

зарубежных ученых, посвященных этой проблеме, но они лишь незначительно повлияли на ее актуальность.

В настоящее время отсутствует единая комплексная методология трёхмерного (3D-CAD) моделирования физических процессов изготовления алмазно-композиционных материалов и алмазно-абразивной обработки инструментами из них, однако имеется реальная перспектива её разработки [1]. Создание такой методологии позволит существенно сократить объём экспериментальных исследований для определения рациональных конструктивных параметров алмазно-абразивных инструментов, оптимальных условий их изготовления и использования. Идея состоит в разработке теоретических основ и средств реализации методологии компьютерного 3D моделирования физических процессов для разработки оптимальных ресурсосберегающих технологий абразивной обработки инструментами из алмазных композиционных материалов.

В ходе работы создана концепция исследования полного жизненного цикла алмазного инструмента, как на этапе его изготовления, так и на этапе эксплуатации. На первой стадии исследований изучен процесс производства (спекания) алмазоносного слоя. Использовалась разработанная ранее методология трехмерного моделирования процесса спекания с использованием системы «связка-алмазное зерно». Создание систем 3D моделирования абразивно-алмазных инструментов позволяет существенно сократить объём экспериментальных исследований для определения рациональных конструктивных параметров и оптимальных условий их изготовления. Создавалась трехмерная модель системы «связка-алмазное зерно», закладывались физико-механические характеристики элементов модели. После создания модели производилось динамическое и статическое моделирование процесса спекания, с учетом присутствующего реального давления и температуры в рассматриваемой системе. Моделирование процесса позволило изучить напряженно-деформированное состояние системы, учесть превышающие предельные значения нагрузки, влияющие на целостность алмазных зерен. Предложен новый способ повышения физико-механических характеристик органической связки путем добавления в исходную шихту суспензии ультрадисперсного алмаза. Ультрадисперсный алмаз (наноалмаз) приобретает все большую популярность в Украине и за рубежом, имеет уникальные физико-химические свойства, которые позволяют использовать его как химический катализатор либо ультрадисперсный абразив.

На втором этапе работы рассматривался этап эксплуатации алмазных кругов на органической связке. Создана трехмерная твердотельная модель «связка-алмазное зерно-деталь», которая использовалась для моделирования реального динамического процесса шлифования. Как и при моделировании спекания, в модель закладывались реальные физико-механические характеристики составляющих модели, задавалось движение системы, скорость

шлифования, глубина проникновения зерна в деталь и т.п. В ходе моделирования также выявлены негативные свойства связующего: слабое удержание зерен, низкая адгезионная способность. Эти негативные свойства, присущие органическим связкам приводят к низкому коэффициенту использования дорогостоящих алмазных зерен. Совместно с кафедрой химической технологии неорганических веществ НТУ «ХПИ» разработан способ нанесения алмазно-никелевого покрытия на алмазные зерна, что приводит к большей схватываемости органической связки с покрытым зерном и позволяет больше использовать ресурс зерна.

Гребченко А.И., Чернышов С.И.

НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время в технически развитых странах используется более 15 интегрированных технологий послойного выращивания изделий (Rapid Prototyping). Основным их достоинством является возможность существенного снижения продолжительности полного цикла изготовления изделий.

Эффективность использования интегрированных технологий послойного выращивания изделий напрямую зависит от рационального выбора метода материализации и возможности предварительной оценки продолжительности полного цикла изготовления изделия с учетом их достаточно высокого уровня инкапсуляции (неизвестности внутренних свойств и методов).

Поэтому повышение эффективности использования интегрированных технологий послойного выращивания изделий путем прогнозирования времени их изготовления на базе статистического моделирования представляет актуальную научную и практическую задачу.

На кафедре Интегрированных технологий машиностроения НТУ «ХПИ» (г. Харьков) была разработана система статистического моделирования рабочих процессов интегрированных технологий. Эта система предназначена для исследования статистических механизмов формирования их выходных характеристик (времени полного цикла создания изделий, технологического времени их формообразования и структурных составляющих процесса) с учетом уровня неопределенности исходных параметров (составляющие полного цикла создания изделий, характеристики их 3D геометрии, параметры лазерного луча и формообразования).

Данная система разработана на основе концепции статистического моде-

лирования рабочих процессов интегрированных генеративных технологий с реализацией в объектно-ориентированной среде программирования. При разработке системы моделирования решались следующие основные задачи, обеспечивающие универсальность и расширенные возможности для изучения механизмов формирования выходных характеристик рабочих процессов интегрированных генеративных технологий: моделирование статистических механизмов формирования выходных характеристик на базе исходных технологических параметров, задаваемых различными типами числовых детерминированных и стохастических данных; статистический и корреляционный анализ исходных параметров и результирующих выходных характеристик.

Система моделирования предоставляет следующие основные возможности:

- создавать процедурные модели рабочих процессов (до 999); для каждой модели возможно создание на ее основе до 999 вариантов, обладающих различными характеристиками исходных технологических параметров;
- определять до 27 исходных параметров, а также субпараметры: 6 логических и 1 числовой для каждой из описанных моделей;
- использовать описание исходных параметров и субпараметров;
- задавать константу инициализации функции генерации псевдослучайных чисел и размер генерируемой выборки данных статистических испытаний;
- редактировать программный код процедуры описания модели для заданного расчета;
- автоматически выполнять статистический и корреляционный анализы для выбранной группы исследуемых признаков;
- задавать количество интервалов гистограмм исследуемых признаков;
- выполнять общие настройки системы;
- задавать закон и параметры распределений с определением их технологических наименований (кратких и полных), задавать интервалы допустимых значений;
- определять тип числовых значений для каждого исходного параметра статистической системы: детерминированный; статистический (предлагается меню выбора со списком распределений из 17 наиболее применяемых в технологии машиностроения) или нечеткий (меню выбора экспертных распределений на основе аналогов интервальных, треугольных и трапециевидальных чисел); имеется дополнительная возможность усечения интервала возможных значений, дискретизация значений и задание списка возможных значений;
- выполнять просмотр результатов статистического и корреляционного анализа с визуализацией гистограмм относительных частот исследуемых признаков;
- выводить комплекс статистических характеристик для заданного исследуемого признака с возможностью получения справочной информации по определению каждой из них;

дуемого признака с возможностью получения справочной информации по определению каждой из них;

- одновременно представлять гистограммы 9 исследуемых признаков на общей экранной форме;
- использовать подсистемы статистического и регрессионного углубленного анализа гистограммы исследуемого признака;
- получать интерактивную справку по каждому элементу экранных форм посредством всплывающей подсказки или справочной системы, вызывающей панель инструментов с информацией по выбранному элементу;
- использовать справочные данные по статистическим законам распределения.

Разработанная система статистического моделирования выходных характеристик рабочих процессов интегрированных технологий, обеспечивает возможность оценки рисков выполнения проектов по созданию изделий в заданные сроки.

*Доброскок В.Л., Гаращенко Я.Н.
НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина*

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИНТЕГРИРОВАННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ ПОСЛОЙНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Использование статистического прогнозирования для решения задач расчета времени полного цикла создания изделий, технологического времени их формообразования и структурных составляющих процесса при использовании интегрированных генеративных технологий является эффективным инструментом анализа существующих и проектируемых рабочих процессов.

Для решения этих задач на кафедре «Интегрированные технологии машиностроения» НТУ «ХПИ» (г. Харьков) разработана система статистического моделирования рабочих процессов интегрированных технологий. Эта система предназначена для исследования статистических механизмов формирования их выходных характеристик с учетом уровня неопределенности исходных технологических параметров.

Анализ структуры технологического времени интегрированных технологий выполнялся в три этапа с определением в каждом из них определенного набора абсолютных и относительных характеристик.

Этап 1. Статистический анализ структуры технологического времени (общее время формообразования на установке, изделий, и технологических элементов; относительное общее время формообразования изделий, техно-