO 1183 ISO 1183	1.65 1,65	1.65 1,65
Water absorption Водопоглощение	%	ISO 62 ISO 62	0.01 0,01	0.02 0,02
Tensile strength Прочность при растяжении	MPa МПа	ISO 527 ISO 527	165 165	165 165
Flexural strength Прочность при изгибе	MPa МПа	ISO 178 ISO 178	265 265	265 265
Flexural strength after boiling for 30 days Прочность при изгибе после кипячения в течение 30 суток	MPa МПа	ISO 178 ISO 178	200 200	150 150
Flexural strength after boiling for 120 days Прочность при изгибе после кипячения в течение 120 суток	MPa МПа	ISO 178 ISO 178	192 192	149 149
Flexural strength after boiling for 300 days Прочность при изгибе после кипячения в течение 300 суток	MPa МПа	ISO 178 ISO 178	190 190	149 149
Heat distortion T at 1.8 MPa Температура деформации под нагрузкой 1,8 МПа	°C	ISO 75 ISO 75	260 260	260 260
Coefficient of Linear thermal expansion КЛТР	°C ⁻¹	ASTM D 696 ASTM D 696	40*10 ⁻⁶ 40*10 ⁻⁶	40*10 ⁻⁶ 40*10 ⁻⁶

almost 100 °C. Use of products made of these CPMs, the mechanical strength of which is not inferior to metals on a number of parameters, will significantly increase the reliability of the movable operating elements in ESPs under high temperature conditions.

Both theory and practical experience show that overheating up to temperatures above 200 °C is first local, around the zone of the impeller center, and maximum temperatures develop in the stages located behind the entrance module (after the gas separator). Overheating in the impeller center zone is caused by the high level of cavitation and local heat generation due to friction; because polymers have low heat conductivity, overheating increases even more.

To solve this problem, REAM-RTI uses CPM of a specially developed grade with increased heat conductivity due to the presence of special graphite and coal-fiber in the composition. Heat conductivity in this grade is increased by more than three times – 25 Wt/m *°C for pure polymer becomes 92 Wt/ m *°C for polymer filled with coal-fiber and graphite. Low heat conductivity of polymers is also an obstacle in the development of diffusers made of CPM. Therefore company experts have, at this stage, made the decision to manufacture metal diffusers with CPM polymer coating. Special grade polyphenylenesulphide (PPS), for example, is used for protection against corrosion and scaling.

Use of engineering polymers (EP) based on polyether ether ketone (PEEK) and polyphenylene sulphide (PPS) in crucial components of oil and gas equipment provides a number of advantages to the products, such as:

- low density and, as a consequence, low weight;
- corrosion resistance;
- stability to hydroabrasive deterioration;
- wear resistance;
- low vibroactivity;
- resistance to aggressive environments;
- low friction factor;
- functionality under “dry” friction conditions;
- heat-resistance not lower than 230 °C;
- resistance against scaling.

In determining the direction of their developments, REAM-RTI experts have taken the experience and opinions of leading world manufacturers of oil and gas equipment into

шафт теплостойкость ранее применяемых в УЭЦН полимеров. Применение изделий из этих КПМ, механическая прочность которых по ряду параметров не уступает металлам, позволит существенно увеличить надежность рабочих органов УЭЦН в условиях высоких температур.

Как теория, так и практический опыт показывают, что перегревы до температур свыше 200 °C локализуются прежде всего в зоне ступицы рабочего колеса, при этом максимальные температуры развиваются в ступенях, расположенных за входным модулем (после газосепаратора). Перегревы в районе ступиц обусловлены повышенной кавитацией и локальным тепловыделением за счет трения, а так как полимеры обладают низкой теплопроводящей способностью, перегрев еще более усиливается.

Для решения данной проблемы компания «РЕАМ-РТИ» использует специально разработанную марку КПМ с увеличенной теплопроводностью, которая обеспечивается за счет присутствия в композиции специального графита и углеволокна. Теплопроводность в данной марке увеличена более чем в три раза - с 25 Вт/ м *°C у чистого полимера до 92 Вт/ м *°C у наполненного углеволокном и графитом. Низкая теплопроводность полимеров является препятствием и при разработке направляющих аппаратов из КПМ. Поэтому на настоящем этапе специалистами компании принято решение изготавливать металлические направляющие аппараты с полимерными покрытиями из КПМ, например, для защиты от коррозии и солеотложений использовать специальные марки полифениленсульфида (PPS).

Использование инженерных полимеров (ИП) на основе полиэфирэфиркетона (PEEK) и полифениленсульфида (PPS) в ответственных деталях НГО обеспечивает изделия рядом преимуществ, таких как:

- низкая плотность и, как следствие, низкий вес изделий;
- стойкость к коррозии;
- стойкость к гидроабразивному износу;
- износостойкость;
- низкая виброактивность изделий;
- стойкость к агрессивным средам;
- низкий коэффициент трения;
- способность работать при наличии «сухого» трения;
- рабочая теплостойкость не ниже 230 °C;
- стойкость к солеотложению.

Учитывая опыт и мнение ведущих мировых производителей НГО, разработавших и применяющих ступени УЭЦН из материалов марки Ryton PPS, обладающих высокой температурной стойкостью, спе-

account. Such manufacturers have developed and are using high temperature grade Ryton PPS stages on ESPs.

Rotor components in Boretz gas separators were the first products made of EP. An experimental batch of gas separator components, which is now being tested, was also made for NOVOMET-PERM.

The main products which are planned for mass production, however, are centrifugal oil pump impellers. REAM-RTI will manufacture impellers for Boretz using the new composite polymer material BAZALIT, based on polyphenylene sulfide (PPS). These products will replace impellers made of Niresist in wells where increased corrosion resistance, chemical stability, stability to hydrogen sulfide and carbon-dioxide gas, and resistance to scaling are required. New technology and the new composite polymer material BAZALIT (see Table 2) were specially developed for the manufacture of these products.

Basalt fibre filling (instead of fiber glass filling) provides a number of advantages in BAZALIT material. The main advantage is improved hydrolysis resistance. This means that impellers made of BAZALIT will be exposed to fewer destructive effects from hot water while in operation and, accordingly, will be durable for longer.

New lost core technology developed by REAM-RTI experts makes the manufacture of a monolithic product possible (as opposed to the present manufacture of impellers made of polymer materials consisting of two parts welded together). The absence of a weld seam essentially increases durability and design reliability, especially during extended product use (up to three years). Lost core technology also enables the manufacture of impellers with inclined blades of practically any complex flow channel geometry without a significant change in product price. At the same time, the following operational advantages are provided:

- high, stable durability due to the absence of a weld seam;
- longer service life due to excellent hydrolysis resistance;
- heat resistance up to 260 °C;
- extended operation temperature of 220 °C;
- the component does not require balancing;
- it is three times lighter than the component made of Niresist;
- excellent corrosion and chemical resistance;
- high stability to the influence of hydrogen sulfide and carbon dioxide;
- a low tendency to hydrate deposition;
- higher impeller efficiency due to the smoothness of the surface.

In addition, use of the new CPM, together with constructional features, assumes a reduction in the cost of impellers by 20-25 percent in comparison with similar products made of Niresist.

The use of modern technologies and their promotion on the Russian oil and gas equipment market in service of new solutions are hindered by the absence of precise normative requirements for the units and by the absence of accessible information on operational features and problems.

At present, REAM-RTI experts constantly feel the inefficiency of norms and standards operating in the Russian oil and gas production industry. Technical regulation lags behind oil and gas production stimulation. This hinders competitive mass production, an integral part of which is products made of elastomers and polymer composites.

As such, the active work of national associations and institutes (e.g., the Russian State Oil and Gas University, the National Institute of Oil and Gas) should help to overcome lag in quality of oil and gas equipment (as compared to foreign equipment) by means such as the application of progressive standards and management directives. 🔴

специалисты «РЕАМ-РТИ» взяли за основу разработок именно это направление.

Первыми изделиями из ИП стали детали роторной части газовых сепараторов для ОАО «Борец». Опытная партия деталей газового сепаратора, в настоящее время проходящая испытания, также была изготовлена для компании «НОВОМЕТ-ПЕРМЬ».

Однако, основными изделиями, которые планируются для массового производства, являются рабочие колеса (РК) центробежных нефтяных насосов. Их производство осваивается ООО «РЕАМ-РТИ» для ОАО «Борец» из нового композиционного полимерного материала «БАЗАЛИТ» на основе полифениленсульфида (PPS). Эти изделия планируются для замены РК из материала нирезист в скважинах, где требуется повышенная коррозионная стойкость, а так же химическая стойкость, стойкость к сероводороду, углекислому газу и солеотложению. Для производства указанных изделий были специально разработаны новая технология и новый композиционный полимерный материал «БАЗАЛИТ» (см. табл. 2).

Наполнение матричного полимера базальтовыми волокнами вместо стекловолокна обеспечивает материалу «БАЗАЛИТ» ряд преимуществ. Основное преимущество – это улучшенная стойкость к гидролизу. Это означает, что рабочие колеса из «БАЗАЛИТа» в процессе эксплуатации будут меньше подвергаться разрушительному воздействию горячей воды и, соответственно, будут дольше служить без снижения прочности.

Разработанная специалистами «РЕАМ-РТИ» новая технология типа lost core позволяет изготавливать монолитное изделие в отличие от существующих в настоящее время рабочих колес из полимерных материалов, состоящих из двух сваренных между собой частей. Отсутствие сварного шва существенно повышает прочность и надежность конструкции особенно при длительной (до трех лет) эксплуатации изделий. Данная технология позволяет также производить рабочие колеса с наклонными лопатками и практически любой сложной геометрией проточного канала без существенного изменения цены на изделие. При этом, обеспечиваются такие эксплуатационные преимущества, как:

- высокая стабильная прочность изделия из-за отсутствия сварного шва;
- более высокий срок службы изделия благодаря прекрасной стойкости к гидролизу;
- теплостойкость до 260 °C;
- температура длительной эксплуатации 220 °C;
- деталь не требует балансировки;
- масса в три раза меньше по сравнению с деталью из нирезиста;
- отличная коррозионная и химическая стойкость;
- высокая стойкость к воздействию сероводорода и углекислого газа;
- низкая склонность к отложению гидратов;
- более высокий КПД колеса благодаря гладкости поверхности.

Кроме того, использование нового КПМ, в совокупности с конструкционными особенностями, предполагает снижение стоимости рабочих колес на 20-25% по сравнению с аналогичными изделиями из нирезиста.

Однако, применению современных технологий и продвижению на российский рынок НГО и в сервис новых решений препятствует отсутствие четких нормативных требований к узлам, доступной информации по особенностям их эксплуатации и имеющих место проблемам.

В настоящее время специалисты ООО «РЕАМ-РТИ» постоянно ощущают неэффективность действующих в России норм и стандартов в нефтегазодобывающей отрасли. Техническое регулирование отстает от задач интенсификации добычи нефти и газа, что препятствует массовому производству конкурентоспособной продукции, неотъемлемой частью которой являются изделия из эластомеров и полимерных композитов.

В этой связи, активная работа национальных ассоциаций, институтов, например, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Национального института нефти и газа, должна помочь преодолению отставания качества оборудования для нефтедобывающего комплекса от зарубежного НГО, в том числе, за счет прогрессивных стандартов и руководящих документов. 🔵