

УДК 679.7.052.17

СОЗДАНИЕ СТАНДАРТИЗИРОВАННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО БЛОКА ЭКСТРУДЕРА ДЛЯ 3D ПРИНТЕРА

Сова Пётр Витальевич¹, студент

e-mail: petersowa@yandex.ru

Мензилова Марина Геннадьевна¹, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры Теории корабля, судостроения и технологии материалов,

e-mail: AGEM0492@yandex.ru

Лебедев Олег Юрьевич¹, доцент, кандидат технических наук, зав. кафедры Теории корабля, судостроения и технологии материалов,

e-mail: olegleb@yandex.ru

¹ Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

Аннотация. Проблема импортозамещения критических важных компонентов 3D-принтеров, в частности экструдеров, является актуальной задачей. В данной статье описано решение, заключающееся в создании стандартизированного отечественного блока экструдера. Данный «фундамент» спроектирован для производства на оборудовании фрезерного станка с ЧПУ при помощи САПР «Siemens NX» и отечественного «Компас-3D». Что позволит эффективно и с минимальными затратами разрабатывать различные модели экструдеров. Показано, что предлагаемый подход закладывает основу для создания линейки конкурентно-способных отечественных компонентов, снижая зависимость от иностранных поставщиков в сфере аддитивных технологий.

Ключевые слова: экструдер, FDM 3D-печать, аддитивные технологии, импортозамещения, технологический суверенитет, станки с ЧПУ, отечественное производство, Siemens NX, Компас-3D.

CREATION OF A STANDARDIZED DOMESTIC EXTRUDER BLOCK FOR A 3D PRINTER

Petr V. Sova¹, Student

e-mail: petersowa@yandex.ru

Marina G. Menzilova¹, Associate Professor, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Ship Theory, Shipbuilding, and Material Technology

e-mail: AGEM0492@yandex.ru

Oleg Yu. Lebedev¹, Associate Professor, PhD in Engineering, Head of the Department of Ship Theory, Shipbuilding, and Material Technology

e-mail: olegleb@yandex.ru

¹ Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

Abstract. The paper presents a comprehensive approach to the restoration of a critical component of an FDM 3D printer, the extruder housing, using PICASO 3D equipment. The paper covers the entire engineering cycle, including the inspection of the failed component (plastic clogging of internal cavities), precise geometric measurements, the creation of a parametric solid model in the domestic CAD system KOMPAS 3D, the adaptation of the model and the development of control programs in the Siemens NX (CAM) environment, the milling of aluminum alloy on a CNC machine, and the subsequent assembly and verification of functionality. It has been shown that the combination of available CAD/CAM solutions and local machine park allows for prompt reproduction of complex geometry nodes with accuracy sufficient to ensure the normal operation of a 3D printer. The results obtained can serve as a methodological basis for the organization of repair and production sites at industrial enterprises, in educational laboratories operating additive equipment.

Keywords: additive technologies, extruder, КОМПАС 3D, Siemens NX, CAM, milling, G code, M code, parametric modeling.

Введение

С развитием аддитивных технологий (3D-печати) наблюдается значительный рост интереса к их применению в различных отраслях, таких как промышленность, медицина, строительство, судостроение, судоремонт и даже искусство [1]. Однако, несмотря на очевидные преимущества, существующие 3D-принтеры часто зависят от импорта критически важных компонентов, таких как экструдеры. В условиях экономической нестабильности и санкционных ограничений создание отечественного блока экструдера становится актуальной задачей, способствующей развитию национальной экономики и обеспечению технологической независимости.

Целью нашей работы является детальное изучение процесса изготовления экструдеров для 3D-принтеров с использованием современных технологий, таких как фрезерование на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Мы рассмотрим все этапы этого процесса, начиная от проектирования и заканчивая написанием команды на стойке «FANUC» и получения готовой продукции.

Результаты

Экструдер в контексте 3D-печати — это сложный термомеханический узел, ответственный за точную подачу, плавление и дозированную экструзию полимерного филамента. От его стабильности, точности и надежности напрямую зависят качество изделия, скорость печати и возможность работы с инженерными материалами. Создание такого устройства «с нуля» требует интеграции знаний в области машиностроения, теплотехники, механики и программного управления.

Выбор алюминиевого сплава Д16Т в качестве основного конструкционного материала для ответственных деталей экструдера (корпус, радиатор, теплоотвод) не случаен и базируется на комплексном анализе его теплофизических, механических и технологических свойств. Этот выбор является оптимальным компромиссом [2].

Конструкция экструдера представляет собой ярко выраженную термомеханическую систему с резким градиентом температур. Условно ее можно разделить на три зоны:

1. Зона нагрева (термоблок): 180–300 °С (в зависимости от материала печати).
2. Зона теплоизоляции/отвода (радиатор): 40–80 °С (должна эффективно отводить тепло, предотвращая "тепловую пробку").
3. Зона подачи (холодная часть): 25–40 °С (должна оставаться холодной для надежного захвата филамента).

Материал, из которого изготовлен корпус для механизма подачи через сопло, должен решать противоречивую задачу: быть достаточно прочным для передачи значительного



усилия (до 50 Н и более) и в то же время обладать максимально возможной теплопроводностью для эффективного отвода тепла от зоны радиатора (таблица 1).

Материалом заготовки в данной работе выбран сплав Д16Т из-за высокой теплопроводности (λ), которая является решающим фактором. Она позволяет:

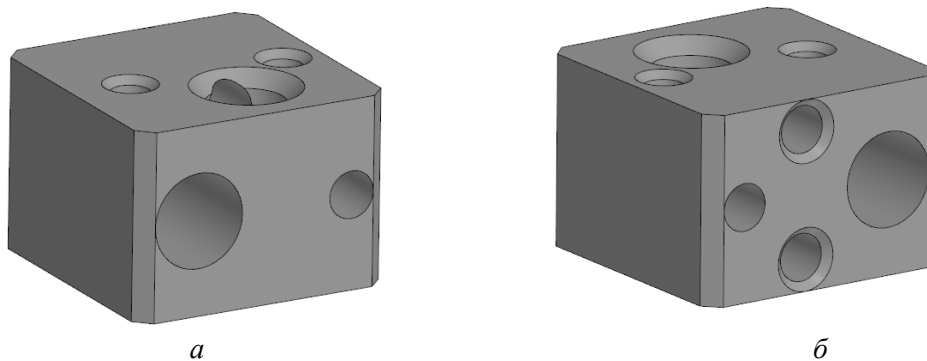
- эффективно отводить тепло от зоны нагрева, что является критически важно для предотвращения преждевременного размягчения филамента в подающем тракте;
- обеспечивать равномерность температурного поля в блоке, минимизируя местные перегревы;
- быстро стабилизировать тепловой режим после включения или изменения температуры (прочность Д16Т $\sigma_B \approx 450$ МПа).

Таблица 1 – Сравнительный теплотехнический анализ конструкционных материалов [3]

Материал	Теплопроводность, λ (Вт/(м·°C)) при 20°C	Коэффициент линейного расширения, α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	Предел прочности, σ_B (МПа)	Примечания для применения в экструдере
Алюминиевый сплав (Д16Т)	120-130	22-24	440-470	Оптимальный баланс. Высокая теплопроводность обеспечивает быстрый отвод тепла, а прочность достаточна для всех механических нагрузок
Нержавеющая сталь (12Х18Н10Т)	15-20	16-18	500-600	Низкая теплопроводность приводит к перегреву "холодной" части и образованию "пробки". Применение нерационально
Латунь (ЛС59)	100-120	18-20	350-400	Теплопроводность близка к Д16Т, но прочность и твердость ниже, выше плотность. Применение нерационально
Технический титан (BT10)	15-20	8-9	300-500	Крайне низкая теплопроводность, высокая стоимость. Полная непригодность для теплоотводящих элементов
Пластик (ПА6+30% стекловолокно)	0,2-0,4	20-30	150-200	Полная теплоизоляция. Подходит лишь для корпусов, не участвующих в теплообмене



На основании проведённых теплотехнических и прочностных расчётов выполнено параметрическое трёхмерное твердотельное моделирование основного корпуса экструдера в отечественной САПР «Компас-3D». Целью моделирования являлось создание оптимальной конструкции, удовлетворяющей функциональным требованиям, и генерация полного комплекта конструкторско-технологической документации для последующего изготовления на станке с ЧПУ (рисунок 1) [4].



*Рисунок 1 – Оптимальная конструкция экструдера:
а – косоугольная фронтальная изометрическая проекция; б – косоугольная горизонтальная изометрическая проекция*

Процесс создания управляющей программы (УП) для изготовления корпуса экструдера из сплава Д16Т был выполнен в модуле CAM системы «Siemens-NX». Данная среда предоставляет полный цикл инструментов для ассоциативного программирования, где изменения в 3D-модели автоматически обновляют траектории инструмента. На рисунке 2 показано как будет выполняться механическая обработка детали в самой программе.

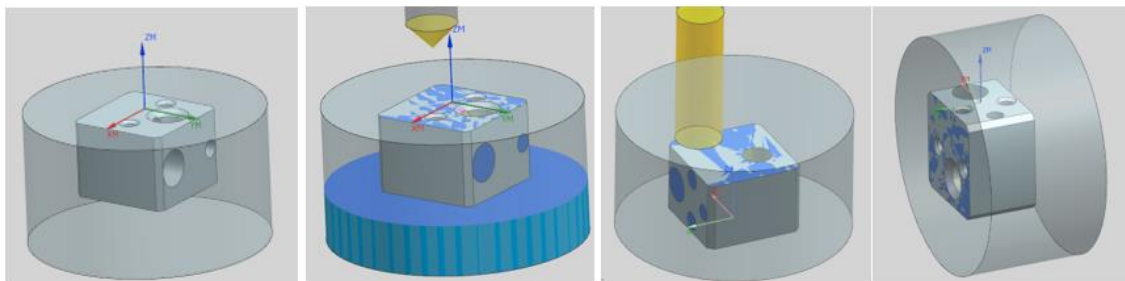


Рисунок 2 – Механическая обработка детали

Используется специфический постпроцессор, сконфигурированный под конкретную модель станка с ЧПУ (например, Haas VF-2). Он транслирует внутренние команды NX в конкретный диалект G-кода, который понимает контроллер станка. В финале генерируется файл с расширением (.nc или .tap,) готовый к загрузке в станок. А также был подобран вертикально-обрабатывающий центр с ЧПУ (рисунок 3).



Рисунок 3 – Вертикальные обрабатывающие центры KMT KVL 650 и программа

В итоге получили готовую деталь (рисунок 4).



Рисунок 4 – Готовое изделие

Проведенная работа по созданию отечественного экструдера обладает комплексной значимостью, выходящей за рамки разработки отдельного узла [5].

Плюсы данной работы:

1. Технологический суверенитет. Работа демонстрирует полный цикл импортозамещения – от проектирования в отечественном ПО (КОМПАС-3D) до изготовления на станке с ЧПУ. Это формирует основу для независимого производства критически важных компонентов аддитивного оборудования, снижая зависимость от зарубежных поставок.

2. Экономический эффект. Использование оптимизированных материалов (сплав Д16Т) и отечественных цифровых решений позволяет сократить себестоимость высокопроизводительного экструдера на 40-60% по сравнению с импортными аналогами, делая передовые технологии более доступными.

3. Научно-технический задел. Разработанные методики (от теплотехнического расчёта до постпроцессорной обработки УП в Siemens- NX) создают воспроизводимую модель для проектирования других сложных узлов 3D-оборудования (кареток, камер, систем контроля).

4. Фундамент для специализированных решений. Созданная платформа служит основой для прикладных исследований в области печати композитными и высокотемпературными

материалами (РЕЕК, армированные филаменты), биопринтинга и внедрения систем адаптивного управления с обратной связью.

Выводы

Таким образом, реализованный проект представляет собой не просто конструкцию экструдера, а практически апробированную методологию сквозного цифрового производства. Он доказывает возможность создания конкурентоспособных, технологичных и экономически эффективных компонентов для аддитивных технологий на отечественной инженерной базе. Данная работа формирует фундамент для развития полного цикла производства 3D-принтеров в России, что соответствует стратегическим задачам технологической независимости и цифровой трансформации промышленности.

Список литературы:

1. Васильев И. И. Аддитивные технологии в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2021. – 300 с.
2. Гибсон, И. Аддитивные технологии. 3D-печать, быстрое прототипирование и производственные технологии / И. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер. – М.: Техносфера, 2016. – 656 с.
3. Сорокин, А. И. Марочник сталей и сплавов. – М.: Metallurgy, 1989. – 640 с.
4. Елистратова А. А. Технология 3D-печати преимущества и недостатки А.А. Елистратова, И.С. Коршакевич - Текст : электронный // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2015. Том 1 - С. 557-559.
5. Армашова-Тельник Г.С. Аддитивные технологии: новационный эффект в промышленности / Г.С. Армашова-Тельник, П.Н. Соколова, Д.В. Дегтерева - Текст : электронный // Вестник ВГУВТ. – 2021. Том 82. № 4. – С. 347-353.

