

– ситуация «наложенные объекты» встречается наиболее часто (8576). Количество ошибок составляет 230.

Аналогичные результаты получены при распознавании объектов.

Выводы:

Установлено, что предлагаемый алгоритм определения типа поля зрения обеспечивает максимальный суммарный процент ошибок равный 0,1%. Ошибки возникают в случаях, когда наложенный объект при определенной комбинации объектов и проценте наложения ничем по признакам не отличается от отдельного объекта.

Алгоритм распознавания обеспечивает процент правильного распознавания объектов равный 98,9%, что является приемлемым для использования в реальных промышленных системах распознавания.

Создан комплекс программ, позволяющий моделировать технологический процесс сортировки реальных плоских объектов на конвейере и выполняющий операции предварительной обработки объектов, определения типа поля зрения, вычисление основных и дополнительных признаков объектов и их распознавание. Основными достоинствами является простота реализации, высокое быстродействие и точность работы.

Литература.

1. Системы распознавания автоматизированных производств / В.Л. Генкин, И.Л. Ерош, Э.С. Москалев. – Л.: Машиностроение, 1988. – 246 с.
2. Техническое зрение роботов / В.И. Мошкин, А.А. Петров, В.С. Титов, Ю.Г. Якушенков. – под ред. Ю.Г. Якушенко. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
3. Системы технического зрения (принципиальные основы, аппаратное и математическое обеспечение) / А.Н. Писаревский, А.Ф. Чернявского. – под ред. А.Н. Писаревского. – Л.: Машиностроение, 1988. – 424 с.
4. Садыков С.С. Предварительная обработка изображений плоских объектов в системах технического зрения / С.С. Садыков, С.В. Савичева // Приборостроение. – 2012, №2. – С. 19-24.
5. Садыков С.С., Савичева С.В. Распознавание отдельных и наложенных плоских объектов – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. – 265 с.

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ
МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ**

*А.А. Сапрыкин, к.т.н., Д.В. Дудихин, студент, Е.В. Бабакова, аспирант
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, Ленинградская, 26, тел (384-51) 6-22-48
E-mail: babakova@tpi.ru*

История появления селективного лазерного спекания (СЛС) началась в конце 80-х годов прошлого века и была разработана Карлом Декардом, который использовал порошкообразный материал, спекаемый лазером

Его первый прототип, где в качестве излучателя использовался 100-ваттный твердотельный лазер. Формирование слоя из порошка происходило вручную, в качестве материала использовался легкоплавкий полимер, а первые изделия более походили на бесформенные куски пластика, но работоспособность схемы была доказана, и работа над совершенствованием технологии продолжилась [1].

В 1989 году были напечатаны первые изделия из металлического порошка, что и привело к дальнейшему развитию трехмерной печати [2].

Сам процесс печати напоминает стереолитографию: лазер спекает слой за слоем, а платформа с изделием постепенно погружается в камеру с материалом – с той лишь разницей, что вместо жидкого фотополимера используется порошок, который требуется периодически подсыпать и разравнивать. Кроме того, в камере постоянно поддерживается температура, близкая к температуре плавления материала, а рабочая зона заполняется инертным газом или азотом для предотвращения окисления вещества при плавлении. Картриджи и рабочая камера представляют собой ёмкости с подвижным дном, перемещающимся по ходу печати [3].

Процесс селективного лазерного спекания происходит в следующем порядке:

а) с помощью ролика, прокатывающегося по поверхности рабочего стола, наносится равномерный слой порошка;

б) луч лазера «рисует» на рабочем столе контур текущего слоя (при этом частицы порошка, попавшие под воздействие луча, спекаются (сплавляются) между собой);

в) платформа рабочей камеры опускается на толщину одного слоя, дно картриджей (их, как правило, два) на столько же поднимается;

г) ролик забирает порцию порошка и, прокатываясь, наносит следующий слой (излишки материала при этом просто выдавливаются во второй картридж);

д) процесс повторяется до тех пор, пока изделие не будет окончательно сформировано;

е) изделие извлекается из камеры и очищается от порошка [4].

На данном этапе в СЛС используется широкий спектр материалов, который превосходит по количеству другие технологии. К настоящему моменту времени известно огромное количество опробованных материалов:

1. однокомпонентные – поликарбонат, нейлон, железо, титан, медь;
2. многокомпонентные и интерметаллидные системы (Ni, Al, Ti, W, их карбиды и интерметаллиды, сплав INCOTEL625, Ti-6Al-V, Mo-Cu, Cu-Ni, Cu-Sn, Cu-Sn-Ni, Fe-Cu, бронза-Cu₃P, WC-Co, TiC-Ni/Co/Mo, TiCN-Ni, TiB₂-Ni, ZrB₂-Cu, Fe₃C-Fe);
3. низко- и высоколегированные стали;
4. конструкционная (ZrO₂, Al₂O₃, Al₂O₃-Al₄B₂O₉, Al₂O₃-SiO₂-B₂O₃, Si₃N₄-Al₂O₃, Ti-Zn-Al/Al₂O₃, Ti+ZrO₂, ZrO₂-Al₂O₃-Al, ZrO₂-Al-Y₂O₃) и сегнетоэлектрическая (Pb(Zr_xTi_{1-x})O₃, Bi₄Ti₃O₁₂, Li_{0,5}Fe_{2,5}-Cr_xO₄, BaFe_{12x}Cr_xO₁₉) керамики; керамо – (Al₂O₃ с полиметилметакрилатом) и пьезопласты (ЦТС+PVDF) [5,6].

Список используемых материалов постоянно растет благодаря развитию и усовершенствованию СЛС.

Метод СЛС реализуется в специальных установках, конструкции которых напрямую влияют на качественные характеристики создаваемых изделий [7–9].

Одним из ведущих производителей СЛС-машин является компания EOS, которая делит их на 3 группы:

1. Установки серии P. Системы лазерного спекания полиамидов, полистирола и высокотемпературостойкого полимера для прямого изготовления серийной продукции, запасных частей, полнофункциональных прототипов и деталей для литья в вакууме или литья по выплавляемым моделям. Примерами таких установок являются: FORMIGA P 110 – для изготовления небольших деталей, EOS P 396 – среднего класса, EOSINT P 760 – двух лазерная система для изготовления больших изделий [10].

2. Установки серии M. Системы лазерного сплавления металлических порошков для изготовления деталей и прототипов из металлов, элементов пресс-форм. Одна из таких установок – EOS M 400, предназначенная для прямого промышленного изготовления высококачественных металлических изделий большого размера [10].

3. Установки серии S. Системы лазерного спекания для прямого изготовления песчаных стержней и форм для литья металлов. Представителем является EOSINT S 750 – единственная в мире двухлазерная система спекания оболочек для литья металлов, изготовления песчаных стержней и форм для литья [11].

Технология СЛС имеет широкую область применения. Прототипы для оценки проекта и работоспособности изделия по функциональному признаку подразделяются на три вида: эскизные, косметические и инженерные.

К эскизным относятся модели, используемые конструкторами на первых этапах разработки. Назначение – визуализация различных идей для более эффективной их оценки, с целью выбора из всего множества решений наиболее перспективный вариант.

Косметические прототипы предназначены для оценки внешнего вида и формы (эргономики) новой детали. Они используются для оперативной коррекции дизайна изделия.

Наконец, инженерные прототипы используются для оценки функциональной пригодности новой разработки. Такие прототипы применяются для оценки сопрягаемости новой детали с существующим окружением (проверка собираемости изделия), а также для выполнения функциональных тестов [12–18].

Создание готовых функциональных изделий методом селективного лазерного спекания является совершенно новым и независимым производственным процессом. Механические свойства объектов, генерируемых СЛС, непосредственно применяются в качестве функциональных деталей. Процесс изготовления одной детали с помощью СЛС-машины занимает обычно несколько часов, что

порой на несколько порядков медленнее традиционных способов. Однако производство деталей селективным лазерным спеканием не требует разработки и отладки техпроцесса и изготовления специального инструмента – в этом и заключаются основные преимущества данного метода [12–18].

Перспективной областью для исследований является производство различных частей одного и того же изделия из различных материалов. Желаемые характеристики частей могут быть достигнуты за счет использования разнообразных материалов для каждого из слоев, в результате чего возможно получение новых металлургических и механических характеристик продукции.

Параметры процесса должны быть оптимизированы при помощи моделирования процессов и стратегии спекания, что позволит ускорить процесс производства и значительно снизить искажения на поверхности спекаемого изделия. Оптимизация параметров процесса также необходима для прогнозирования требуемых физико-механических свойств продукта СЛС.

Можно сделать вывод о том, что метод селективного лазерного спекания является постоянно развивающейся перспективной технологией быстрого прототипирования, которая в скором времени может стать неотъемлемой частью производства.

Литература.

1. <http://3dp.su/selektivnoe-lazernoe-spekanie-chast-1-istoriya-poyavleniya/>
2. <http://3dp.su/selektivnoe-lazernoe-spekanie-chast-2-texnologiya/>
3. Шишковский И.В. Перспективы быстрого прототипирования для изготовления моделей и литейных форм // Литейное производство. 2010. №6. С. 23-29.
4. Григорьев С.Н., Грибков А. А. Оптимизация точности элементов дозирующей системы // Техника и технология. 2006. № 5. С.73-79
5. Григорьев С.Н. Тенденции и проблемы модернизации машиностроительного производства на базе отечественного станкостроения // Вестник МГТУ «Станкин». 2010. №3. С. 7-13.
6. Снарев А.И., Саркисов В.Г., Козлов В.А. Устройство для гидравлической защиты погружного масла заполненного двигателя. Патент РФ № 2099844. Зарег. 20.12.97 г.
7. Дорожкин С.В., Агатоулус С. Биоматериалы: обзор рынка // Химия и жизнь. 2002. № 2. С.8-10.
8. Боровский Г.В., Григорьев С.Н., Маслов А.Р. Справочник инструментальщика/под общей редакцией Маслова А.Р. М.: Машиностроение, 2005. 464 с.: ил.
9. Григорьев С.Н., Мартинов Г.М. Концепция построения базовой системы числового программного управления мехатронными объектами // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2011.
10. <http://www.eosab.ru/>
11. Шишковский И.В. Лазерный синтез функционально - градиентных мезоструктур и объемных изделий / И.В. Шишковский. М.: Физматлит, 2009. 424 с.
12. Шишковский И.В. Использование селективного лазерного спекания в литье по выплавляемым моделям / И.В. Шишковский // Литейное производство. 1999. № 7. С. 19-22.
13. Шишковский И.В. Лазерный синтез объемных изделий / И.В. Шишковский // Обзорный доклад на семинаре Отделения квантовой радиофизики ФИАН им. П.Н. Лебедева, декабрь 2009, Москва.
14. Functional graded material synthesis via Direct Metal Deposition / I. Yadroitsev, I.V. Shishkovsky, P. Bertrand, I. Smurov // Proceedings of the Fourth International WLT-Conference on Lasers in Manufacturing 2007, Munich, 18-22 June 2007. P. 16.
15. Назаров А.П. Перспективы быстрого прототипирования методом селективного лазерного спекания/плавления / А.П. Назаров // Вестник МГТУ «Станкин». 2011. № 4. Т. 1 (16). С. 46-51.
16. Окунькова А. А. Комплекс контроля геометрических параметров продукции термопластавтомата: разработка структурной схемы / А.А. Окунькова // Вестник МГТУ «Станкин». 2011. № 2. С. 75-79.
17. Рыбаков А.В. Решение задач технологической подготовки производства деталей, получаемых методом электроэрозионной проволочной обработки (на примере деталей пресс-форм в Pro/Engineer) / А.В. Рыбаков, А.А. Окунькова // Вестник Брянского государственного технического университета. 2009. №1 (21). С. 20-28.
18. Cutting tools nitriding in plasma produced by a fast neutral molecule beam / A. Metel, S. Grigoriev, Y. Melnik, V. Panin, V. Prudnikov // Japanese Journal of Applied Physics. 2011. Vol. 50 (8 part 2). P. 08JG04-1-08JG04-4.