

На рабочем листе с именем "Лист 1" (рис. 3) имеется три области: таблица ввода исходных данных, таблица вывода промежуточных данных и область вывода конечного результата. Лист 1 выполняет синхронизирующую функцию, то есть обеспечивает исходной информацией остальные рабочие листы и выводит с них результаты поиска и расчетов. На остальных рабочих листах расположены базы данных с технологической справочной информацией, которая необходима для расчета величины скорости снятия черновых припусков и напусков. С этих листов производится вывод промежуточной информации на Лист 1, при этом номер листа, с которого будет считываться информация, зависит от вида черновой обработки заготовки: Лист 2 – наружное точение; Лист 3 – растачивание; Лист 4 – фрезерование; Лист 5 – сверление; Лист 6 – зенкерование.

Разработанная программа, позволяет достаточно оперативно и корректно осуществлять выбор возможных вариантов исходных заготовок машиностроительных деталей. Интерактивное меню программы имеет диалоговое оформление, что удобно для понимания и использования.

Заключение. Разработанная методика позволяет выполнять обоснованный выбор заготовок на ранней стадии проектирования техпроцессов механической обработки деталей, повысить объектив-

ность принимаемых технологических решений и тем самым сократить затраты на технологическую подготовку производства. Кроме того, для облегчения использования данной методики на практике, разработана компьютерная программа на базе MS Excel, которая обеспечивает автоматический выбор нормативных и справочных данных, а также вывод конечного результата. Методика может быть полезна инженерам-технологам, занимающимся проектированием техпроцессов изготовления деталей машин.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гамрат-Курек, Л.И. Экономика инженерных решений в машиностроении. – М: Машиностроение, 1986. – 255 с.
2. Бабук, В.В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: учеб. пособ. под ред. В.В. Бабука / В.А. Шкред, А.И. Медведев – Мн.: Выш. шк., 1987. – 255с.: ил.
3. Проектирование технологических процессов в машиностроении / И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро [и др.]. – Мн: УП Технопринт, 2003. – 910 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с.

Материал поступил в редакцию 17.09.09

MEDVEDEV O.A., SHIPUL V.N. The choosing of rational workpieces of machines details

The problem of choosing rational workpiece for mechanical engineering products at the early stage of designing of technological process is studied in this article. The description of the main principles of choosing suitable workpiece from alternative variants is also given here. The technique allowing with high reliability at the initial stage of designing of technological process to spend choosing rational workpiece is developed. The final part contains the conclusion based on the results of researches.

УДК 621.791

Стасенко Д.Л., Акулич А.П., Гринкевич И.В., Кульгейко Г.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДАЧИ ПОРОШКА ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКЕ

Введение. В условиях ограниченности сырьевой базы Республики Беларусь все большую актуальность приобретают ресурсосберегающие, восстанавливающие и ремонтные технологии. Нанесение износ-, коррозионно-стойких, теплоизоляционных и других порошковых покрытий позволяет значительно сократить расход дорогостоящих легированных материалов и позволяет существенно повысить надёжность деталей машин и оборудования. Одним из перспективных методов нанесения порошковых покрытий является электромагнитная наплавка (ЭМН).

Постановка задачи. Для правильного выбора технологических параметров процесса ЭМН необходимо знать характер их влияния на формирование наплавляемого слоя. Основные технологические параметры, определяющие производительность процесса и качество сформированного покрытия, представлены в таблице 1.

Одним из важных параметров процесса ЭМН является подача наплавляемого ферромагнитного порошка. Экспериментальными исследованиями установлено [1], что масса покрытия пропорциональна изменению величины подачи порошка. Возможность регулирования подачи, т. е. управление этим технологическим параметром, и прогнозирование величины подачи определяется характером работы конкретного бункерного дозирующего устройства.

Цель данного исследования – изучить зависимость величины подачи ферромагнитного порошка (для данного типа дозаторов) от гранулометрического состава порошков и угла наклона лотка бункерного дозирующего устройства.

Методика эксперимента. В работе была использована известная схема электромагнитного бункерного устройства [2]. Основными достоинствами электромагнитных возбуждателей являются:

- простота регулирования амплитуды вибрации и возможность её регулирования при работе устройства, что позволяет включать электровибрационные устройства в системы с автоматическим управлением производительностью;
- надёжность и долговечность, что обусловлено отсутствием в вибровозбудителе пар трения;
- возможность применения в одной вибромашине нескольких одновременно действующих вибровозбудителей без специальных мер по обеспечению синхронизации. Это обусловлено синхронностью работы вибровозбудителей при питании от общей сети и позволяет рассредоточить силы, возбуждающие колебания, по протяженному в одном или двух направлениях упругому рабочему органу [3].

Стасенко Леонид Дмитриевич, к.т.н., зав. кафедрой гидроневоавтоматики Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого.

Гринкевич Игорь Владимирович, ассистент кафедры технологии машиностроения Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого.

Кульгейко Галина Степановна, ассистент кафедры гидроневоавтоматики Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого.

Беларусь, ГГТУ им. П.О. Сухого, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.

Акулич Антон Павлович, к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1. Технологические параметры ЭМН, их регулирование и контроль

Технологические параметры	Метод регулирования	Прибор	Точность фиксирования
Величина магнитной индукции в рабочем зазоре В, Тл	Изменением величины силы тока в катушках электромагнитов	Теслоамперметр Ф4354/1	±2,5%
Среднее значение напряжения трансформатора U, В	Изменением напряжения в обмотке возбуждения	Вольтметр В 3-13	±2%
Удельная длительность наплавки τ, с/см ²	Продольной подачей полюсного наконечника относительно детали	Секундомер	±0,05
Расход ферромагнитного порошка g, г/с	Углом наклона лотка вибратора	Весы аналитические ВЛК-500	0,004
Рабочий зазор δ, мм	Передвижением сердечников электромагнитов	Щуп №2 (ГОСТ 882-75)	±0,05
Размер зёрен порошка Δ, мм	Просеиванием через сито с заданным размером ячейки	Набор сит	---
Скорость вращения детали U, м/с	Настройкой станка	Тахометр	0,001

В данную схему внесено конструктивное изменение, позволяющее регулировать угол наклона лотка дозатора, что дает возможность регулирования подачи порошка в более широких пределах (рис. 1).

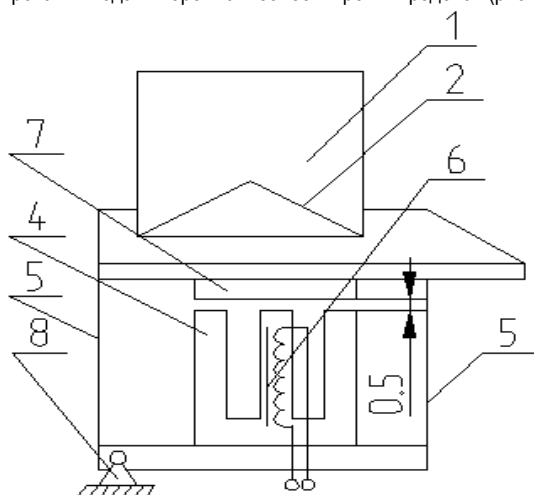


Рис. 1. Схема электромагнитного вибрационного бункерного устройства: 1 – накопитель, 2 – днище накопителя, 3 – лоток, 4 – статор, 5 – пластинчатые пружины, 6 – катушка электромагнита, 7 – якорь электромагнита, 8 – регулятор угла наклона лотка

Для исследований были приняты порошки, применяемые как для ЭМН так и для других типов покрытий: порошок ПЖРВ2 (ТУ 14-1-

3882-85), полученный методом распыления расплава металла водой высокого давления (размер частиц 200 мкм); порошок ферробор ФБ-3 (ГОСТ 14848-69), полученный механическим измельчением в лабораторных условиях (размер частиц 160...400 мкм); порошок никеля, полученный химическим путем (размер частиц 200 мкм); бронза оловянная Бр.ОФ10-1 (размер частиц 200 мкм); дискретное волокно, полученное высокоскоростным диспергированием расплава (размер частиц 50...400 мкм). Химический состав неоднородных порошков приведен в табл. 2, микрофотографии частиц порошков – на рис. 2.

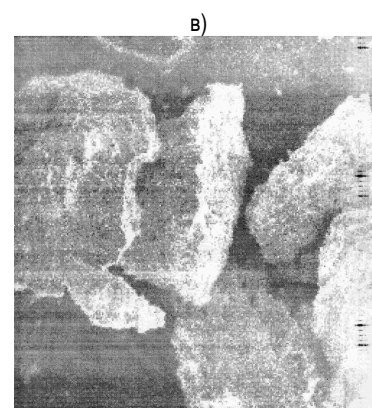
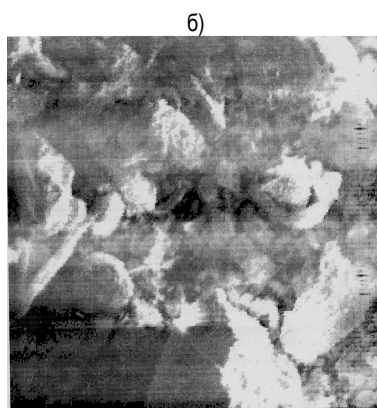
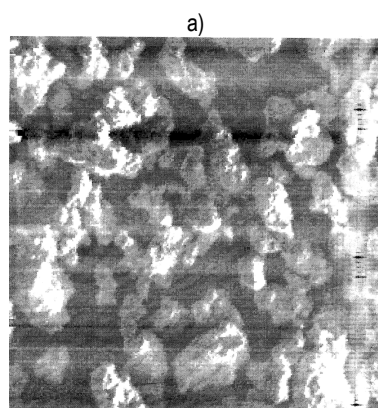
Масса (величина подачи) подаваемого порошка определялась взвешиванием на аналитических весах ВЛК-500 с точностью до 0,001г. Время подачи определялось секундомером с точностью 0,05с. Величину подачи порошка определяли усреднением результатов пяти опытов.

Результаты исследования и их обсуждение. Под воздействием вибрации в сыпучих телах происходят превращения, особенности которых обуславливаются интенсивностью вибрации. При достижении значений амплитуды ускорений, близких к ускорению свободного падения, сыпучая среда приобретает подвижность, псевдотекут: сцепление между частицами ослабевает, происходит разрушение и перестройка неустойчивой случайной структуры укладки. Такое состояние сыпучей среды называют состоянием «псевдооживление» [3, 4].

В результате наличия взаимной подвижности частиц достигается более плотная упаковка мелких частиц в пространстве между крупными, а также наблюдается «более экономное» взаимное расположение крупных частиц – уменьшается число пор, т. е. сыпучее тело уплотняется [4].

Таблица 2. Химический состав исследуемых ферромагнитных порошков (остальное – Fe)

Порошок	Содержание элементов, масс. %							
	C	Si	B	Mn	Al	S	P	Cr
ПЖРВ2	0,03	0,08	---	0,15	---	0,02	0,02	---
ФБ-3	---	8,22	9,0	---	8,2	---	---	---
Дискретное волокно	1	3	5	---	---	---	---	3



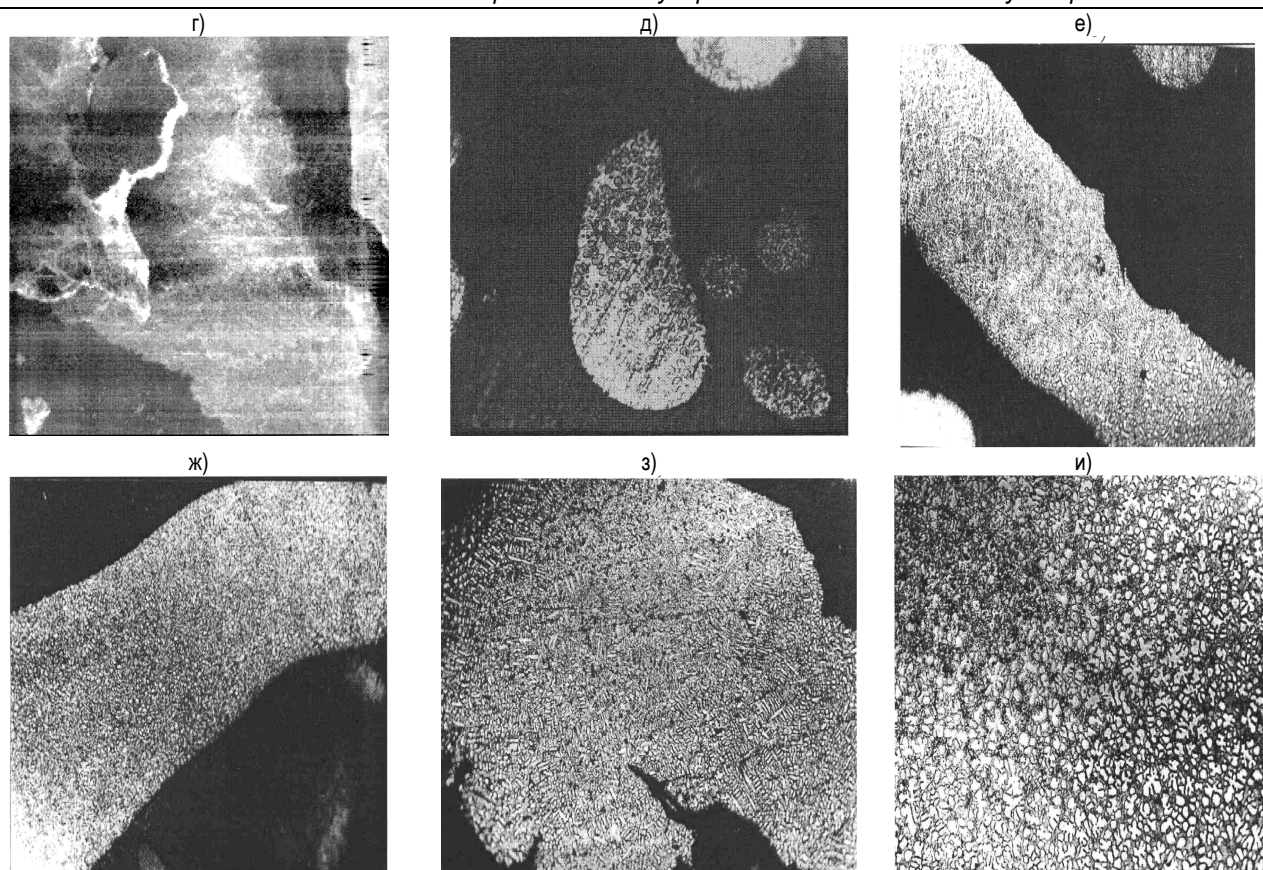


Рис. 2. РЭМ – микрофотографии частиц порошков: ПЖРВ2 (а), ФБ-3 (б – размер частиц 160 мкм; в – 315 мкм; г – 400 мкм), дискретных волокон (д – размер частиц 0–50 мкм, е – размер частиц 63–100 мкм, ж – размер частиц 100–160 мкм, з – размер частиц 200–315 мкм, и – размер частиц 315–400 мкм)

На процесс виброобработки мелкодисперсных сыпучих тел в значительной степени влияет газовая и жидкая фазы. Из-за плохой воздухопроницаемости сыпучее тело подвергается большим аэродинамическим нагрузкам. В пространстве между поверхностью рабочего органа и нижним монослоем сыпучего тела при подбрасывании возникает разрежение, а при падении – повышение давления. Уравновешивание колебаний давления происходит через поры в слое сыпучего тела. Поэтому на частицы мелкодисперсного тела действует пульсирующий аэродинамический напор, противоположный их перемещению [3].

При воздействии вибрации на мелкодисперсные сыпучие тела вследствие наличия значительных сил сцепления между частицами приходится применять значительно более интенсивные режимы колебаний, чем при обработке грубодисперсных сред.

Закономерности уплотнения порошков при воздействии вибрации, рассмотренные в работах [3, 5, 6], позволяют сделать вывод о том, что расчёты, проведенные с использованием различных моделей сыпучей среды, учитывают только часть явлений, и достичь полного совпадения, как правило, не удается.

Поэтому рассмотрим результаты натурных испытаний. На рис. 3 и 4 приведены результаты исследования процесса вибротранспортирования порошков различного гранулометрического состава.

Из представленных данных видно, что имеет место зависимость массы подаваемого порошка от размера частиц: при одинаковом подводе энергии вибротранспортирование лучше у грубодисперсных фракций.

Существует временной интервал, необходимый системе сыпучего тела на переход от состояния неустойчивой случайной структуры укладки, полученной в результате свободной засыпки, к состоянию «псевдооживления». Этот интервал составляет около 60 с (см. рис. 3), что подтверждается аналогичными исследованиями других авторов.

Также чётко прослеживается (см. рис. 4) зависимость подачи от угла наклона дозатора для порошков различного гранулометрического состава. При прочих равных условиях можно дополнительно к регулированию амплитудой вибрации дозатора применять регулирование углом наклона лотка дозатора, и, следовательно, более плавно изменять величину подачи порошка: с увеличением угла наклона лотка увеличивается подача.

Заключение. На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы: для обеспечения стабильности процесса ЭМН порошок в бункерном дозирующем устройстве должен прийти в «равновесное состояние» и лишь затем подаваться в рабочую зону, т.е. бункерное дозирующее устройство должно проработать на холостом ходу определённый промежуток времени (60 с); величина подачи зависит от гранулометрического состава порошка: чем мельче частицы порошка, тем больше необходимо энергии для их вибротранспортирования; величина подачи порошка находится в линейной зависимости от угла наклона лотка бункерного устройства, т.е. с увеличением угла наклона лотка увеличивается подача порошка.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ящерицын, П.И. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын, М.Т. Забавский, Л.М. Кожуро, Л.М. Акулович – Мн.: Наука и техника, 1998.
2. Гринкевич, И.В. Устройство для электромагнитной наплавки наружных цилиндрических поверхностей / И.В. Гринкевич, М.П. Кульгейко, С.В. Рогов // *Материалы, технологии, инструменты.* – 2000. – № 2. – С. 100–102.
3. Вибрации в технике: справочник. В 6-ти т. Вибрационные процессы и машины. – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 4.
4. Блехман, Н.И. Что может вибрация?: О «вибрационной механике» и вибрационной технике. – М.: Наука, 1988.

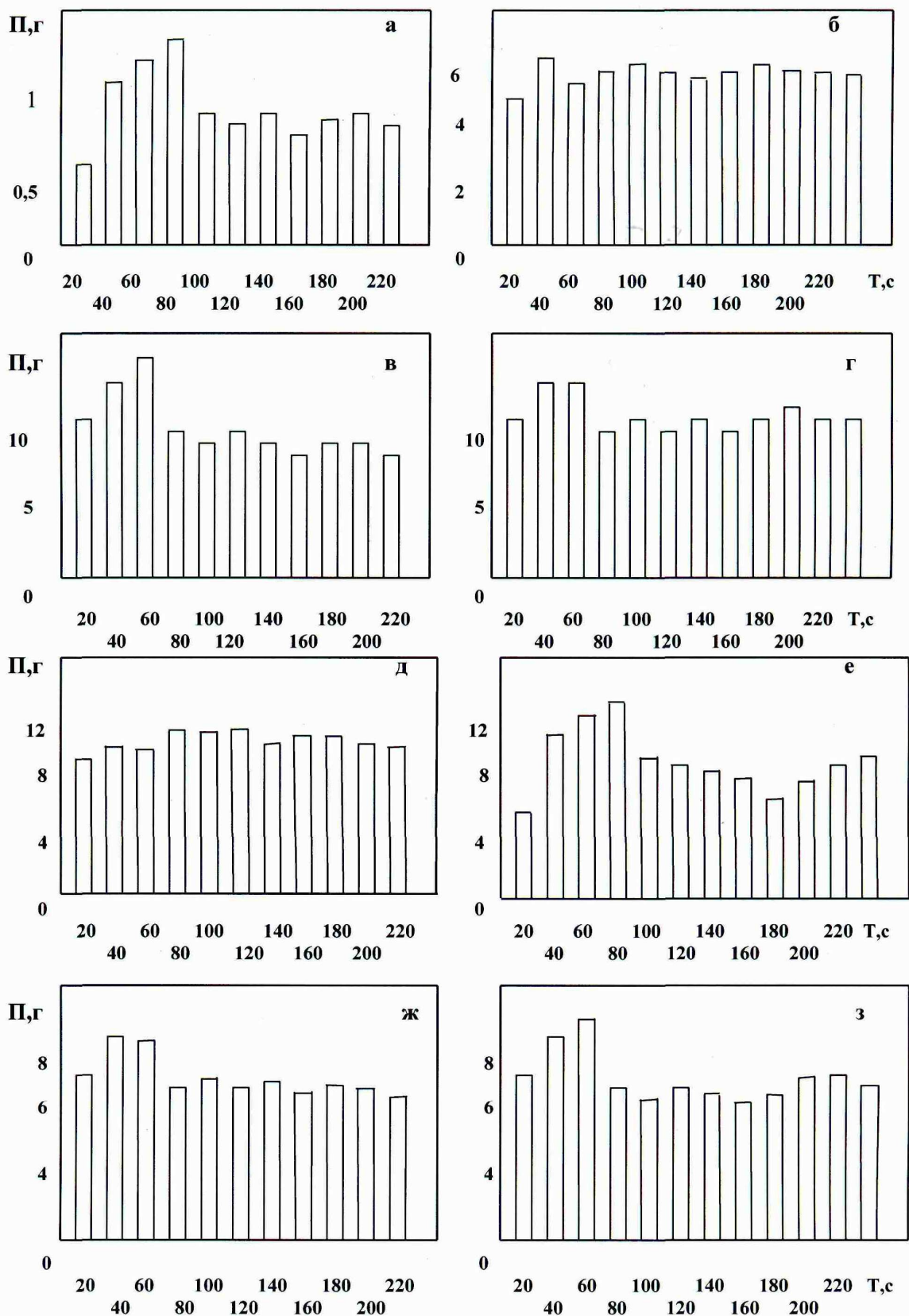


Рис. 3. Диаграмма стабильности подачи порошка П от времени работы дозатора Т: а – ФБ-3 (160); б – ПЖРВ2 (200); в – ФБ-3 (315); г – ФБ-3 (400); д – Бр.0Ф10-1(200); е – Ni (200); ж – дискретное волокно(50-200); з – дискретное волокно(200-400). Цифра в скобках указывает на номинальный размер частиц порошка в мкм, т.е. на размер отверстий сита, через которое просеивается 95% порошка [7]

5. Лихтман, В.И. О вибрационном уплотнении в порошковой металлургии / В.И. Лихтман, Н.С. Горбунов, И.Г. Шаталова [и др.] // Докл. АН СССР. – 1960. – Т. 134. – № 5. – С. 1150–1152.
6. Алабужев, П.М. Выбор оптимальных вибровоздействий при уплотнении сыпучих материалов в замкнутом сосуде / П.М. Ала-

- бужев, С.Ф. Яцун, Ю.А. Готонов, В.Я. Мищеренко // Вопросы динамики и прочности. – 1989. – Вып. 51. – С. 93–100.
7. Роман, О.В. Справочник по порошковой металлургии: порошки, материалы, процессы / О.В. Роман, И.П. Габриелов – Мн.: Беларусь, 1988.

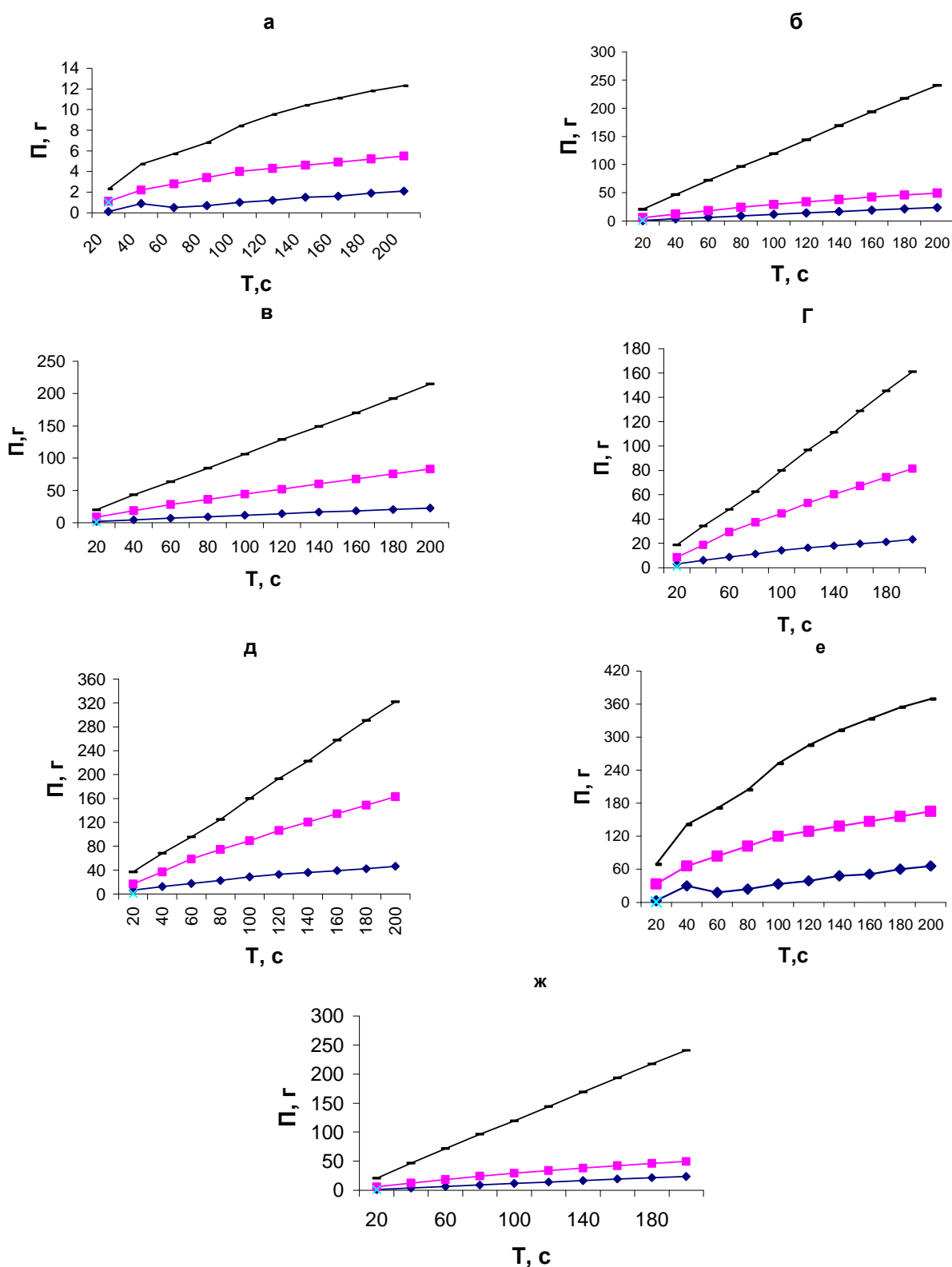


Рис. 4. Зависимость величины подачи порошка P от времени T работы устройства и угла наклона лотка α : а - ФБ-3 (160 мкм); б - ПЖРВ2 (200 мкм); в - ФБ-3 (315 мкм); г - ФБ-3 (400 мкм); д - Бр.0Ф10-1 (200 мкм); е - Ni(200 мкм); ж - дискретное волокно (50-400 мкм); 1. $\alpha=10^\circ$; 2. $\alpha=30^\circ$; 3. $\alpha=50^\circ$; ромбический маркер - 1; прямоугольный маркер - 2; линейный маркер - 3

In clause the technology of submission ferromagnet of a powder in a zone welding by an electromagnetic way is considered. It is offered bunker dosage the powder allowing dosage submission of a powder in a working zone. The size of submission is established depending on granulometrical of structure of a powder and corner of an inclination dosage. The results of research of process vibrotransportation of powders various granulometrical of structure are given.

УДК [621.9:62-502.55]:62-192

Горбунов В.П., Рудюк А.Н.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПО ВЫХОДНОМУ ПАРАМЕТРУ

Введение. Основной тенденцией современного машиностроительного производства является выпуск деталей с высокими показателями точности. Количество прецизионных деталей, изготавливаемых предприятиями, может изменяться в широких пределах: от отдельных экземпляров до больших серий. Типичным примером могут быть корпусные детали, характеризующиеся наличием плоских поверхностей различных размеров и отверстий, как основных, так и крепежных, оси которых расположены под различными углами. Требования обеспечения высокой точности при механической обработке достигаются либо традиционными методами, т.е. созданием новых усовершенствованных конструкций станков, либо управлением состояния станка, который находится в эксплуатации. Второй путь наиболее привлекателен тем, что в промышленности имеется большое количество станков с системами автоматического управления, в том числе многоцелевых станков (МЦС) с ЧПУ и оценка их текущего состояния и оперативное изменение его требует меньших затрат при хороших результатах. Широкие технологические возможности и высокая степень автоматизации МЦС с ЧПУ обеспечиваются наличием автономных управляемых системой ЧПУ приводов координатных перемещений рабочих органов, расширенным диапазоном регулируемых частот вращения шпинделя и подач, наличием устройств автоматической смены инструмента и заготовок, оснащением системами контроля состояния процесса обработки и др. Для данных станков характерны повышенные критерии работоспособности: их геометрическая точность, жесткость, виброустойчивость, износостойкость, теплостойкость и прочность. Также следует учитывать то, что МЦС с ЧПУ является сложным и дорогостоящим оборудованием и вследствие этого проблема его эффективной эксплуатации является актуальной для любого машиностроительного предприятия.

Большинство отечественных машиностроительных предприятий используют не новое оборудование, а станки со значительным сроком службы. Это приводит к тому, что в процессе эксплуатации, а тем более при длительном сроке, все детали станка изнашиваются, появляются зазоры, которые в свою очередь снижают жесткость узлов и всего станка в целом. Результатом всего этого является снижение точностных характеристик станка в процессе обработки деталей.

Кроме износа станков на возникновение погрешности обработки оказывают свое влияние тепловые и упругие деформации, которые приводят к смещению узлов станка относительно их базового положения и, следовательно, к снижению их точности. Именно поэтому в настоящее время важной задачей является вопрос сохранения работоспособного состояния и высоких точностных характеристик МЦС с ЧПУ в процессе их эксплуатации, прогнозирование изменения данного состояния во время работы.

1. Общие положения. Поддержание МЦС с ЧПУ в работоспособном состоянии в течение как можно более длительного времени или требуемого промежутка времени (времени между двумя переналадками станка) характеризуется технологической надежностью.

Технологическая надежность станка с ЧПУ — свойство станка

обеспечивать в течение требуемого промежутка времени выполнение обусловленных его назначением технологических операций при изготовлении деталей с показателями качества, установленными нормативно-технической документацией.

Событие, заключающееся в выходе любого из заданных показателей качества обработки за установленные пределы, считается технологическим отказом.

Изменение МЦС с ЧПУ качества обработки при эксплуатации происходит из-за действия различных процессов: вибраций, тепловых деформаций станка, износа сопрягаемых поверхностей, исчезновения или искажения сигналов при прохождении их по каналам системы управления и др. Эти процессы являются, как правило, случайными, поэтому технологические отказы, как следствие процессов, имеют дисперсию и подчиняются закономерностям для случайных событий. По скорости протекания процессы можно подразделить на три основные группы: быстро протекающие; протекающие со средней скоростью; медленно протекающие [1].

Основными показателями технологической надежности МЦС с ЧПУ, как и другого технологического оборудования, являются количественные показатели [2]: $P(t)$ – вероятность безотказной работы станка по точности обработки за межналадочный период $T_{М.Н.}$ (регламентированный период работы станка с МЦС ЧПУ до его подналадки); δ_T – резерв (запас) станка по выходному параметру; K_T – запас надежности по выходному параметру; γ_T – скорость изменения резерва станка по выходному параметру; γ_K – скорость изменения коэффициента резерва станка по выходному параметру K_T (скорость изменения запаса надежности) и T_P – ресурс станка по выходному параметру – наработка в часах до потери точности обработки станком по любому из параметров качества (точности) обработки.

Показатель $P(t)$ – вероятность того, что в интервале времени $t = T_{М.Н.}$ не возникает отказа, связанного с точностью обработки, из-за станка или системы управления не всегда является достаточным для оценки технологической надежности. Так как при наличии резерва станка δ_T по выходному параметру значение показателя $P(t) \rightarrow 1$, то технологическую надежность необходимо характеризовать запасом надежности. Коэффициент K_T оценивает потенциальную возможность станка по сохранению работоспособности, при $K_T = 1$ наступает технологический отказ. Значения показателей δ_T , K_T , $P(t)$ при условии, когда значения параметров состояния распределены по нормальному закону, будут равны:

$$\delta_T = \delta - \sum \Delta_i - K_P \sqrt{\sum \sigma_i^2}, \quad (1)$$

где $\sum \Delta_i$ – суммарное значение систематических составляющих погрешностей, формирующих выходной параметр;

σ_i – значения средних квадратических отклонений погрешностей, формирующих выходной параметр;

K_P – квантиль нормального распределения;

Горбунов Виктор Петрович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой машиноведения Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Рудюк Александр Николаевич, магистр технических наук, инженер-конструктор ЧУМП «КОМПО».