



А Р Ф Л О Н

Структура•Свойства•Применение

Фторполимерные материалы антифрикционного, уплотнительного и электротехнического назначения

производства ООО «НПП «Арфлон»

Москва | 2017

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ МАРКИ АРФЛОН

Материалы марки АРФЛОН представляют собой фторполимерные материалы, получаемые путем предварительного компактирования чистого порошка ПТФЭ или его смесей с различными органическими и неорганическими наполнителями с последующей термической или высокотемпературной физико-химической обработкой.

Благодаря применению новых методов модифицирования материалы марки АРФЛОН характеризуются высокой однородностью структуры и отсутствием пористости, свойственной обычному ПТФЭ и всем известным в мировой практике композитам на его основе. Композиты марки АРФЛОН характеризуются высоким адгезионным взаимодействием частиц наполнителя с полимерной матрицей.

Материалы марки АРФЛОН рекомендуются к применению в качестве уплотнительных, антифрикционных, электротехнических, конструкционных деталей для работы в широком диапазоне температур от -196 до +260 °С (при

умеренных нагрузках до 300 °С) в нейтральных и химически и биологически агрессивных средах, в условиях воздействия УФ- и ионизирующего излучения. Радиационная стойкость материалов АРФЛОН увеличена по сравнению с ПТФЭ от 100 до 250 раз.

Специальные марки АРФЛОН, предназначенные для применения в трибосопряжениях (подшипники скольжения, манжеты, сальники, опорные и уплотнительные поршневые кольца и др.) обладают чрезвычайно высокой износостойкостью (PV -фактор при $V < 2$ м/с без смазки до 10 МПа×м/с и при $V < 5$ м/с со смазкой до 25 МПа×м/с), низким коэффициентом трения, низкой скоростью ползучести и повышенным коэффициентом теплопроводности.

Характеристики материалов марки АРФЛОН обеспечивают высокую надежность и ресурс работы сопрягаемых деталей и превосходят по ряду характеристик применяющиеся в мировой практике аналоги.

МАТЕРИАЛЫ АРФЛОН, ПОЛУЧАЕМЫЕ КОМПАКТИРОВАНИЕМ И ТЕРМИЧЕСКИМ СПЕКАНИЕМ ПОРОШКОВ ПТФЭ ИЛИ ЕГО СМЕСЕЙ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Марка материала	Описание	Вид материала	Свойства	Заменяемые материалы (аналоги)	Преимущества перед заменяемыми материалами	Применения
Арфлон А	ПТФЭ, не содержащий наполнителей. Получают компактированием и термическим спеканием порошка ПТФЭ с соблюдением требований международных стандартов (ISO, ASTM). цвет молочно-белый	Пластины, втулки, стержни, лента, пленка	Аналогичны фторопласту-4	Фторопласт-4, Teflon-PTFE, Polyflon, Algoflon, Fluon, Soreflon, Gostafion TF	Способствует импортозамещению. По сравнению с отечественными марками имеет более высокое качество, гарантированное соблюдением требований международных стандартов (ISO, ASTM)	Изделия уплотнительного и триботехнического назначения, работающие в области не высоких давлений (до 50 кг/см ²) и температур (до 100 °С), в том числе в агрессивной среде. Изделия с повышенной химической стойкостью и биологической инертностью (химическая посуда, емкости, кровеносные сосуды, имплантаты). Изделия электротехнического назначения.
Арфлон С20	Композит, получаемый компактированием и термическим спеканием смеси порошков: 80% ПТФЭ и 20% технического углерода. цвет темно-серый	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны фторопласту-4, но с повышенной износостойкостью и сниженной ползучестью	Композиты Ф4К20, Ф4К15М5	Существенное снижение изнашивания контртела, изделия имеют чистую и гладкую поверхность при обработке	Изделия уплотнительного и триботехнического назначения, работающие в области умеренных давлений (до 120 кг/см ²) и температур (до 180 °С), в том числе в агрессивной среде (кроме жидкого кислорода)
Арфлон В40G10	Композит, получаемый компактированием и термическим спеканием смеси порошков: 50% ПТФЭ, 40% бронзы и 10% графита. цвет темно-коричневый	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны фторопласту-4, но с повышенными жесткостью, твердостью и износостойкостью и сниженной ползучестью	Композиты Ф4К20, Ф4К15М5, АФГ-80ВС, АФГМ, Ф4Бр40	Комбинирует в себе свойства двух антифрикционных наполнителей: графита и бронзы	Подшипники скольжения и уплотнения для работы при умеренных давлениях (до 120 кг/см ²) и температурах (до 180 °С)
Арфлон CF20 и CF15	Композиты, получаемые компактированием и термическим спеканием смеси порошков: 80 и 85% ПТФЭ и 20 и 15% углеродного волокна. цвет темно-серый	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны фторопласту-4, но с повышенными жесткостью и износостойкостью и сниженной ползучестью	Композиты Ф4УВ15, Ф4УВ20, флубон20	Качество, гарантированное соблюдением международных стандартов (ISO, ASTM)	Подшипники скольжения и уплотнения, работающие при умеренных давлениях (до 120 кг/см ²) и температурах (до 180 °С), в том числе в условиях агрессивной среды (кроме жидкого кислорода)
Арфлон GF25, GF20, GF15	Композиты, получаемые компактированием и термическим спеканием смеси порошков: 75, 80 и 85% ПТФЭ и 25, 20 и 15% стекловолокна. цвет светло-желтый	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны фторопласту-4, но с повышенными жесткостью, твердостью и износостойкостью и сниженными коэффициентом термического расширения и ползучестью	Композиты Ф4С15, Ф4С20	Качество, гарантированное соблюдением международных стандартов (ISO, ASTM)	Изделия триботехнического и уплотнительного назначения при умеренных давлениях (до 120 кг/см ²) и температурах (до 180 °С), в том числе в агрессивной среде (кроме плавиковой кислоты и сильных щелочей при повышенной температуре). Уплотнения для криогенной техники. Изделия электротехнического назначения.

МАТЕРИАЛЫ АРФЛОН, ПОЛУЧАЕМЫЕ КОМПАКТИРОВАНИЕМ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ ПОРОШКОВ ПТФЭ ИЛИ ЕГО СМЕСЕЙ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Марка материала	Описание	Вид материала	Свойства	Заменяемые материалы (аналоги)	Преимущества перед заменяемыми материалами	Применения
Арфлон AR100	<p>ПТФЭ, не содержащий наполнителей.</p> <p>Получают компактированием и ВФХМ порошка ПТФЭ.</p> <p>ТУ 20.16.30-002-06335753-2017</p> <p>цвет белый полупрозрачный</p>	<p>Пластины, втулки, стержни, лента, пленка</p>	<p>Аналогичны Ф4 и Арфлону А, но с повышенными износостойкостью, теплостойкостью и сниженной ползучестью</p>	<p>Ф4, Teflon-PTFE, Polyflon, Algoflon, Fluon, Soreflon, Gostaflon TF</p> <p>Teflon® NXT 70, NXT 75, NXT 85 Производитель: DuPont (США)</p> <p>Dyneon TFM1700, TFM1705, TFM1600, TFM1605 Производитель: 3M (США-Германия)</p>	<p>Способствует импортозамещению.</p> <p>Комбинирует в себе все лучшие свойства чистого Ф4 со значительным снижением скорости износа при трении в 3-5 раз и снижением ползучести в 2-3 раза</p>	<p>Изделия уплотнительного и триботехнического назначения, работающие при умеренных давлениях (до 120 кг/см²) и температурах (до 180 °С), в том числе в высокоагрессивной среде (концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сероводород, плавиковая кислота, углеводороды, жидкий кислород, растворители, морская вода и т.д.).</p> <p>Изделия с высокой химической стойкостью и биологической инертностью (химическая посуда, емкости, кровеносные сосуды, имплантаты, протезы).</p> <p>Изделия электротехнического назначения.</p>
Арфлон AR200	<p>ПТФЭ, не содержащий наполнителей.</p> <p>Получают компактированием и ВФХМ порошка ПТФЭ.</p> <p>ТУ 20.16.30-002-06335753-2017</p> <p>цвет белый, полупрозрачный</p>	<p>Пластины, втулки, стержни, лента, пленка</p>	<p>Аналогичны Арфлону AR100, но с повышенными износостойкостью, радиационной стойкостью, теплостойкостью, жесткостью, твердостью и сниженными ползучестью и коэффициентом трения при $V > 0.5$ м/с</p>	<p>Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4С15, Ф4УВ15, Ф4УВ20, Капролон, СВМПЭ</p> <p>Teflon® NXT 70, NXT 75, NXT 85 Производитель: DuPont (США)</p> <p>Dyneon TFM1700, TFM1705, TFM1600, TFM1605 Производитель: 3M (США-Германия)</p> <p>ZX-100K, ZX-530, РЕЕК Производитель: Zedex (Германия)</p> <p>MSM Производитель: Maurer (Германия)</p>	<p>Способствует импортозамещению.</p> <p>Комбинирует в себе все лучшие свойства Арфлона AR100 со значительным снижением износа при трении до 10 раз, по сравнению с лучшими композитами, и до 10000 раз, по сравнению с Ф4.</p> <p>Ползучесть снижена в 2-3 раза, по сравнению с композитами на основе ПТФЭ, капролоном и др., и до 10 раз, по сравнению с Ф4.</p> <p>Радиационная стойкость повышена в 100-300 раз, по сравнению с Ф4.</p> <p>По сравнению с РЕЕК и ZX-530 значительно снижены PV-фактор и коэффициент трения.</p> <p>По сравнению с ZX-100K и MSM значительно повышены термо- и теплостойкость и температура эксплуатации.</p>	<p>Изделия уплотнительного и триботехнического назначения, работающие при повышенных давлениях (до 200 кг/см²) и температурах (до 200 °С), в том числе в высокоагрессивной среде (концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сероводород, плавиковая кислота, углеводороды, жидкий кислород, растворители, морская вода и т.д.).</p> <p>Изделия с высокой химической стойкостью и биологической инертностью (химическая посуда, емкости, кровеносные сосуды, имплантаты, протезы).</p> <p>Изделия электротехнического назначения.</p>

Арфлон AR201	Композит на основе ПТФЭ, получаемый компактированием и ВФХМ ТУ 20.16.30-002-06335753-2017 цвет черный	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны Арфлону AR200, но с повышенной теплопроводностью и сниженным коэффициентом трения	Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4С15, Ф4УВ15, Ф4УВ20, Флувис Марки: PTFE compounds G412, G414, G483, G410, G415, G430, G450, G451, G452, G456, G463, G453, G472 Производитель: Guarniflon S.p.A (Италия) Марки: Fluon PB2015, RB2015 Производитель: Asahi Glass (Япония-Великобритания) Марки: Dyneon PTFE Compound 1191N, FC15025, PDR 06014, TF6302, 310192004, TF3215, TF3215S, TF3235, TF3236, TF4212, TF4215, TF4216, TF4303, TF 6262, TF6302 Производитель: 3M (США-Германия)	Способствует импортозамещению. Сочетает преимущества AR200 с повышенными радиационной стойкостью, электро- и теплопроводностью.	Изделия уплотнительного и триботехнического назначения, работающие при высоких давлениях (до 250 кг/см ²) и температурах (до 260 °С), в том числе в агрессивной среде (концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сероводород, углеводороды, растворители, морская вода и т.д.), кроме жидкого кислорода.
Арфлон AR202	Композит на основе ПТФЭ, получаемый компактированием и ВФХМ ТУ 20.16.30-002-06335753-2017 цвет черный	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны Арфлону AR200, но с повышенной теплопроводностью	Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4С15, Ф4УВ15, Ф4УВ20, Флувис Марки: PTFE compounds G412, G414, G483, G410, G415, G430, G450, G451, G452, G456, G463, G453, G472 Производитель: Guarniflon S.p.A (Италия) Марки: Fluon PB2015, RB2015 Производитель: Asahi Glass (Япония-Великобритания) Марки: Dyneon PTFE Compound 1191N, FC15025, PDR 06014, TF6302, 310192004, TF3215, TF3215S, TF3235, TF3236, TF4212, TF4215, TF4216, TF4303, TF 6262, TF6302 Производитель: 3M (США-Германия)	Способствует импортозамещению. Сочетает преимущества AR200 с повышенными радиационной стойкостью, электро- и теплопроводностью.	Изделия уплотнительного и триботехнического назначения, работающие при высоких давлениях (до 250 кг/см ²) и температурах (до 260 °С), в том числе в агрессивной среде (концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сероводород, углеводороды, растворители, морская вода и т.д.), кроме жидкого кислорода.
Арфлон AR215	Композит на основе ПТФЭ, получаемый компактированием и ВФХМ ТУ 20.16.30-002-06335753-2017 Цвет темно-коричневый	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны Арфлону AR200, но с повышенными износостойкостью, теплостойкостью, теплопроводностью, жесткостью, твердостью и сниженными коэффициентом трения, коэффициентом термического расширения и ползучестью	Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4С15, Ф4УВ15, Ф4УВ20, Флувис, Суперфлувис, Ф4Бр40, РЕЕК, капролон, полиуретаны Марки: PTFE compounds G401, G402, G403, G404, G405, G406, G513, G416, G417, G425, G427, G428, G429, G458, G459, G464, G473, G476, G488, G506, G548 Производитель: Guarniflon S.p.A (Италия) Марки: Fluon PA1015Z, PA1020Z, PA1025Z, RB1015S, RB1020S, RB1025S, PB3060, PB3360T Производитель: Asahi Glass (Япония-Великобритания) Марки: Dyneon PTFE Compound 1174N, FB01N, FC100151000,	Способствует импортозамещению. Сочетает преимущества AR200 со значительно повышенными физико-механическими и триботехническими характеристиками, повышенными радиационной стойкостью, электро- и теплопроводностью.	Высококачественный материал для трибосопряжений и уплотнений, работающих при высоких давлениях (до 250 кг/см ²) и температурах (до 260 °С)

				FC16863, FC18050, PDR010031, PDR05017, PDR010031, PDR 05017, TF3406, TF3105, TF4103, TF4104, TF4105, TF4705, TF6103N, TF6105N, TF6404, TF4105, TF6406, TF8615 Производитель: 3M (США-Германия)		
Арфлон AR204	Композит на основе ПТФЭ, получаемый компактированием и ВФХМ ТУ 20.16.30-002-06335753-2017 Цвет черный	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны Арфлону AR200, но с повышенными износостойкостью, теплостойкостью, теплопроводностью, жесткостью, твердостью и сниженными коэффициентом трения, коэффициентом термического расширения и ползучестью	Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4УВ15, Ф4УВ20, Флувис, Суперфлувис, Ф4Бр40, РЕЕК, капролон, полиуретаны Марки: PTFE compounds G412, G414, G483, G410, G415, G430, G450, G451, G452, G456, G463, G453, G472 Производитель: Guarniflon S.p.A (Италия) Марки: Fluon PB2015, RB2015 Производитель: Asahi Glass (Япония-Великобритания) Марки: Dyneon PTFE Compound 1191N, FC15025, PDR 06014, TF6302, 310192004, TF3215, TF3215S, TF3235, TF3236, TF4212, TF4215, TF4216, TF4303, TF 6262, TF6302 Производитель: 3M (США-Германия)	Способствует импортозамещению. Сочетает преимущества AR215 с повышенной химической стойкостью	Высококачественный материал для трибосопряжений и уплотнений, работающих при высоких давлениях (до 250 кг/см ²) и температурах (до 260 °С), в том числе в агрессивной среде, кроме жидкого кислорода
Арфлон AR203	Композит на основе ПТФЭ, получаемый компактированием и ВФХМ ТУ 20.16.30-002-06335753-2017 цвет светло-коричневый	Пластины, втулки, стержни, лента	Аналогичны Арфлону AR200, в том числе по диэлектрическим характеристикам, но с повышенными жесткостью и твердостью и сниженными коэффициентом термического расширения и ползучестью	Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4С15, Ф4С25 Марки: PTFE compounds G401, G402, G403, G404, G405, G406, G513, G416, G417, G425, G427, G428, G429, G458, G459, G464, G473, G476, G488, G506, G548 Производитель: Guarniflon S.p.A (Италия) Марки: Fluon PA1015Z, PA1020Z, PA1025Z, RB1015S, RB1020S, RB1025S, PB3060, PB3360T Производитель: Asahi Glass (Япония-Великобритания) Марки: Dyneon PTFE Compound 1174N, FB01N, FC100151000, FC16863, FC18050, PDR010031, PDR05017, PDR010031, PDR 05017, TF3406, TF3105, TF4103, TF4104, TF4105, TF4705, TF6103N, TF6105N, TF6404, TF4105, TF6406, TF8615 Производитель: 3M (США-Германия)	Способствует импортозамещению. Сочетает преимущества AR200, в том числе высокие диэлектрические характеристики, с улучшенными физико-механическими свойствами и повышенной радиационной стойкостью.	Высококачественный материал для трибосопряжений и уплотнений, работающих при высоких давлениях (до 250 кг/см ²) и температурах (до 260 °С), в том числе в агрессивной среде, кроме плавиковой кислоты и сильных щелочей при повышенной температуре. Изделия электротехнического назначения и криогенной техники

СТРУКТУРНАЯ ОСОБЕННОСТЬ МАТЕРИАЛОВ АРФЛОН, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ВФХМ

Материалы АРФЛОН, получаемые методом высокотемпературного физико-химического модифицирования (ВФХМ) и не содержащие наполнителей, AR100 и AR200, представляют собой структурно-модифицированный ПТФЭ. Для данных марок АРФЛОНа характерна сферолитная упаковка макромолекул вместо ламеллярной упаковки, свойственной обычному ПТФЭ. Сферолитная упаковка обеспечивает улучшение физико-механических, вязко-упругих и триботехнических характеристик.

Композиты марки АРФЛОН, получаемые методом ВФХМ, характеризуются наличием прочных химических связей

диспергированных частиц с макромолекулами ПТФЭ, а также формированием аксиолитов, в центре которых располагаются частицы наполнителя, а макромолекулы ориентированы радиально по отношению к центру аксиолита. В обычных термически спеченных композитах ПТФЭ частицы наполнителя не связаны с макромолекулами и не смачиваются ими, поскольку не совместимы ввиду различий в поверхностной энергии, а структура полимерного компонента композита остается ламеллярной, как в ненаполненном спеченном ПТФЭ. Метод ВФХМ обеспечивает значительное улучшение физико-механических, вязко-упругих и триботехнических характеристик композитов на основе ПТФЭ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ АРФЛОН, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ВФХМ

Материалы AR100 и AR200, получаемые методом ВФХМ и не содержащие наполнителей, обладают по сравнению с обычным ПТФЭ, улучшенными эксплуатационными свойствами. При переходе от AR100 к AR200 увеличиваются плотность, модуль упругости, твердость, напряжение при заданной величине деформации, а также снижаются скорость изнашивания, деформация при заданной нагрузке, скорость ползучести и пористость. Характеристики AR100 и AR200 позволяют существенно увеличить предельно допустимые значения механических напряжений в области повышенных температур, а

также предельно допустимые значения давлений и скоростей скольжения в трибосопряжениях. Снижение пористости способствует увеличению средних значений напряжений электрических пробоев. Арфлон марки AR200 превосходит традиционные композиты на основе ПТФЭ, такие как Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4С15, Ф4УВ15, Ф4КС2, АФГ20ВС и др. по износостойкости, ползучести и деформационно-прочностным характеристикам, особенно в области повышенных температур, а также по стойкости характеристик к воздействию ионизирующего излучения.

Введение наполнителей обеспечивает дополнительные преимущества материалам Арфлон. Композиты Арфлон, полученные с применением метода ВФХМ, обладают по сравнению с AR200, повышенными износостойкостью, теплостойкостью, теплопроводностью, жесткостью, твердостью и сниженными коэффициентом трения, коэффициентом

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ АРФЛОН, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ВФХМ

Материалы АРФЛОН могут применяться в областях, где в настоящее время применяется ПТФЭ и композиты на его основе как конструкционные материалы уплотнительного, антифрикционного и электротехнического назначения, а также в областях, где ранее применение данных материалов было исключено в силу ограничений по условиям эксплуатации (давлению, температуре, поглощенной дозе радиации и др.).

Материалы Арфлон могут успешно применяться взамен таких материалов как Капролон, СВМПЭ, полиуретаны, а также широкого круга зарубежных уплотнительных и триботехнических материалов: MSM (Maurer, Германия), ZX100K, ZX530 (Zedex, Германия) и др.

термического расширения и ползучестью. Это способствует дальнейшему увеличению предельно допустимых механических напряжений, в том числе в области повышенных температур, а также предельно допустимых давлений и скоростей скольжения в трибосопряжениях.

Отсутствие наполнителей обеспечивает универсальность применений марок AR100 и AR200, поскольку наполнители могут ограничивать применимость материала либо по химической и коррозионной стойкости, влагопоглощению или ухудшению диэлектрических свойств, по абразивному воздействию на контртело или неоднородности и пористости структуры и др.

В тех случаях, когда отсутствуют ограничения, применение марок Арфлон, содержащих наполнители, приводит к дополнительному увеличению рабочего ресурса изделия за счет более высоких физико-механических и триботехнических характеристик.

**ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ АРФЛОН, НЕ СОДЕРЖАЩИХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И ПОЛУЧАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
МЕТОДА ВФХМ, ПО СРАВНЕНИЮ С ПТФЭ, ПОЛУЧАЕМЫМ ТЕРМИЧЕСКИМ СПЕКАНИЕМ**

№ п.п.	Наименование показателя	Марка материала			
		ПТФЭ	AR100	AR101	AR200
1	Плотность по ГОСТ 15139 при 20±2 °С, г/см³	2.140-2.180	2.185-2.195	2.190-2.205	2.195-2.215
2	Модуль упругости при сжатии по ГОСТ 9550, МПа				
	20 °С	250-400	450-500	550-600	600-700
	100 °С	150-160	230-260	270-290	280-330
	150 °С	30-40	70-85	120-140	150-170
	200 °С	20-25	60-80	100-120	120-130
3	Модуль упругости при растяжении по ГОСТ 9550, МПа				
	20 °С	250-350	400-450	500-550	500-600
	100 °С	135-145	200-220	230-250	230-250
	150 °С	25-35	90-100	100-110	110-130
	200 °С	15-20	50-60	60-70	70-80
4	Напряжение при 10%-деформации на сжатие по ГОСТ 4651, МПа				
	20 °С	12	19	22	25
	100 °С	4.1	12	14	16
	150 °С	3.5	8	10	11
	200 °С	2.4	5	7	9
5	Напряжение при 10%-деформации на растяжение по ГОСТ 4651, МПа				
	20 °С	6	10	13	14
	100 °С	3.5	7	8	11
	150 °С	2.5	5.5	5.5	7
	200 °С	2	3.5	4	5
6	Деформация при сжатии при 14 МПа при 20 °С за 24 час, %:				
	– суммарная	16	12	10	8
7	Деформация при растяжении при 12 МПа при 20 °С за 100 час, %:				
	– суммарная	300	20	4	2
8	Деформация при растяжении при 0.5 МПа при 250 °С за 24 час, %:				
	– суммарная	20	5	3	2
	– необратимая	14	1	0.5	0.2

9	Прочность при растяжении по ГОСТ 11262, МПа 20 °С 100 °С 150 °С 200 °С	20-30 13-15 8-10 6-8	15-17 10-12 10-12 6-8	13-15 10-12 10-12 6-8	12-15 11-13 7-8 5-7
10	Истинная прочность (нагрузка, отнесенная к истинному значению сечения образца в момент разрыва), МПа	120-130	120-130	115-125	100-110
11	Относительное удлинение при разрыве по ГОСТ 11262 °С, % 20 °С 100 °С 150 °С 200 °С	400-550 400-500 400-500 400-500	350-470 350-400 350-400 300-350	200-300 300-400 300-350 300-350	80-150 200-250 200-250 200-250
12	Коэффициент динамического трения (при движении образца в виде цилиндра по металлическому диску без смазки и теплоотвода из зоны контакта): – P=2.5 МПа, V=1 м/с, Ra=0.3, HRc 45 – P=10 МПа, V=1 м/с, Ra=0.3, HRc 45	0.22 0.20	0.22 0.20	0.20 0.18	0.20 0.18
13	Линейная скорость изнашивания (при движении образца в виде цилиндра по металлическому диску без смазки и теплоотвода из зоны контакта), мкм/км: – P=2.5 МПа, V=1 м/с, Ra=0.3, HRc 45 – P=10 МПа, V=1 м/с, Ra=0.3, HRc 45	5×10^3 $> 10^4$	0.5×10^3 $(1-2) \times 10^3$	0.5-1 1-2	0.1-0.3 1-2
14	Интенсивность изнашивания (при движении образца в виде цилиндра по металлическому диску без смазки и теплоотвода из зоны контакта), $\text{мм}^3/\text{н} \times \text{м}$: – P=2.5 МПа, V=1 м/с, Ra=0.3, HRc 45 – P=10 МПа, V=1 м/с, Ra=0.3, HRc 45	10^{-3} -	$(0.3-0.5) \times 10^{-6}$ $(1-2) \times 10^{-6}$	$(0.5-1) \times 10^{-9}$ $(0.5-1) \times 10^{-9}$	10^{-9} 10^{-9}
15	Показатель вытягивания пустот, SVI ASTM D4895-04	<300	<100	<60	<50
16	Твердость по Бринеллю, МПа D2240 – 05	25-28	30-35	38-40	40-42
17	Твердость по Шору D2240 – 05	58-60	59-60	60-61	61
18	Тепловое старение на воздухе при 250°С в течении 1000 час: – изменение прочности при разрыве, %, не более – изменение удлинения при разрыве, %, не более	10 30	10 30	10 30	10 30

19	Температура плавления, °С ASTM D 4591	327	320	315	312
20	Теплота плавления/кристаллизации, Дж/г ASTM D 4591	25-30	30-35	35-40	35-40
21	Коэффициент линейного термического расширения, 10^{-5} , град ⁻¹				
	-60	9	9	8	8
	20	12	11	10	10
	100	12	11	10	11
	150	17	16	15	15
	200	20	19	18	18
250	24	23	22	21	
22	Влагопоглощение после 1000 часов выдержки в воде при 60 °С, %, не более ГОСТ 4650	0.05	0.05	0.05	0.05
23	Диэлектрическая проницаемость при 10^9 Гц	2.1 – 2.2	2.1 – 2.2	2.1 – 2.2	2.1 – 2.2
24	Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^9 Гц	$(1 - 3) \times 10^{-4}$	$(1 - 3) \times 10^{-4}$	$(1 - 3) \times 10^{-4}$	$(1 - 3) \times 10^{-4}$
25	Электрическая прочность при постоянном напряжении (толщина образца 0.100 ± 0.005 мм), кВ/мм	>25	>50	>50	>70
26	Интегральный коэффициент оптического пропускания в области 400-800 нм для пленки 100 мкм, %	≥40	≥50	≥60	≥80
27	Газовыделение, % ГОСТ Р 50109	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01
28	Коррозионная стойкость, ГОСТ 9902	Применение до 250°С в контакте с нержавеющей сталями, хромированными конструкционными сталями и титановыми сплавами.	Применение до 250°С в контакте с нержавеющей сталями, хромированными конструкционными сталями и титановыми сплавами.	Применение до 250°С в контакте с нержавеющей сталями, хромированными конструкционными сталями и титановыми сплавами.	Применение до 250°С в контакте с нержавеющей сталями, хромированными конструкционными сталями и титановыми сплавами.
29	Радиационная стойкость, кГр, ГОСТ 9.706, IV группа	10	500	1000	2000

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТОВ АРФЛОН, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ВФХМ, ПО СРАВНЕНИЮ С КОМПОЗИТАМИ ПТФЭ, ПОЛУЧАЕМЫМИ ТЕРМИЧЕСКИМ СПЕКАНИЕМ

№ п.п.	Наименование показателя	Марка материала					
		Термическое спекание			ВФХМ		
		Ф4К15М5	Ф4С15	Ф4УВ15	AR203	AR204	AR215
1	Модуль упругости при сжатии по ГОСТ 9550, МПа						
	20 °С	650-750	550-700	700-800	800-900	1000-1100	1300-1400
	150 °С	75-85	70-80	100-120	350-400	460-500	480-520
	200 °С	60-70	60-70	60-70	230-250	260-300	350-370
	250 °С	30-40	30-40	30-40	150-170	220-230	250-280
2	Напряжение при 10%-деформации на сжатие по ГОСТ 4651, МПа						
	20 °С	21	21	22	28	36	38
	150 °С	6.5	7.0	7.3	14	17	18
	200 °С	5.6	5.7	5.9	9.8	14.9	15.0
	250 °С	2.5	3.0	3.2	8.4	9.9	11.9
3	Деформация при сжатии при 25 МПа за 1 час, %:						
	– суммарная						
	20 °С	25	22	20	5	4.5	4.1
	150 °С	33	30	30	12	7	5.9
	200 °С	40	40	56	22	16	15
	– необратимая						
20 °С	20	18	14	2.4	1.7	1.0	
150 °С	25	24	22	4.4	2.1	1.5	
	200 °С	29	30	40	9.5	4.0	3.2
4	Прочность при растяжении при 20 °С по ГОСТ 11262, МПа	>15	>15	>15	>15	>15	>15
5	Относительное удлинение при разрыве при 20 °С по ГОСТ 11262 °С, %	>100	>150	>100	>100	>100	>50
6	Коэффициент динамического трения (при движении образца в виде цилиндра по металлическому диску без смазки и теплоотвода из зоны контакта при P=2.5 МПа, V=1 м/с, Ra=0.3, HRc 45)	0.25-0.38	0.25-0.30	0.24-0.26	0.14-0.16	0.14-0.18	0.18-0.20
7	Линейная скорость изнашивания (при движении образца в виде цилиндра по металлическому диску без смазки и теплоотвода из зоны контакта при P=5 МПа, V=1 м/с, Ra=0.3, HRc 45), мкм/км	5-10	3-5	2-3	0.3	<0.1	<0.1
8	Твердость по Бринеллю, МПа, D2240 – 05	28-30	28-30	30-32	42-45	55-58	70-75
9	Теплопроводность, Вт/м×К	0.34	0.28	0.35	0.35	0.38	0.45
10	Температура плавления, °С ASTM D 4591	329	328	328	310	308	307
11	Теплота плавления/кристаллизации, Дж/г, ASTM D 4591	24	25	20	35-40	35-40	35-40
12	Радиационная стойкость, кГр, ГОСТ 9.706, IV группа	1	1	1	2500	2500	2500

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПОРТНЫХ МАТЕРИАЛОВ TEFLON-PTFE, PEEK И АРФЛОНА МАРКИ AR200

№ п.п.	Наименование показателя	Стандарт	Единица измерения	PTFE	PEEK	AR200
1	Плотность	ISO 12086	g/cm ³	2.14-2.17	1.31	2.19-2.20
2	Максимальная температура эксплуатации	-	°C	260	250	260
3	Минимальная температура эксплуатации	-	°C	-200		-200
4	Твердость по Бринеллю	DIN 53 456	N/mm ²	28-32	170	38-40
5	Твердость по Шору	DIN 53 505	Sh. D	58	>80	60
6	Прочность при растяжении (23°C)	DIN 53 455	N/mm ²	20-30	75-97	15-16
7	Удлинение при разрыве (23°C)	DIN 53 455	%	300-500	20	100-150
8	Модуль упругости при растяжении (23°C)	DIN 53 457	N/mm ²	250-350	2300-4300	450-550
9	Модуль упругости при изгибе	DIN EN ISO 178	MPa	600-800	3600-4100	800-1000
10	Коэффициент термического расширения (20-150°C)	-	1/K, 10 ⁻⁵	10-15	5	9-12
11	Коэффициент термического расширения (150-260°C)	-	1/K, 10 ⁻⁵	15-20	6	13-18
12	Теплопроводность (23°C)	DIN 52 612	W/K×m	0.25	0.25	0.25
13	Деформация при 15 МПа за 24 час (23°C)	ASTM-D621	%	16-18		7-9
14	Деформация при 4 МПа за 24 час (260°C)	ASTM-D621	%	30-33		4-5
15	Напряжение при 1%-деформации (23°C)	DIN 53 454	N/mm ²	3-4		7-8
16	PV-фактор 3 м/min	-	$\frac{N \times m}{mm^2 \times min}$	<1	20-30	30-35
17	PV-фактор 30 м/min	-	$\frac{N \times m}{mm^2 \times min}$	<1	10-15	250-300
18	PV-фактор 300 м/min	-	$\frac{N \times m}{mm^2 \times min}$	<1	5-10	50-100
19	Коэффициент трения (статический)	-		0.05-0.10	0.25-0.34	0.08-0.12
20	Коэффициент трения (динамический)	-		0.22-0.27	0.22-0.25	0.19-0.22
21	Интенсивность изнашивания, K, 10 ⁻⁸ (20-100°C)	-	$\frac{cm^3 \times min}{kg \times m \times h}$	10 ⁴	20-60	1-3

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПОРТНЫХ МАТЕРИАЛОВ TEFLON-PTFE И PEEK И АРФЛОНА МАРКИ AR200

1. Материал AR200 имеет значительные преимущества по трибологическим характеристикам по сравнению с PEEK и особенно по сравнению с PTFE.

Значения PV -фактора характеризуют предельно допустимые режимы эксплуатации полимера в трибосопряжении. При заданных значениях скоростей скольжения V (м/с) эти значения характеризуют максимально допустимую нагрузку (или давление) P_{max} в зоне трибоконтакта:

$$P_{max} = \frac{PV_{фактор}}{V}$$

Как видно из таблицы значения PV -фактора для AR200 при малых и больших скоростях скольжения от 3 м/мин до 300 м/мин всегда значительно выше, чем для PEEK. Преимущество AR200 по этому показателю по отношению к PEEK достигает 20-30 раз при $V=30$ и 300 м/мин. Значения PV -фактора для PTFE много меньше, чем для AR200 и PEEK. Поэтому PTFE применяется в узлах трения только в составе композитов с добавками стекловолокна, углеволокна, графита, кокса, сажи, бронзы и др., снижающих скорость его изнашивания. Сам по себе PTFE имеет очень большую ползучесть, которая ограничивает допустимое давление в трибоконтакте, и большую скорость износа при трении, что ограничивает допустимую скорость скольжения. В

результате получаются очень малые значения PV -фактора (менее 1), которые в 100-300 раз меньше, чем для AR200 (см. табл.). У PEEK значения PV -фактора выше, чем у PTFE, однако много ниже, чем AR200. Недостатком PEEK является увеличение скорости изнашивания с ростом скорости скольжения. Это является причиной того, что с увеличением скорости скольжения от 3 до 300 м/мин предельно допустимое давление в трибоконтакте снижается в 5-6 раз.

Значения коэффициента трения для PEEK больше, чем для PTFE и AR200. Поэтому в отношении антифрикционных свойств оба последних материала имеют преимущество по сравнению с PEEK.

Как видно из табл., износостойкость при трении (интенсивность изнашивания, K) для AR200 приблизительно в 20 раз выше, чем для PEEK, что объясняется более высокими антифрикционными свойствами AR200. Износостойкость PTFE в 10000 раз ниже, чем для AR200, и в 500-1000 раз ниже, чем для PEEK.

Таким образом по триботехническим характеристикам при малых и больших скоростях скольжения материал AR200 имеет значительные преимущества, по сравнению с PEEK и PTFE. Применение AR200 в узлах трения обеспечит повышение надежности и ресурса эксплуатации, а также возможность

повышения технических характеристик – допустимых значений температуры, давления, скорости скольжения.

2. С точки зрения механических свойств материал PEEK, по сравнению с AR200 и PTFE, является жестким и твердым материалом. Как видно из таблицы, PEEK имеет высокие значения модуля упругости, твердости и прочности при растяжении, значительно превосходящие таковые для AR200 и PTFE. Одновременно с этим PEEK имеет низкие значения удлинения при разрыве, много меньше, чем у AR200 и PTFE. Из-за низкой пластичности и хрупкости для применения PEEK в качестве уплотнений требуется высокоточная обработка (подгонка) сопрягаемых поверхностей и не допускается изготовление тонкостенных деталей (или кромок). Для уплотнений и тонкостенных деталей наилучшим решением является AR200.

3. Величина деформации при статической нагрузке (15 МПа за 24 час при 23°C и 4 МПа за 24 час при 260°C) для AR200 меньше, чем для PEEK. Это указывает на то, что параметры долговременной ползучести у AR200 заметно лучше, чем для PEEK. Поэтому ресурс работы AR200 в уплотнении или трибоконтакте при повышенных температурах будет заведомо выше, чем у PEEK.

4. PEEK имеет более низкий коэффициент термического расширения, по сравнению с AR200 и PTFE. Это не оказывает прямого влияния на ресурс работы, но должно учитываться при проектировании деталей и узлов.

**Материалы марки АРФЛОН разработаны и производятся на предприятии
ООО «НПП «Арфлон» с использованием отечественной сырьевой базы.**

Контакты:

Юридический адрес: 109125, г. Москва, ул. Васильцовский стан, д. 9, к. 165

Почтовый адрес: 109456, г. Москва, 1-й Вешняковский пр., д. 2

8(499)390-62-02, E-mail: sakh@mail.ru