

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-

логических элементов; отношение времен формообразования технологических элементов и изделий).

Этап 2. Статистический анализ общего времени формообразования единичного слоя изделий (общее время формообразования единичного слоя изделий; время формообразования единичного слоя изделий; время опускания рабочей платформы при создании единичного слоя изделий; время выравнивания единичного слоя изделий; относительное время формообразования единичного слоя изделий, опускания рабочей платформы; относительное время выравнивания, выдержки).

Этап 3. Статистический анализ общего времени формообразования единичного слоя технологических элементов (общее время формообразования единичного слоя технологических элементов; время формообразования единичного слоя технологических элементов; время опускания рабочей платформы при создании единичного слоя технологических элементов; время выравнивания единичного слоя технологических элементов; относительное время формообразования единичного слоя, опускания рабочей платформы, выравнивания, выдержки).

Анализ структуры технологического времени производился для лазерной стереолитографии (SLA) и селективного лазерного спекания (SLS). Параметры задавались в интервалах предельно допустимых значений. При статистическом моделировании использовались выборки, состоящие из 50000 вариантов значений параметров и исследуемых характеристик процесса.

По результатам прогнозирования относительных характеристик общего времени формообразования единичного слоя изделий, выявлена относительная структура времени формообразования единичного слоя изделий (SLA): формообразование 50÷99%; опускание рабочей платформы до 1%; выравнивание до 19%; выдержка до 27%.

Для времени формообразования единичного слоя дополнительных технологических элементов (SLA) выявлена следующая относительная структура: формообразование 62÷99%; опускание рабочей платформы до 11%; выравнивание 0%; выдержка до 27%.

Время формообразования единичного слоя изделий (SLS) имеет следующую относительную структуру: формообразование до 49%; опускание рабочей платформы менее 1%; выравнивание до 5%; выдержка 43÷99%.

Время формообразования единичного слоя дополнительных технологических элементов (SLS) имеет следующую относительную структуру: формообразование до 69%; опускание рабочей платформы менее 1%; выравнивание менее 1%; выдержка 30÷99%.

Статистическое прогнозирование значений относительных характеристик общего времени формообразования изделий и дополнительных технологиче-

ских элементов показало, что время формообразования изделий составляет более 80% от общего времени работы установок SLA и SLS.

ФЕРРОМАГНИТНЫЙ АБРАЗИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ

Петришин Г.В., Быстренков В.М., Пантелеенко Е.Ф.

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

В настоящее время технология магнитно-абразивной обработки, разработанная еще в 1938 г., нашла применение в области финишной обработки точной оптики, в микроэлектронике, в машиностроении при обработке труднообрабатываемых, труднодоступных или сложнопрофильных поверхностей. При этом в последнее время основным сдерживающим фактором дальнейшего развития магнитно-абразивной обработки является сложность изготовления для нее ферроабразивных материалов, так как они должны обладать фактически противоположными свойствами: высокой твердостью и хорошими магнитными свойствами. Сейчас в данной технологии используются ферробор, ферровольфрам, бористый чугун, крошка белого чугуна, стальные закаленные иглы, механические смеси магнитных и абразивных порошковых материалов. Данные материалы технологичны в производстве, но не обеспечивают высокую производительность и качество обработки. Также при магнитно-абразивной обработке широко используются композиционные материалы, полученные спеканием ферромагнитной основы с абразивной составляющей.

Самофлюсующиеся борированные порошки на основе чугунной дробы ввиду своих технологических особенностей могут идеально подойти в качестве ферроабразивных материалов при любых видах магнитно-абразивной обработки: от грубого шлифования до полирования. Данный ферромагнитный материал обладает высокими магнитными свойствами, так ядро его частиц состоит из стали либо чугуна, и содержит большое количество железа. При этом боридная оболочка данных частиц представляет собой бориды железа FeB и Fe₂B, обладающих высокой твердостью. Вследствие этого борированный порошок на основе чугунной дробы может обладать высокими режущими свойствами и тем самым обеспечивать высокую производительность процесса магнитно-абразивной обработки. Кроме того, имеется возможность изготовления порошков разного фракционного состава: от 0,005 мм до 0,64 мм. Предварительные исследования по оценке возможности использования борированных материалов на основе чугунной дробы позволили установить границы содержания в частицах порошка