

## Новая косозубая шестерня с формованным зубом из Армамидов® для автомобильных двигателей с электронным впрыском

В.А.ПОЛЕТАЕВ<sup>1</sup>, А.С.ЛУНИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО "Технопол" <sup>2</sup> Группа Полипластик

В статье приводятся данные об использовании полимерных композиционных материалов производства НПП "Полипластик" в деталях машиностроения.

*Ключевые слова:* полиамиды, шестерня, зубчатое колесо.

The article presents data on the use of polymer composite materials production R&D "Polyplastic" in detail engineering.

*Keywords:* polyamides, pinion gear

В настоящее время в промышленности и, в частности, машиностроении для нагруженных узлов разнообразных передач широкое применение нашли зубчатые колёса (шестерни), в первую очередь, с косым зубом благодаря их высокой эксплуатационной надёжности и эффективности. Для производства подобных изделий в качестве материала используются стеклонаполненные композиции на основе ПА 6 и ПА 66. Причём в Российской промышленности в силу большей доступности ПА 6 и по экономическим причинам для этой цели в основном используют высокотехнологичные марки на основе ПА 6. Уже в течение достаточно длительного времени (более 15-ти лет) наиболее ответственные шестерни для двигателестроения и других нагруженных узлов автомобильной техники выпускаются из стеклонаполненного полиамида 6 таких широко известных специалистам марок, как Армамид ПА СВ 30-1Э, Армамид ПА СВ 30-2Т, Армамид ПА СВ 30-3М, Армамид ПА СВ 30-1ЭТМ.

Конечно, термопластичные полимерные композиционные материалы уступают по прочностным показателям ранее и до сих пор используемым в зубчатых передачах металлам. Но они же значительно превосходят их по технологичности изготовления, простоте дополнительной обрабатываемости, меньшей шумности в работе и улучшенной демпфирующей способности. Кроме того, при переводе шестерён с металла на подобные полимерные композиты уменьшена вибрация механизмов, улучшены трибологические свойства, снижены расходы на их изготовление и обслуживание. [1]

В процессе формования зубчатых колёс методом литья под давлением из термопластичных композитов важнейшей задачей является обеспечение изделиям требуемой точности. Отклонение геометрических размеров деталей от номинальных зависит, главным образом, от конструкции литьевой формы и закладной ступицы, а также от технологических параметров литья.

Конструкция косозубых шестерён за длительный период их применения на двигателях автомобилей и в других нагруженных механизмах претерпела существенные изменения. Изначально эта конструкция представляла собой отпрессованный толстый диск из текстолита с центральной металлической ступицей и с нарезанными по ободу механическим путём зубьями. В итоге механической обработки возникало много очень вредных отходов в виде текстолитовой пыли. Рабочая поверхность зубьев содержала микродефекты.

В конце 80-х годов XX века нами, в сотрудничестве с фир-

мой Du Pont, была разработана новая конструкция шестерни газораспределения двигателя автомобиля с изготовлением её с формованным зубом в процессе литья из стеклонаполненного полиамида [2-4]. Такая конструкция имела тонкий пластмассовый диск с рёбрами жёсткости, переходящий на периферии в зубчатый венец. В производстве высоконагруженных зубчатых колёс для прочного их соединения с валом механизма традиционно используется арматура в виде металлической ступицы из стали или чугуна.

В современном автомобилестроении двигатели внутреннего сгорания уже несколько лет производятся только с электронным впрыском топлива. Ранее производимые шестерни, описанные в вышеуказанных публикациях, уже не могут применяться в подобных двигателях, должны отвечать нормам к составу выхлопа по Евро-3 и Евро-4. В связи с этим была поставлена задача в довольно короткие сроки разработать и освоить в производстве аналогичную шестерню, но принципиально новой конструкции. Такая косозубая шестерня должна обладать повышенными эксплуатационными характеристиками за счёт большей прочности сцепления пластмассового диска с металлической ступицей, что обеспечивает рост устойчивости конструкции к поперечным и продольным нагрузкам, а также за счёт большей точности формованного косозубого венца. Материалом диска с венцом выбран хорошо проявивший себя за длительную эксплуатацию Армамид ПА СВ 30-1Э.

В результате опытно-конструкторских работ разработана новая косозубая шестерня газораспределения для применения на двигателях с электронным впрыском топлива. Лабораторные и стендовые испытания изделия показали гораздо большую устойчивость к поперечным и продольным нагрузкам, увеличение прочности сцепления металлической ступицы и пластмассового диска. Новая ступица была выполнена также более технологичным способом – прессованием из металлического порошка, что придало гораздо лучшую её сцепляемость с полиамидной матрицей. Кроме того, существенный выигрыш в снижении шумности этого узла двигателя (на 34ДБ) дало применение эластифицированной марки Армамид ПА СВ 30-1ЭТМ. [5]

Отличительным признаком разработанной конструкции шестерни явилось то, что на поверхности пластмассового диска были выполнены 2 или 4 прилива в виде дисков меньшего размера, на которые устанавливаются металлические отметчики для работы впрыскового двигателя. Причём некоторое

количество рёбер жёсткости имеют уменьшенную длину, а общее количество рёбер составляет 12–16. Ступица, отпрессованная методом порошковой металлургии, имеет на наружной цилиндрической поверхности выемки и/или проточки.

Косозубые шестерни из Армида новой конструкции были подвергнуты лабораторным испытаниям в лаборатории ОАО "УМЗ" (Ульяновский моторный завод), стендовым испытаниям на двигателях УМЗ 42115СР и УМЗ 4218СР с электронным впрыском топлива и эксплуатационным испытаниям на автомобилях марки ГАЗ и УАЗ. Изделия прошли в составе двигателей более 200000 км пробега без каких-либо замечаний и, главное, без раскачивания ступиц, что происходило ранее на прежних конструкциях. Такой дефект был опасен тем, что сбивается электронное зажигание и сам двигатель работает неустойчиво. Тогда как зубчатые колёса со ступицами, имеющими выемки и/или проточки, препятствуют такому ослаблению связи полимера и металла, особенно в поперечно-осевом направлении. Кроме того, они же центрируют пластмассовый диск шестерни в двигателе при широком интервале рабочих температур от  $-45$  до  $+160^{\circ}\text{C}$ .

## Литература

1. Б.Г. Карнаухов, В.А. Полетаев, А.С. Лунин. Стеклонаполненный полиамид 6 в нагруженных деталях подкапотного пространства транспортных средств. // Пластические массы, 1996, №5, с.23–24.
2. В.А. Полетаев, В.П. Щелкунов, А.С. Лунин. Высокопрочные зубчатые колёса из термopластичного композита с формованным зубом. // Вестник машиностроения, 1997, №4, с.16–18.
3. В.А. Полетаев, А.С. Лунин. Композиционные термопласты для двигателей внутреннего сгорания. // Пластические массы, 2001, №6, с.48.
4. В.А. Полетаев, Г.А. Батанин, А.С. Лунин. Особенности производства зубчатых колёс из термopластичных композитов для высокопрочных передач. // Вестник машиностроения, 2003, №9, с.13–16.
5. Патент РФ № 2381401 (2008).

УДК 678

## Влияние структуры спаев литевых изделий на прочностные свойства

*Д.В. КОБЫЛИЧЕНКО, И.Д. СИМОНОВ-ЕМЕЛЬЯНОВ*

В статье рассмотрены виды спаев потока, образующихся в литевых изделиях, и причины их образования. Показано влияние спаев на прочностные свойства в зависимости от толщины образца на примере полипропилена. Приведены расчеты слоевой структуры для образцов различной толщины. Показана взаимосвязь между соотношением структурных областей и физико-механическими свойствами образцов со спаем и без спаев.

*Ключевые слова:* линия спаев, литевые изделия, v-образный дефект, ударная вязкость, прочность при растяжении, слоевая структура, полипропилен.

The kinds of weld-lines formed in moulds as well as the causes of their origin are described. The influence of weld-lines onto tensile properties depending on sample thickness by example of polypropylene is shown. The calculations of layer structure for different thickness samples are made. The relationship is shown between structure areas ratios and the samples mechanical properties with or without weld-line.

*Keywords:* weldline, injection parts, v-notch defect, impact strength, tensile strength, layer structure, polypropylene.

Расширение использования полимерных материалов для изготовления ответственных деталей автомобилей, бытовых приборов и других изделий повлекло повышение требований к качеству. Основным критерием качества изделий из термопластов является отсутствие различных дефектов и снижение их влияния на эксплуатационные и эстетические характеристики продукции. Спаи потоков являются одними из распространенных дефектов, образующихся при изготовлении изделий из термопластов литьем под давлением.

Возникновение спаев неизбежно при литье изделий сложной конфигурации и устранить их, используя традиционные подходы, практически невозможно [1]. Причиной образования спаев является наличие нескольких впускных литников, вставок в формирующей полости, разной толщины стенок и других конструктивных элементов, вызывающих разделение расплава полимера при заполнении формы. При этом спаи нарушают целостность изделий, являются причиной ослабления прочностных характеристик, ухудшают внешний вид. Несмотря на то, что проблеме спаев посвящено большое количество работ в зарубежной и отечественной литературе, данная проблема актуальна и сегодня.

Существует несколько причин, по которым происходит разделение потока расплава полимера и, как следствие, образование спаев [2]. Первая из них – несовершенство конструкции литниковых систем форм, когда места впрыска расположены так, что потоки расплава полимера направлены перпендикулярно или навстречу друг другу. Вторая – это сложный профиль формируемых изделий, когда избежать образования спаев невозможно, изменяя место положения литника. Усложнение профиля может возникнуть при введении закладных деталей в литевую форму из-за необходимости формирования отверстий в готовом изделии. Спаи могут возникать в изделиях с разной толщиной стенок, когда расплав движется быстрее в толстых секциях литевой формы и опережает движение расплава в местах с меньшей толщиной. При этом в месте спаев может происходить захват воздуха, усиливающий дефектность. Такие дефекты могут быть обнаружены на литевых образцах при визуальном осмотре.

Развитие компьютерных методов моделирования процесса литья позволило проводить предварительный анализ возможных проблем, в том числе определять места вероятного образования спаев. В настоящий момент контроль топогра-