**ПОЛИМЕРЫ. ПЛАСТМАССЫ**

**Полимеры** – это вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных повторяющихся элементарных звеньев, которые представляют одинаковую группу атомов. Молекулярная масса молекул составляет от 500 до 1000000.

В молекулах полимеров различают главную цепь, которая построена из большого числа атомов. Боковые цепи имеют меньшую протяженность.

Полимеры, главная цепь которых содержит одинаковые атомы, называют гомоцепными, а если атомы углерода – карбоцепными. Полимеры, в главной цепи которых содержатся различные атомы, называют гетероцепными.

Макромолекулы полимеров по форме делят на *линейные, разветвленные, пространственные или сетчатые*.



**Линейные** макромолекулы полимера – длинные зигзагообразные и скрученные в спираль цепочки, которым присуща гибкость, ограничивающаяся жесткими участками – сегментами, состоящими из нескольких звеньев. Такие макромолекулы обладают высокой прочностью вдоль главной цепи, слабо связаны между собой и обеспечивают высокую эластичность материала. Нагрев вызывает размягчение, а последующее охлаждение – затвердевание полимера (полиамид, полиэтилен).

**Разветвленная** макромолекула содержит боковые ответвления и это затрудняет сближение макромолекул и понижает межмолекулярное взаимодействие. Полимеры с такой формой отличаются пониженной прочностью, повышенной плавкостью и рыхлостью. Сшитые формы макромолекул свойственны более прочным, нерастворимым и неплавким полимерам, склонным к набуханию в растворителях и размягчению при нагревании.

Макромолекулы полимеров обладают гибкостью.

**Пластмассы** (пластики) – это органические материалы на основе полимеров, которые способны при нагреве размягчаться и под давлением принимать определенную устойчивую форму. *Простые* пластмассы состоят из одних химических полимеров. *Сложные* пластмассы включают добавки: наполнители, пластификаторы, красители, отвердители, катализаторы.

*Наполнители* в пластмассы вводят в количестве 40–70 % для повышения твердости, прочности, жесткости, придания особых специфических свойств. Наполнителями могут быть ткани и порошкообразные, волокнистые вещества.

*Пластификаторы* (стеарин, олеиновая кислота) способствуют повышению эластичности, пластичности и облегчают обработку пластмасс.

*Отвердители* (амины) и катализаторы (перекисные соединения) вводят в пластмассы для отверждения.

*Красители* (минеральные пигменты, спиртовые растворы органических красок) придают пластмассам определенную окраску и снижают их стоимость. Состав компонентов, их сочетание и количественное соотношение позволяют изменять свойства пластмасс в широких пределах.

Пластмассы классифицируют по признакам. По виду наполнителя: с твердым наполнителем; с газообразным наполнителем. По реакции связующего полимера к повторным нагревам.

**Термопластичные** **пластмассы** на основе термопластичного полимера размягчаются при нагреве и затвердевают при последующем охлаждении (чистые полимеры или композиции полимеров с пластификаторами, противостарителями).

Термопласты отличаются низкой усадкой 1–3%. Для них характерны малая хрупкость, большая упругость и способность к ориентации.

**Термореактивные пластмассы** на основе термореактивных полимеров (смол) после тепловой обработки – отверждения – переходят в термостабильное состояние и отличаются хрупкостью, имеют большую усадку 10–15 % и содержат в своем составе наполнители.

По применению подразделяются на группы:

* конструкционные – для силовых деталей и конструкций, для несиловых деталей;
* прокладочные, уплотнительные;
* фрикционные и антифрикционные;
* электроизоляционные, радиопрозрачные теплоизоляционные;
* стойкие к воздействию огня, масел, кислот;
* облицовочно-декоративные.

Основными факторами, обусловливающими значительное внедрение пластмасс в конструкцию автомобилей, являются:

1. Во-первых, машина становится легче, а это означает, что снижается расход топлива.

2. Во-вторых, открывается возможность для новых конструкционных решений, поскольку термопластичные полимеры легко поддаются переработке и, следовательно, позволяют воплотить любые дизайнерские идеи. Благодаря этому можно получать детали самых хитроумных форм и цветов без дополнительных операций по механической обработке и окраске.

3. В-третьих, применение пластиков помогает не только отказаться от дорогостоящих цветных металлов и нержавеющих сталей, но и сократить энерго- и трудозатраты в процессе производства, а значит, снизить стоимость автомобиля.

4. В-четвёртых, повышение долговечности и эксплуатационных характеристик автомобиля

Пластическими массами (пластмассами, пластиками) принято называть материалы, представляющие собой композицию полимера или олигомера с различными ингредиентами, находящуюся при формовании изделий в вязкотекучем или высокоэластическом состоянии, а при эксплуатации - в стеклообразном (аморфном) или кристаллическом состоянии. В качестве ингредиентов могут использоваться наполнители: тальк, каолин, слюда, древесная мука, стеклянные, органические, углеродные и др. волокна; пластификаторы, отвердители, стабилизаторы и т.д. По характеру связующего вещества пластики подразделяются на: а) термопластичные пластмассы (термопласты), получаемые на основе термопластичных полимеров, и б) термореактивные пластмассы (реактопласты), т.е. неразмягчающиеся.

**Термопластичные пластмассы (термопласты)**

В настоящее время в конструкции автомобилей применяются разнообразные полимеры: полиолефины, ПВХ, полистирол, фторопласты, полиметилакрилат, полиамиды, полиформальдегид, поликарбонат, стеклопластики, фенольные пластики, полиуретаны, этролы, аминопласты, волокниты, текстолиты и др. Самое главное преимущество пластиков в том, что они обладают комплексом свойств, необходимых для конкретного конструкционного элемента. А от того, насколько соответствует материал условиям эксплуатации, зависит надежность детали и, в конечном итоге, безопасность автомобиля, а также комфорт водителя и пассажиров.

**Для пластиков характерны следующие свойства:**

1. низкая плотность (обычно 1,0-1,8 г/см, в некоторых случаях до 0,002-0,04 г/см);

2. высокая коррозионная стойкость. Пластмассы не подвержены электрохимической коррозии, на них не действуют слабые кислоты и щёлочи;

3. высокие диэлектрические свойства;

4. механические свойства широкого диапазона. В зависимости от природы выбранных полимеров и наполнителей пластики могут быть твёрдыми и прочными или же гибкими и упругими. Ряд пластиков по своей механической прочности превосходят чугун и бронзу. При одной и той же массе пластмассовая конструкция может по прочности соответствовать сальной;

5. антифрикционные свойства. Пластики могут служить полноценными заменителями антифрикционных сплавов (оловянистых бронз, баббитов и др.) Например полиамидные подшипники скольжения длительное время могут работать без смазки;

6. высокие теплоизоляционные свойства. Все пластики, как правило, плохо проводят теплоту;

7. высокие адгезионные свойства;

8. хорошие технологические свойства. Изделия из пластика изготавливают способами безотходной технологии литьём, прессованием, формованием с применением невысоких давлений или в вакууме.

**Полиолефины**

Полиолефины - высокомолекулярные углеводородные алифатического ряда, получаемые полимеризацией соответствующих олефинов (этилена, пропилена, и т.д.). В этих полимерах удачно сочетаются механическая прочность, химическая стойкость, высокая морозостойкость, низкая газо- и влагопроницаемость, и хорошие диэлектрические показатели.

В автомобильной промышленности из полиолефинов широко применяются полиэтилены, полипропилены, а так же различные их модификации. Полиэтилен- (-CH2-CH2-)n - высокомолекулярный продукт полимеризации этилена, который имеет макромолекулы линейного строения с небольшим числом боковых ответвлений.

Полиэтилен высокого давления - ПЭВД - Полиэтилен низкого давления - ПЭНД

Полиэтилен высокого давления (ПЭВД)- легкий, прочный, эластичный материал с низкой газо-, паропроницаемостью, хороший диэлектрик, отличается высокой хим. стойкостью к органическим растворителям, низким водопоглощением и отличной морозостойкостью. К недостаткам его можно отнести низкую теплопроводность, высокий коэффициент линейного расширения, низкий, по сравнению с другими полиолефинами, механические свойства и недостаточную стойкость к УФ-излучению. В автомобилестроении используются в основном следующие марки ПЭВД: 17703-010, 10703-020, 10903-020, 11503-035 (ГОСТ 16337-77) для изоляции электропроводов и кабелей, в качестве заменителя стекла, для защиты металла от коррозии, для изготовления крышек подшипников, уплотнительных прокладок, детали вентиляторов и насосов, гайки, шайбы, колпачки для защиты резьбы, пробки топливных баков, трубки, шланги, бочки опрыскивателя ветрового стекла и расширителя. Полиэтилен низкого давления (ПЭНД)- более прочный и жёсткий материал по сравнению с ПЭВД, механическая прочность его в 1,5-2 раза выше, чем у ПЭВД может эксплуатироваться в широком интервале температур. Хороший диэлектрик. Обладает высокой химической стойкостью. Нестоек к воздействию УФ-лучей. В автомобилестроении используют марки ПЭНД (по ГОСТ 16338-85):20908-040, 20708-016, 21008-075, 20608-012).Из ПЭНД изготавливают педали привода акселератора, бачки главного цилиндра тормоза и сцепления, оболочки внутреннего заднего троса привода ручного тормоза, втулки крепления уплотнения, крыльчатки, корпус лампы распределителя заднего отопителя, коробы вентиляции передка.

Полипропилен (-CH2-CH-) n CH3 – продукт полимеризации пропилена при низком давлении. По сравнению с полиэтиленом полипропилен имеет более высокую механическую прочность и жёсткость, большую теплостойкость и меньшую стойкость к старению. Имеет хорошие химические и диэлектрические свойства. Разрушающее напряжение при растяжении достигает 25-4- МПа. Недостатком полипропилена является его невысокая морозостойкость (-20 С). В автомобилестроении полипропилен применяется для изготовления колец и прокладок изолирующих пружин подушки опоры двигателя, расширительного бачка, чехла защитного рычага привода ручного тормоза, крышки и корпуса блока предохранителей, для антикоррозионной футеровки резервуаров, электроизоляционных деталей, а так же изготовления деталей применяемых при работе в агрессивных средах, корпусные детали автомобилей и корпуса аккумуляторов, прокладки, фланцы, корпуса воздушных фильтров, конденсаторы, вставки демпфирующих глушителей, зубчатые и червячные колёса, ролики, подшипники скольжения, фильтры масляных и воздушных систем, рабочие детали вентиляторов, насосов, уплотнения, кулачковые механизмы, изоляция проводов и пружин.

**Полистирольные пластики**

Полистирольные пластики – полимеры, полученные полимеризацией стирола или сополимеризацией этого мономера с другими мономерами. Полистирол, т.е. полимер, полученный полимеризацией стирола, обладает высокой водостойкостью, прекрасными диэлектрическими свойствами, хорошей химической стойкостью. Основными недостатками полистирола: низкая атмосферостойкость, невысокая термическая стойкость, склонность к растрескиванию, низкие прочностные свойства. Поэтому чистый полистирол не применяется в конструкции автомобиля. Широкое применение находят сополимеры стирола – АБС-тройной сополимер акрилонитрилбутадиена и стирола.

Сополимеры АБС, или АБС-пластики, обладает высокой механической прочностью, достаточной тепло-, морозо- и атмосферостойкостью. Они стойки к воздействию бензина и смазочных масел. Детали из АБС-пластика имеют хороший декоративный вид. В автомобильной промышленности применяются для изготовления кожуха вентилятора отопителя, кожух облицовочного вала руля, решётку радиатора, кожух радиатора отопителя, корпус сопла, ручки и заслонки воздуховодов, облицовки стоек, дверей, боковины.

**Поливинилхлорид**

Поливинилхлориды (ПВХ) – представляют собой высокомолекулярные продукты полимеризации винилхлорида, содержащие до 56.8% связанного хлора. Это обеспечивает им пониженную горючесть. ПВХ способны пластифицироваться различными пластификаторами, что позволяет получить на их основе как жесткие, так и эластичные материалы. Пластмассы на основе ПВХ можно разделить на 2 группы:

Содержащие пластификаторы: Пластикат ПВХ не содержащие пластификаторы: Винипласт

Пластикат ПВХ – получают смешением ПВХ с пластификаторами, которые снижают температуру стеклования и вязкого течения материала. С увеличением содержания пластификатора повышается морозостойкость, возрастает относительное растяжение при удлинении, но понижается механическая прочность, ухудшаются диэлектрические свойства. В автомобилестроении применяются для водо-, бензо-, антифризостойких гибких трубок, изолирующих прокладок, элементы насосов и вентиляторов.

Винипласты - жёсткие пластмассы на основе ПВХ – получают смешением ПВХ со стабилизаторами и наполнителями. Материал имеет достаточно высокие механические свойства, хорошую химическую, водо- и грибостойкость. Недостатком является невысокая теплостойкость и низкая ударопрочность. В автомобилестроении винипласт применяется для изоляционных кожухов, прокладок, вибропоглощающих материалов. Фторопласты – полимеры фторпроизводных этиленового ряда. Своим внешним видом и поверхностью полимеры напоминают парафин, имеют очень низкий, по сравнению с большинством веществ, коэффициент трения. Имеют прочность при растяжении 15-35 МПа, при изгибе 10-15 МПА, относительное удлинение при разрыве 250-350% . Наиболее широкое распространение получил фторопласт-4, или политетрафторэтилен (тефлон). Характеризуются высокой плотностью(2,1-2,3г/см), термо- и морозостойкостью. Интервал рабочих температур при эксплуатации изделий из фторопласта-4 составляет от-269 до 260 С. Фторопласт-4 имеет хорошие диэлектрические свойства и высокую коррозионную стойкость. По химстойкости фторопласт-4 превосходит все известные материалы, включая золото и платину. Он стоек к воздействию всех минеральных и органических щелочей, кислот. При температуре 260 С невзрывоопасен. В автомобилестроении фторопласт-4 применяется для изготовления подшипников скольжения без смазок. Для уменьшения износа подшипника во фторопласт вводят 15-30% наполнителя (графита, дисульфида молибдена, стеклянного волокна). Так же фторопласт применяется для изготовления тепло- и морозостойких деталей (втулок, пластин, дисков, прокладок, сальников, клапанов), для облицовки внутренних поверхностей различных криогенных емкостей.

**Полиамиды (ПА)**

Полиамиды – представляют собой высокомолекулярные полимеры, содержащие в основной цепи макромолекулы амидную группу. Соотношение метиленовых и амидных групп в составе ПА определяет такие основные свойства полимера, как температура плавления, водопоглощение, эластичность, морозостойкость. Удачное сочетание высокой механической прочности и малой плотности с хорошими антифрикционными и диэлектрическим свойствами, химической стойкостью к маслам и бензину делают ПА одним из важнейших конструкционных материалов. Детали из ПА выдерживают нагрузки, близкие к нагрузкам, допустимым для цветных металлов и сплавов. Исследование антифрикционных свойств ПА, особенно наполненные, значительно превосходят фторопласты, полиформальдегид и поликарбонат. При этом, чем выше давление, тем меньше коэффициент трения ПА. Данные о зависимости динамического коэффициента трения ПА-6 и ПА-610 по стали от состояния поверхности трения и нагрузки (скорость 1,17 см/с) приведены Значения коэффициентов трения некоторых ПА по стали приведены ниже: Для изготовления автомобильных деталей нашли применение следующие ПА и их стеклонаполненные модификации – ПА-610, ПА-12, ПА-6, ПА-66, стеклонаполненные.

ПА-610 представляет собой продукт поликонденсации соли СГ (соли себациновой кислоты с гексаметилендиамином.) По значению показателя текучести расплава и модуля упругости он превосходит практически все термопласты, а сочетание небольшого водопоглощения с хорошими прочностными свойствами и тепломорозостойкостью делает возможным использования ПА-610 в ответственных деталях антифрикционного назначения. Однако применение ограничено его высокой стоимостью. Из ПА-610 изготовляют методом литья под давлением вкладыши и втулки опорных тяг рулевой трапеции, ручки фиксаторов шарнира, вкладыши и рычаги управления коробкой передач, фильтр топливного насоса, зубчатые передачи, уплотнительные устройства, муфты, подшипники скольжения, лопасти винтов, стойкие к действию щелочей, масел, а так же антифрикционные покрытия металлов и др. втулки и вкладыши.

ПА-12 – продукт гидролитической полимеризации додекалактама в присутствии кислых катализаторов. Этот материал имеет небольшую плотность, отличается незначительным водопоглощением. Свойства и размеры изделий из него отличаются стабильностью. ПА-12 хорошо работает на знакопеременный изгиб, это самый эластичный из рассматриваемых ПА, имеет хорошие антифрикционные и электрические свойства. К недостаткам материала относятся низкая теплостойкость по сравнению с другими ПА. Применяется для изготовления скоб, хомутов, трубок, языков замка дверей, защёлок замков.

ПА-6 – продукт полимеризации капролактама.ПА-6 самый дешёвый материал из полиамидов. По механическим свойствам он превосходит другие ПА, имеет хорошие антифрикционные свойства. В автомобилестроении применяется для изготовления втулок валика педали сцепления, валика акселератора, изолирующей втулки рычага указателя и др. втулок, пластины опоры педали акселератора, пробки горловины бачков, поводка тяги выключения замка двери, опоры шаровой тяги привода управления коробки передачи, штуцеров, шайб, корпусов распределителя нагретого воздуха.

ПА-66(анид) – продукт поликондексации соли АГ (хим. название - полигексаметиленадипамид). По сравнению с другими ПА имеет высокую прочность, хорошую теплостойкость, антифрикционные и электроизоляционные свойства. В автомобилестроении из ПА-66 выпускаются автомобильные детали типа втулок педалей сцепления и тормоза, распорных втулок, втулок дуги обивки крыши, ограничительных втулок, гаек-барашков крепления запасного колеса, шестерён корпуса привода спидометра, шайб, колодок контактных для наружных и внутренних штеккреов, каркасов катушек, пистонов крепления, вкладышей шарового кольца, скоб, вентиляторов системы охлаждения.

Стеклонаполненные ПА, содержащие 20-30% стекловолокна. Механическая прочность и теплостойкость ПА, наполненных стекловолокном, увеличивается по сравнения с незаполненными в 2-3 раза. Значительно возрастает и сопротивление ползучести, усталостная прочность, износостойкость. В автомобилестроении Стеклонаполненные ПА используются для изготовления деталей с жёстким размерными допусками, работающих в интервале температур от -60 до 150 С, а так же деталей, несущих нагрузки. Это – ограничители хода шестерни, рычаги включения привода, крыльчатки, шестерни, корпуса предохранителей, корпус клапана бензобака и карбюратора, крышки картера сцепления, бачки радиатора отопителя, чашка нижняя шарнира наружного зеркала, детали топливной аппаратуры, различные втулки. Таблица№3. Физико-механические свойства ПА вышеуказанных модификаций.

**Поликарбонат**

Поликарбонат - термопластичный полимер на основе дифенилолпропана и фостена, выпускаемый под названием дифлон. Поликарбонат характеризуется низкой водопоглощаемостьюи газонепроницаемостью, хорошими диэлектрическими свойствами, высокой жёсткостью, теплостойкостью и химической стойкостью, прозрачен, хорошо окрашивается. Стоек к световому старению и действию окислителей даже при нагреве до 120 С, допускается при работе изделий в интервале от -100 до 135 С.Это один из наиболее ударопрочных термопластов, что позволяет использовать его в качестве конструкционного материала, заменяющего металлы. В автомобилестроении из поликарбоната изготавливают шестерни, подшипники, корпуса, крышки, клапаны.

**Полиформальдегиды (полиацетали)**

Полиформальдегиды (ПФ) – это продукт полимеризации формальдегида и триоксана с диоксоланом (СТД). Они сочетают высокий модуль упругости при растяжении и изгибе с достаточно большой ударной вязкостью. По показателям долговременной прочности при растяжении и изгибе и по усталостной прочности эти материалы превосходят все другие термопласты, включая полиамиды, поликарбонаты. Теплостойкость при изгибе при высоких нагрузках у образцов из ПФ выше, чем у других термопластов, включая ПА-610, а коэффициент трения по стали близок к этому показателю для ПА. Антифрикционные марки ПФ имеют коэффициент трения 0,15-0,20.Полиформальдегиды значительно превосходят ПА по водостойкости: при эксплуатации в водной среде механические свойства материалов изменяются незначительно. Эти материалы удачно сочетают хорошие электротехнические свойства с механической прочностью и водостойкостью. При нормальных и пониженных температурах они устойчивы ко всем без исключения органическим растворителям, слабым кислотами основаниям. Полиформальдегиды имеют хорошую сырьевую базу и в перспективе являются интересным конструкционным материалом. В настоящее время стоимость ПФ высока, что ограничивает их применение. К недостаткам этих материалов следует отнести невысокую стойкость к воздействию УФ-лучей и светостойкость. Основной метод переработки - литьё под давлением.

В автомобильной промышленности применяются полиформальдегиды марок ПФ-Л-1, ПФ-Л-2, ПФ-Л-3.Из них изготавливают корпуса жиклёра омывателя, поводок пружины замка капота, кольца распорные, втулки, кулачки, поршни, толкатели, корпуса клапанов, детали карбюратора (муфты и др.), топливных насосов, трубопроводов, ручки дверей, переключатели.<

б) Термореактивные пластмассы (реактопласты)

**Фенопласты**

Фенопласты (фенольные пластики) - пластмассы основе фенолоформальдегидных смол. В зависимости от наполнителя фенопласты подразделяются на порошкообразные, волокнистые, слоистые материалы. Фенопласты, содержащие порошкообразные наполнители (древесную муку, минеральные наполнители.), наз. – пресс-порошками. Фенопласты, содержащие наполнитель в виде хлопчатобумажных волокон, наз. – волокнитами, а в виде стеклянных волокон – стекловолокнитами. Если фенопласты имеют в качестве наполнителя ткани, то – текстолиты, если бумагу - гетинаксами. Отличительной особенностью фенопластов является хорошие диэлектрические показатели, высокие механические свойства, низкое водопоглощение, хорошие химические свойства. В автомобилестроении для производства деталей применяются следующие фенопласты: Пресс-порошки типа О – общего назначения – рекомендованы для ненагруженных и неармированных деталей общего назначения, к механическим свойствам которых не предъявляются высокие требования. Из пресс-порошка типа О изготавливают держатели фланцев, изолирующие втулки, шайбы, ручки. Пресс-порошки типа Вх – для изготовления деталей электротехнического назначения, работающих в условиях повышенной влажности и высоких температур. Волокниты типа У- Особенность изделий из волокнит — высокая ударная прочность, кроме того, они стойки к действию воды, минерального масла, бензина, слабых кислот и растворителей; разрушаются растворами щелочей, сильных кислот, хлора, применяются для изготовления деталей технического назначения, к которым предъявляются требования повышенной прочности на ударный и статический изгиб, кручение, например кожух радиатора отопителя, крышки аккумуляторов, втулок, шкивов, маховиков. Стекловолокнит АГ-4В – отличаются высокой прочностью, тепло- и морозостойкостью, хорошей ударной вязкостью и электротехническими свойствами. Из стекловолокнита изготавливают кожух вентиляторов отопителя, крышку аккумуляторной батареи, корпус вентилятора отопителя задка, стакан фильтра. Текстолиты - материалы с хорошими механическими, электротехническими и теплофизическими свойствами. Применение этого материала ограничено необходимостью получения изделия из отпрессованной заготовки механической обработкой. Из текстолита изготавливают шестерни распределительного вала, крыльчатка водяного насоса, шайбы уплотнительные и изолирующие, кнопки клапанов топливного насоса, изолирующие прокладки, а так же некоторые детали антифрикционного назначения. Из текстолит-крошки изготовляют детали с хорошими механическими и антифрикционными свойствами (сальники, ролики, шестерни, втулки, вкладыши подшипников и др.).

Асбоволокниты – обладают хорошими фрикционными (тормозными) свойствами и теплостойкостью. Дозирующие стекловолокниты - по сравнению с материалом АГ-4В имеют улучшенные технологические свойства, и более однородны по механическим свойствам. Из дозирующих стекловолокнитов прессуют детали электроизоляционного назначения – кожухи вентиляторов, крышки аккумуляторных батарей.

**Перспективы применения пластмасс в конструкции автомобиля**

Применение пластиков в конструкции автомобиля позволяет снизить массу, улучшить эксплуатационные характеристики автомобиля, повысить его травмобезопасность и комфортабельность. В среднем в одном легковом автомобиле применяется 45кг пластмасс, в перспективе предусматривается увеличение этого количества до 80-110кг. В основном внедрение пластмасс в автомобиль происходит при разработке новых конструкций базовых моделей. Основным направлением расширения применения пластмасс в конструкции автомобиля является внедрение крупногабаритных наружных деталей кузова из композиционных полимерных материалов, обеспечивающих снижение массы и повышение долговечности за счёт коррозионной стойкости. Разработка высокопрочных композиционных материалов с полимерной матрицей и стеклянными, углеродными и другими волокнами позволила перейти к использованию их в нагруженных силовых деталях, таких как карданные валы, рессоры, обода колёс.