

УДК 621.83

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИВОДА ПОДАЧИ ТОНЕРА МФУ

В. В. ШЕВЦОВНаучный руководитель **Е. Г. КРИВОНОГОВА**

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Зубчатые колеса большинства узлов многофункциональных устройств изготавливают из различных пластиков, чтобы снизить их массогабаритные показатели и уменьшить себестоимость производства. Для получения таких изделий используют методы литьевого (литье под давлением) и аддитивного производства, которые принципиально отличаются подходом к изготовлению деталей и организацией производственного процесса.

Главное отличие между этими методами заключается в необходимости предварительного изготовления технологической оснастки для литейного производства. Классическое литье невозможно запустить без предварительного создания форм, стержней и моделей, тогда как аддитивные технологии позволяют формировать деталь слой за слоем напрямую по цифровой модели. С точки зрения организации процессов литейное производство представляет собой сложный многоэтапный цикл. Чтобы получить финальную отливку, требуется подготовить формовочные материалы, изготовить саму форму, выплавить или выжечь модель, залить жидкий металл, дождаться его остывания, извлечь готовую деталь и провести её последующую обработку. Каждый из этих шагов жестко привязан к специализированному оборудованию и труду квалифицированных рабочих разных направлений. Следовательно, литейное производство требует больших производственных площадей, а также значительных капитальных затрат на техническое оснащение и содержание многочисленного персонала, что может быть целесообразно в массовом и крупносерийном производстве.

Аддитивное производство отличается значительно более простой структурой организации технологического процесса, который полностью сосредоточен на одном или нескольких 3D-принтерах, работающих под управлением инженера по аддитивным технологиям. Для запуска цикла достаточно иметь цифровую модель изделия, на основе которой оборудование самостоятельно формирует деталь послойно. Такой подход позволяет существенно сократить парк оборудования и численность производственного персонала по сравнению с традиционным литьем. Преимущества аддитивных технологий особенно очевидны в сегменте мелкосерийного и ремонтного производства, поскольку они полностью исключают необходимость проектирования, изготовления и хранения дорогостоящей технологической оснастки, а также позволяют оперативно и без лишних затрат вносить изменения в конструкцию изделия.

Зубчатые колеса рассматриваемого устройства в заводском варианте изготавливаются литьем под давлением из материала полиацеталь (полиоксиметилен, POM или полиформальдегид). Данный материал представляет собой прочный инженерный термопластичный материал с высокой жесткостью, низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью. Он способен выдерживать высокие статические нагрузки без деформации.

Основными материалами, которые могут использоваться при 3D-печати, на основании анализа, изложенного в [1], являются фотополимерные смолы от Formlabs Grey Resin V4, Rigid Resin, Tough 2000 Resin. Основные механические свойства и характеристики этих материалов представлены в табл. 1.

Табл.1. Механические характеристики прочности и пластичности

Показатель	Полиацеталь (POM)	Rigid Resin	Tough 2000 Resin	Grey Resin V4
Предел прочности при растяжении	60...75 МПа	88 МПа	46 МПа	65 МПа
Модуль упругости при растяжении	$2,6...3,2 \cdot 10^4$ МПа	$4,1 \cdot 10^4$ МПа	$2,2 \cdot 10^4$ МПа	$2,8 \cdot 10^4$ МПа
Относительное удлинение	30 %...50 %	1,7 %	48 %	8 %...12 % после постотверждения
Модуль упругости при изгибе	$2,5...3,2 \cdot 10^4$ МПа	$9,9 \cdot 10^4$ МПа	$1,9 \cdot 10^4$ МПа	$2,2 \cdot 10^4$ МПа
Прочность при изгибе	80...115 МПа	121 МПа	67 МПа	85...90 МПа
Ударная вязкость	50...80 Дж/м	21 Дж/м	46 Дж/м	25...27 Дж/м
Термостойкость при 0,45 МПа	100 °C ...136 °C	88 °C	70 °C	61 °C...73 °C

Материал POM является лучшим выбором при литье под давлением для серийных или тяжелонагруженных узлов скольжения, шестерен, втулок. Он прочный и износостойкий.

При 3D-печати следует выбрать Tough 2000, если деталь будет работать на изгиб, переносить падения, удары и работать как ABS-пластик.

При необходимости обеспечения максимальной статической жесткости в 3D-печати следует выбрать Rigid Resin. Он идеален для аэродинамических моделей, тонкостенных неподвижных конструкций, фиксаторов и шаблонов, которые не должны деформироваться.

Материал Grey Resin V4 применим исключительно для макетирования, примерки формы, визуальных прототипов и демонстрационных моделей без реальной механической нагрузки.

Следовательно, для изготовления зубчатых колес привода подачи тонера МФУ методом аддитивных технологий необходимо выбирать Tough 2000, а в литьевом производстве лучшим выбором является POM в различных модификациях.