

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВАГОНОСТРОЕНИИ

А.З. Фатхуллин,
генеральный директор
ООО «ЦАКИР»

В современном машиностроении уже давным-давно стало недостаточно выпускать просто надежное оборудование для различных, все усложняющихся условий эксплуатации. Сегодня выигрывает тот, кто уделяет должное внимание инновациям, чье оборудование, используемое, например, в добыче, транспортировке и переработке нефти и нефтепродуктов, энергетике, жилищно-коммунальном и водном хозяйстве, химической, угольной, горнодобывающей и металлургической промышленности, отвечает современным требованиям надежности, энергоэффективности, экологической и промышленной безопасности.

Совершенствование процессов и технологий, постоянное повышенное внимание к инновациям в целях улучшения качества производимого оборудования должны являться одними из важнейших ценностей любого высокотехнологичного машиностроительного предприятия.

Для создания наиболее конкурентоспособной продукции, достижения и удержания лидерства на стратегически приоритетных рынках сегодня могут применяться антифрикционные полимерные композиционные материалы **карбонит** и **оксафен** (рис. 1), изделия из которых используются в узлах трения механизмов и агрегатов, эксплуатируемых в средах с высоким содержанием различных абразивов, минеральных масел, нефтепродуктов (рис. 2). По своим антифрикционным характеристикам данные материалы значительно превосходят по ресурсу и эксплуатационным нагрузкам изделия из баббита, бронзы, текстолита, фторопласта, различных полиамидов (от 2 до 10 раз).



Рис. 1. Антифрикционные полимерные композиционные материалы карбонит (слева) и оксафен



Рис. 2. Образцы изделий из материалов карбонит и оксафен

Свойства полимерных материалов оксафен и карбонит

Параметр	Значение
Физико-механические свойства	
Плотность, г/см ³	1,32... 1,4
Разрушающее напряжение, МПа при изгибе при растяжении при сжатии перпендикулярно направлению прессования при сжатии параллельно направлению прессования	120... 210 45... 70 115... 180 140... 220
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ²	35... 60
Твердость по Роквеллу (для пластмасс), ед. шкалы	70... 90
Равновесное влагосодержание, %	2,7... 3,5
Водопоглощение в холодной воде (24 ч), %	1,4
Маслостойкость (24 ч), %	0,037
Бензостойкость (24 ч), %	0,05
Электрофизические свойства (для диэлектрических типов материала оксафен)	
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	9,7·10 ¹²
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	6,5·10 ¹⁰
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 ⁶ Гц	0,041
Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ⁶ Гц	5,2
Электрическая прочность при частоте 50 Гц, кВ/мм	16,4
Трибологические и теплофизические свойства	
Интенсивность линейного износа, мм/км	1·10 ⁻⁷
Износ контртела	Снижается в 2...3 раза по сравнению с традиционными износостойкими материалами
Фрикционная теплостойкость, °С	от -80 до +300
Теплоемкость, Дж/кг·К	1,5... 3,2
Теплопроводность, Вт/м·К	0,15... 0,18
Температурный коэффициент линейного расширения, 10 ⁻⁶	2,6... 4,3
Коэффициент сухого трения	0,08... 0,23
Коэффициент водного трения	0,07... 0,10
Коэффициент масляного трения	0,04... 0,06

Карбонит — антифрикционный слоистый полимерный конструкционный материал сухого трения, обладающий уникальными трибологическими свойствами для использования в экстремальных условиях сухого трения (низкие и высокие температуры), в различных средах (вода, нефтепродукты и др.) с устойчивостью к истиранию в 5 раз более высокой, чем используемый в настоящее время на многих производствах текстолит. Материал включает армирующие полимерные волокна пятого поколения, термостойкое полимерное связующее и функциональные добавки элементоорганического строения, а также производные переходных металлов.

Оксафен — антифрикционный изотропный полимерный конструкционный материал сухого трения. Является следующей ступенью технологического развития материала карбонит, обладает всеми его трибологическими и физико-механическими свойствами. Технология получения оксафена позволяет изготавливать сложные изделия необходимой формы на стандартном оборудовании, например, тяжело нагруженные втулки транспортных средств, подшипники транспортеров, подшипники скольжения нефтедобывающей техники и многие другие детали.

Полимерные композиционные материалы оксафен и карбонит вырабатываются на основе смеси полимерных смол, синтетических волокон полиоксадиазол и целлюлозных волокон. Рецептура материалов запатентована, их свойства детально изучены, отработан технологический процесс получения, научно обоснован и практически отработан режим прессования готовых изделий.

Оксафен и карбонит являются механически прочными, ударопрочными, термостабильными и износостойкими материалами (см. таблицу). Комплекс трибологических свойств данных материалов превосходит аналогичный комплекс свойств черных, цветных металлов, металлокомпозитов, а также большинства используемых в настоящее время полимерных композиционных материалов (различные типы углепластиков, текстолита и др.).

Оксафен и карбонит хорошо поддаются обработке резанием, которое выполняется на обычном металлорежущем оборудовании. Однако скорость резания и скорость подачи, а также инструмент для их обработки должны быть несколько видоизменены ввиду отличия свойств обрабатываемых материалов от свойств металлов. Следует учитывать и температурный режим в зоне резания, так как помимо пыли в случае критических перегревов возможны деструкция материала и выделение вредных газобразующих продуктов.

ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ОКСАФЕН И КАРБОНИТ

Токарная обработка. Токарная обработка деталей из оксафена и карбонита обычно ведется на универсальных металлорежущих станках и токарных

автоматах при высоких скоростях резания, но со снятием тонкой стружки. В большинстве случаев охлаждающую жидкость не применяют, однако при обработке оксафена и карбонита допустимая температура в зоне резания не должна превышать 250 — 300 °С.

Следует учитывать, что температура в зоне резания определяется не только скоростью резания, скоростью подачи, глубиной резания, свойствами обрабатываемого материала, но и правильностью и качеством заточки режущего инструмента, свойствами материала режущего клина. Токарные резцы для обработки материалов оксафен и карбонит отличаются от аналогичных для обработки металлов углами заточки.

Фрезерование. Чаще всего фрезерованием обрабатываются кромки отдельных пластин, листов, деталей из карбонита. Реже фрезерование выполняют для дополнительной обработки сложных контуров на уже сформированных деталях из оксафена. Фрезерование осуществляется на обычных горизонтально- или вертикально-фрезерных станках, оснащенных специальными устройствами для улавливания и отсоса стружки и пыли, а также различными зажимными приспособлениями и устройствами.

Обработка ведется цилиндрическими или коническими фрезами со специальным спиральным зубом и углом наклона главных режущих кромок к оси фрезы $\omega = 20 \dots 25^\circ$, торцевыми и фасонными фрезами. Фрезы изготавливают из быстрорежущей стали или из твердых сплавов.

Фрезы для обработки полимерных материалов оксафен и карбонит, в отличие от фрез для обработки металла, должны, по возможности, иметь:

- ✓ меньшее число зубьев (при этом увеличивается объем стружечных канавок);
- ✓ большие задние углы;
- ✓ простую форму передней поверхности.

Большой угол наклона главных режущих кромок к оси фрезы выполняется с целью обеспечения плавности работы и снижения ударной нагрузки на режущие кромки зубьев.

Сверление. Оно может быть как окончательной операцией, так и предварительной перед зенкерованием, развертыванием и нарезанием резьбы. В качестве режущих инструментов используют перовые и спиральные сверла из быстрорежущей стали, сверла с твердосплавными пластинами, алмазные, вырезные резцы.

Отверстия большого диаметра в листовом материале карбонит могут вырезаться специальным циркульным резцом (рис. 3). Сначала сверлится малое отверстие для фиксирования хвостовика инструмента, а затем вырезают отверстие необходимого диаметра.

При сверлении в пластмассах необходимо учитывать сужение отверстий после обработки на 1... 2 % вследствие высоких упругих свойств материалов. Соответственно, необходимо выбирать сверло большего диаметра. Кроме того, для уменьшения трения ширину направ-

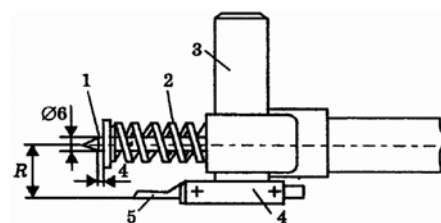


Рис. 3. Циркулярный резец:

1 — хвостовик; 2 — пружина; 3 — траверса; 4 — резцедержатель; 5 — резец

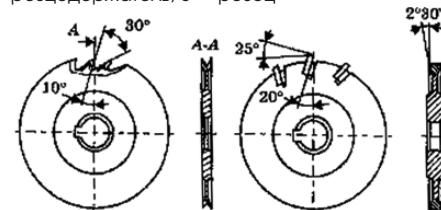


Рис. 4. Дисковые пилы:

слева — с разводом зубьев; справа — со вставными зубьями

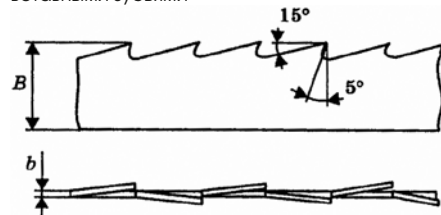


Рис. 5. Ленточное полотно для обработки пластмасс

ляющей ленточки сверла необходимо делать не более 0,5 мм.

Во избежание выламывания или выкрашивания материала на выходе сквозное сверление нужно производить на гладких прокладках из более мягкого материала, например, из древесины. При глубине сверления более 2,5 диаметров отверстия необходимо периодически извлекать сверло из отверстия для удаления стружки и охлаждения. Деталь желательно охлаждать сжатым воздухом. Для лучшего удаления стружки сверло должно иметь большой угол и широкую стружечную канавку с полированной поверхностью.

Развертывание. При необходимости получения отверстий с более точными размерами после сверления выполняют развертывание посредством разверток при скоростях резания 40... 90 м/мин с подачей 0,1... 0,6 мм/об., при этом рекомендуется под развертку оставлять припуск 0,1... 0,2 мм. В таком случае достигается 6 — 7-й квалитет точности обрабатываемой поверхности. Для развертывания используют цилиндрические и конические развертки с прямыми или спиральными зубьями из быстрорежущих сталей с углами заточки $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 8^\circ$.

Нарезание резьбы. Получение резьбы в деталях из материалов оксафен и карбонит возможно двумя путями: без снятия и со снятием стружки.

В первом случае резьба воспроизводится непосредственно при изготовлении детали в форме (однако из-за усадки пластмасс при отвердении точность такой резьбы невысока). Этот способ применяется для деталей с малонагруженными или неотвественными резьбовыми соединениями.



Рис. 6. Втулки из оксафена в системах торможения грузовых вагонов

Резьба со снятием стружки оформляется в деталях на металлорежущих станках. Наружную резьбу выполняют резьбонарезными головками, плашками, резцами, резьбовыми гребенками, абразивными кругами, а внутреннюю — метчиками и резцами. Режущий инструмент изготавливается из быстрорежущей стали и твердых сплавов. Твердосплавные метчики применяются с двумя-тремя полированными канавками, несколько более широкими, с передним углом от -10° до $+10^\circ$. Наружный и средний диаметры метчиков увеличивают на $0,05 \dots 0,13$ мм.

Распиливание. Распиливание материала оксафен и карбонит производится с помощью дисковых, ленточных и циркулярных пил. Выбирать конструкцию режущего инструмента и режимы резания нужно с учетом особенностей заготовки материала.

При заточке зубьев фрез на задних и боковых поверхностях цилиндрические фаски не допускаются. Для обработки оксафена и карбонита нельзя использовать фрезы с большим шагом и малым числом зубьев. В контакте с материалом должны находиться одновременно минимум два зуба, что повышает качество реза и предотвращает сколы материала.

Распиливать тонкий листовый материал рекомендуется пилами с соответствующей формой пластин из твердого сплава (рис. 4) или из быстрорежущей стали с симметричным зубом и разводом $0,3 \dots 0,5$ мм на сторону. Для распиловки материалов зубья пил должны быть разведены симметрично в обе стороны.

Материал толщиной до 45 мм разрезают дисковыми фрезами из быстрорежущей стали или фрезами, оснащенными твердосплавными пластинами. При распиловке инструментом из быстрорежущей стали рекомендуется выбирать скорости резания $150 \dots 400$ м/мин и подачи $0,2 \dots 0,5$ мм/зуб, а твердосплавным инструментом, соответственно, $600 \dots 1000$ м/мин и $0,07 \dots 0,3$ мм/зуб.

Разрезку оксафена и карбонита производят также корундовыми и алмазными абразивными кругами. Обработку корундовыми кругами толщиной $3 \dots 6$ мм и диаметром 350 мм следует выполнять со скоростями резания до $50 \dots 60$ м/с и подачи $0,01 \dots 0,6$ мм/мин в зависимости от толщины и направления распиловки относительно армирующих волокон.

Для получения деталей фасонного профиля, резки труб, стержней и других

профилей применяют разрезку на ленточных станках. Используют стандартные ленточные пилы (рис. 5) шириной $10 \dots 25$ мм, толщиной $1,0 \dots 1,5$ мм с $1,5 \dots 5,0$ зубьями на 10 мм длины пилы.

Шлифование и полирование. Шлифование можно производить на станках, оснащенных специальными дисками, или ручным способом с помощью наждачной шкурки. Используют этот процесс в основном для снятия заусенец с деталей, полученных пресованием, для подготовки деталей к склеиванию, а также для обработки поверхностей, подвергающихся механической обработке, если это требуется по условиям эксплуатации.

Полирование деталей выполняют, чтобы устранить с их поверхностей следы предшествующих технологических операций и поверхностных дефектов, полученных в процессе изготовления (например, матовости поверхностей), а также придать им блеск. Полировальные круги изготавливают наборными из тканей (хлопчатобумажной, байковой, суконной). Твердые полировальные круги набирают в шайбы (диаметром $200 \dots 400$ мм и толщиной $60 \dots 100$ мм), зажатые с двух сторон металлическими прокладками. Применяют их для выведения рисок, царапин и других глубоких дефектов.

Окончательное полирование производят мягкими и самоохлаждающимися дисками. Самоохлаждающиеся диски изготавливают путем набора и уплотнения пакета из хлопчатобумажных дисков диаметрами $150 \dots 300$ и $40 \dots 75$ мм, чередуя каждый диск большого диаметра двумя малыми. Толщина пакета обычно составляет $100 \dots 120$ мм.

Для материалов оксафен и карбонит применяют «сухое» полирование. В качестве полировальных паст для сухого полирования используют абразивные компоненты (карборунд, корунд, оксид хрома и др.) в различных соотношениях с воскоабразивными веществами или маслами (парафином, церезином, пчелиным воском, машинным, веретенным и другими маслами).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ И ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ

В рамках испытаний износостойких прокладок из оксафена в подпятниках грузовых вагонов, проведенных специалистами Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ОАО «ВНИИЖТ»), было выявлено, что прокладки из данного материала хорошо защищают от износов опорную поверхность подпятника грузового вагона и улучшают состояние поверхности пятника, взаимодействующего с подпятником.

Учитывая полученные положительные результаты испытаний, оксафен предлагается возможным применять и в других узлах и деталях грузовых вагонов, нуждающихся в защите от износа:

- «чаша» для защиты подпятника;
- фрикционная контактная планка в узле фрикционного гасителя колебаний;
- прокладка в буксовый проем боковой рамы между опорными поверхностями рамы и буксы;

■ износостойкие пластины на корпус скользуна;

■ накладка на наклонную поверхность фрикционного клина.

Проведенные в 2006 г. эксплуатационные испытания вагонов-хопперов опытного поезда «РЖД-УргУПС», оборудованных тормозной системой с раздельным потележечным торможением и механической частью тормоза с усовершенствованными узлами, показали целесообразность применения втулок из материала оксафен в системах торможения грузовых вагонов (рис. 6).

Пробег вагонов на момент осмотра составил от 90 до 115 тыс. км. При осмотре технического состояния 172 втулок, установленных в тормозную рычажную передачу тележек, была выявлена лишь одна, имевшая разрушения стенки в результате механического воздействия. Разрушенная втулка была заменена на новую из металлопорошкового материала. Поверхности контртел (валики тормозной рычажной передачи и стержни торсионов) были гладкими, приработанными, с металлическим блеском.

По итогам испытаний комиссией были сделаны выводы, что техническое состояние испытываемых втулок из оксафена отвечает требованиям инструкции № ЦВ-УЛ-945. Все втулки после проведения деповского ремонта оставлены на своих местах для продолжения эксплуатационных испытаний.

Необходимо также отметить, что в настоящий момент успешно завершены испытания антифрикционных полимерных композиционных материалов оксафен и карбонит рядом машиностроительных предприятий, и они уже сейчас применяются:

- в погружных насосных установках типа УЭЦН;
- на городском пассажирском транспорте — втулки шкворней поворотных цапф подвески троллейбусов и автобусов;
- в сельскохозяйственной технике — полуподшипники клавиш вала соломотряса комбайнов, глазки шнеков жатки комбайнов;
- в компрессорной технике — лопатки вихревых компрессорных станций цементного производства;
- в лесоперерабатывающей промышленности — ползуны направляющих пилорам.



Многолетняя эксплуатация изделий в высоконагруженных узлах трения всевозможных агрегатов, работающих в самых различных условиях эксплуатации, доказала, что использование износостойких композиционных материалов позволяет значительно увеличить ресурс механизмов, повысить их надежность за счет низкого коэффициента трения, снизить затраты при ремонте и эксплуатации. Применение антифрикционных полимерных композиционных материалов карбонит и оксафен позволяет сократить количество неплановых простоев оборудования и, как следствие, обеспечить снижение расходов на его ремонт и обслуживание. ■