



## ПРОМЫШЛЕННОСТИ — АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Внедрение высоких технологий в производство — один из важнейших факторов обеспечения модернизации промышленности Украины. Требования рынка потребителей к качеству и сложности выпускаемой продукции с каждым годом возрастают. Перед техническими специалистами стоят задачи повышения точности, производительности, универсальности оборудования. Немаловажным фактором является и экономичность производства, поэтому разрабатываемые учеными из Донбасса новые методы получения деталей из металла посредством послойного спекания с помощью лазерных 3D-принтеров — своевременны и чрезвычайно актуальны



### Авторы статьи

**Ковалев В. Д.,**

д.т.н., проф.,  
ректор Донбасской государственной  
машиностроительной академии

**Васильченко Я. В.,**

к.т.н., доцент кафедры  
компьютеризированных мехатронных систем,  
инструментов и технологий ДГМА

**Тристан Б. Г.,**

аспирант кафедры  
компьютеризированных мехатронных систем,  
инструментов и технологий ДГМА

Во многих известных способах обработки металлов и материалов чаще всего используется принцип «отделить от заготовки всё лишнее», при котором образуется большое количество отходов. В этом важном вопросе о целесообразности и времени 3D-печать отличается от обычных способов обработки радикально. Процесс создания модели начинается с нуля и постепенно, последовательным добавлением слоев (т.е. аддитивно), «выращивается» будущее изделие. При этом количество отходов может быть сокращено до нуля.

В Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА) (г. Краматорск) работают над внедрением аддитивных технологий в технологические процессы машиностроительных предприятий с целью улучшения качества работы устройств для прототипирования, снижения изнашиваемости оборудования, проектирования и производства режущих инструментов. Это направление является весьма актуальным в настоящее время из-за спада производства и ограниченных финансовых возможностей.

Повышение эффективности работы 3D-принтеров осуществляется благодаря оптимизации процесса спекания расходных порошковых материалов по технологии SLS (Selective Laser Sintering), за счет внедрения лазерной системы-матрицы (каретки, на которой установлены 8 лазеров).

Для уменьшения времени выращивания была разработана и внедрена система, представляющая собой матрицу из лазеров, что позволяет существенно сократить время на спекание порошка.

Данная матрица представляет собой каретку, на которой установлены 8 лазеров, откалиброванные и сфокусированные так, что расстояние между лазерными пучками

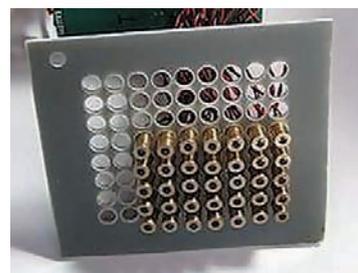


Рис. 1. Общий вид матрицы из лазеров. Управление засветкой осуществляется с помощью специального программного обеспечения RealMonitor, которое «разрезает модель на слои» и контролирует лазеры

составляет 0,01 мм. Это позволяет ускорить процесс спекания в 8 раз. Общий вид матрицы представлен на рис. 1.

На рис. 2 представлен скриншот экрана программы управления RealMonitor.

Программное обеспечение для 3D-принтера, выполненное на микроконтроллере ArduinoMega 2560, осуществляет контроль и управление движениями принтера, мощностью лазеров, проверку датчиков и отработку G-code.

3D-принтер представляет собой сложное устройство с электронной и механической частями. Принцип действия заключает-

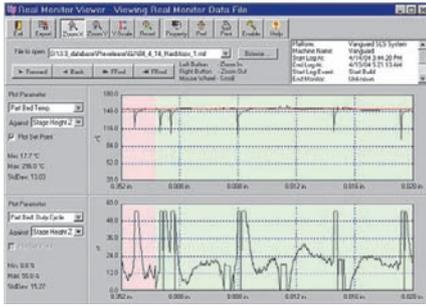


Рис. 2. Скриншот экрана программы управления RealMonitor

ся в выборочном спекании порошка. В принтере присутствуют концевые датчики для позиционирования лазерной матрицы. Главное движение каретки (лазерной матрицы) осуществляется с помощью шаговых двигателей и управляющей электроники (шаговые драйверы, управляющая программа).

Контроль над выборочным спеканием выполняет программа RealMonitor, которая создает специальный G-code (на основе заданной 3D-модели) для дальнейшей работы 3D-принтера. Контроль всех перемещений, температуры, мощности лазера осуществляется с помощью микроконтроллера ArduinoMega 2560.

Для измерения концевых перемещений используются оптические датчики (end-stop) фирмы BLASINI (рис. 3).



Рис. 3. Концевой оптический датчик фирмы BLASINI

Механическая конструкция 3D-принтера основана на консольной базе. Механические элементы приводятся в движение при помощи шаговых двигателей. Деление шага и контроль осуществляется при помощи шаговых драйверов DRV8825. На рис. 4 приведена схема используемого шагового драйвера DRV 8825.

Для решения данной задачи применен самый мощный двигатель NEMA17, развивающий усилие 5,2 кг. Для позиционирования каретки используются двигатели с гладким валом, а для подъема стола — трапецидальная резьба.

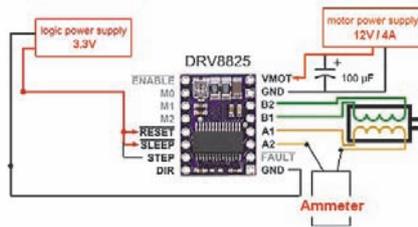


Рис. 4. Схема шагового драйвера DRV 8825

На рис. 5 приведены характеристики и схемы применяемых шаговых двигателей, для разработанного 3D-принтера.

Алгоритм работы системы управления 3D-принтера, работающего с внедренной лазерной матрицей (кареткой, на которой установлены 8 лазеров), включает следующие операции:

- ♦ начало процесса;
- ♦ настройка периферии, подключение функции периферии;
- ♦ проверка датчиков, калибровка автопозиции (если происходит сбой, выводится сообщение, дальнейшее использование блокируется);
- ♦ чтение параметров печати;
- ♦ достижение необходимой температуры в камере (если происходит сбой, на экран монитора выводится сообщение, после чего его дальнейшее использование блокируется);
- ♦ выход на позицию печати (перемещение каретки с лазерной матрицей);
- ♦ считывание рабочей программы;
- ♦ начало печати первого слоя (лазерное спекание первого слоя порошка, контроль перемещений);
- ♦ конец печати первого слоя (прерывание работы лазера, опускание стола и нанесение нового слоя материала);
- ♦ начало печати второго слоя (лазерное спекание следующего слоя);
- ♦ завершение рабочей программы печати (прерывание работы лазера);
- ♦ возврат в начальное положение (каретка с матрицей);
- ♦ завершение процесса.

Разработанный алгоритм работы системы управления позволяет значительно увеличить скорость печати. Произведена сборка экструдера по технологии FDM, специально разработанного для улучшения качества печати и удобства обслуживания.

Внедрение аддитивного производства на практике доказало, что повышаются конкурентоспособность, экономичность и качество продукции.

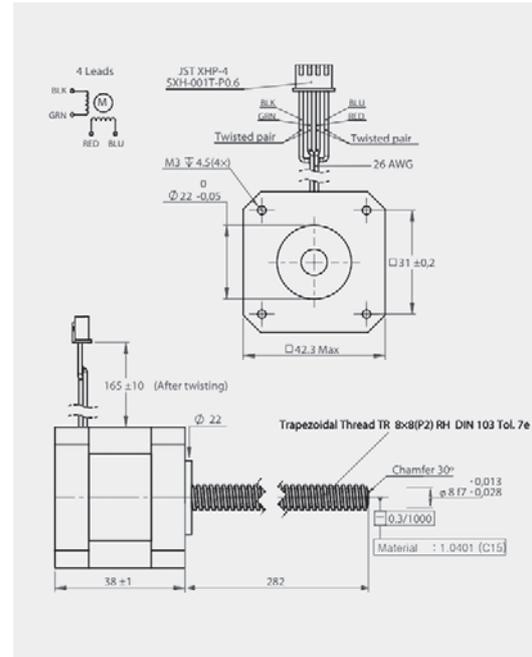


Рис. 5. Характеристики и схемы применяемых шаговых двигателей

В дальнейшем планируется внедрение аддитивных технологий в процессы проектирования, производства и восстановления режущих инструментов для предприятий тяжелого машиностроения. Инструменты будущего станут более сложными, адаптивными, эффективными в работе, так как открываются новые возможности их изготовления, а значит, новые варианты формы и функциональности. Аддитивные технологии способствуют разработке новых типов продукции, несовместимых с традиционными методами производства. Каждое готовое изделие — это ценный опыт, который возможно использовать в будущих проектах. Помимо повышения качества, одним из приоритетов является управление технологическими процессами, что позволит выпускать аддитивные изделия с улучшенной поверхностью, приближенной к прецизионным показателям. Среди актуальных запросов — модернизация инструментов, восстановление поверхности изношенной детали.

При лазерном спекании металлов есть возможность получения режущего инструмента, прочного снаружи и пластичного внутри. Имеется возможность выборочно задавать параметры определенных участков детали с последующей закалкой их поверхности, при этом внутреннюю часть формировать в виде ячеек или сот. Кроме того, в инструменте, изготовленном методом лазерного плавления, можно создать спиральный канал для подачи СОЖ, что позволяет более эффективно охлаждать его.