М355977.

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового
Красного Знамени высшее техническое училище
имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

МОРОЗОВ Валентин Васильевич

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ УСТАНОВОК ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ИЗ СПЛАВОВ ДЛЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Специальность - 05.02.07 - Автоматизация в машиностроении

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1979

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

МОРОЗОВ Валентин Васильевич

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ УСТАНОВОК ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ИЗ СПЛАВОВ ДЛЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Специальность - 05.02.07 - Автоматизация в машиностроении

№ 355944

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1355977
Морозов В.В. Исследование

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 1979

Работа выполнена во Владимирском политехническом институте

Научные руководители: Заслуженный изобретатель РСФСР,
кандидат технических наук,
доцент Бушенин Д.В.,

кандидат технических наук,
доцент Хруничев Ю.А.

Официальные оппоненты – Доктор технических наук,
ст.н.с. Бурханов Г.С.

– кандидат технических наук
Ковалев Л.К.

Ведущее предприятие – (указано в решении специализированного Совета)

Защита состоится "5" ноября 1979 г.
на заседании специализированного Ученого Совета К053.I5.0I по автоматизации в машиностроении МВТУ им. Н.Э.Баумана по адресу: Москва I07005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "26" сентября 1979 г.

Ученый секретарь Совета
кандидат технических наук,
доцент Г.Н.МЕЛЬНИКОВ

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА

Тип. МВТУ. Подп. в печать 04.09.79. Заказ I034 Объем I п.л.
Ротапринт МВТУ. I07005. Москва, 2-я Бауманская, 5

Актуальность темы

В директивах XXУ съезда КПСС по десятому пятилетнему плану указывается на необходимость "развивать производство полупроводниковых, особо чистых и специальных материалов для электронной, электротехнической и других отраслей промышленности". Решение данной проблемы неразрывно связано с оснащением промышленности высокопроизводительным автоматизированным оборудованием. При этом одной из наиболее сложных задач в разработке автоматизированного технологического оборудования является создание исполнительных механизмов, высокопроизводительно и качественно, с необходимой надежностью реализующих технологический процесс.

Широкое применение монокристаллических постоянных магнитов в различных отраслях промышленности приводит к необходимости проведения работ по увеличению производительности применяемого оборудования. Неудовлетворительная параметрическая надежность используемых установок и отсутствие достаточной информации о влиянии неравномерности технологических перемещений на выход годных монокристаллов, определили направление исследования данной работы.

Цель работы

Целью работы является исследование возможности повышения производительности автоматизированных электровакуумных установок для выращивания монокристаллов за счет повышения равномерности перемещений плавильных узлов исполнительными механизмами.

Методы исследования

В работе применялись теоретические и экспериментальные исследования, основанные на теории производительности Г.А.Шаумяна и теории технологической надежности А.С.Проникова. Для определения характеристик исполнительных механизмов технологических перемещений и степени их влияния на выход годных монокристаллических заготовок, использовались аналитические методы, химический и рентгеноспектральный анализ, методы лабораторного и промышленного эксперимента.

Научная новизна работы

- Установлено, что повышение производительности автоматизи-

рованного электровакуумного оборудования для выращивания монокристаллов из магнитных сплавов возможно за счет повышения равномерности технологических перемещений плавильных узлов.

– Разработана модель технологического процесса, в которой определена связь между неравномерностью технологических перемещений и выходом годных монокристаллических заготовок.

– Определены причины неравномерности перемещений плавильного узла в промышленных установках и предложены пути достижения требуемой равномерности.

– Определена стабильность кинематических параметров и исследованы процессы трения в механизмах технологических перемещений с несоосными резьбовыми передачами в качестве выходного звена.

– На основе проведенных исследований разработана методика расчета и проектирования исполнительных механизмов с заданной равномерностью перемещения.

Практическая ценность и реализация в промышленности

Результаты проведенных исследований позволили составить инженерные рекомендации по расчету и проектированию исполнительных механизмов приводов технологических перемещений (ПТП) автоматизированных установок для выращивания монокристаллов на базе несоосной резьбовой передачи с заданной равномерностью перемещения. По разработанной методике расчета и проектирования изготовлен ряд механизмов ПТП, один из которых находится в промышленной эксплуатации на предприятии электротехнической промышленности. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых направлений повышения производительности применяемых установок на данном предприятии составляет 110 тысяч рублей.

Апробация работы

Материалы диссертации докладывались на следующих конференциях и семинарах:

1. УШ Всесоюзном совещании "Получение, структура, физические свойства и применение монокристаллов тугоплавких и редких металлов" (г. Москва. Институт металлургии АН СССР им.А.А.Байкова, 1976).

2. У Всесоюзной конференции по постоянным магнитам (г.Новочеркасск, 1976).

3. На научных семинарах кафедры "Полупроводниковое и электровакуумное машиностроение" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1979 г.

4. X, XI, XII, XIII научно-технических конференциях ВПИ (г.Владимир, 1975, 1976, 1977, 1978 гг.).

5. Научно-практическом семинаре "Комплексная механизация производства - важнейший резерв повышения производительности труда и качества" (г.Владимир, 1977).

6. Областных научно-практических семинарах "Резьбовой электромеханический привод" (г.Владимир, 1975, 1976, 1977 гг.).

7. Научно-практическом семинаре "Молодые ученые и исследователи - производству" (г.Владимир, 1976 г.).

8. Научно-техническом семинаре "Рентгеновские и эмиссионные спектральные методы анализа" (г.Москва, МДНТП им.Дзержинского, 1975).

Публикация

По результатам выполненных исследований опубликовано 9 статей, получено два положительных решения ВНИИГПЭ о выдаче авторских свидетельств СССР.

Объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложения. Содержит 142 страницы машинописного текста, 68 рисунков, 17 таблиц и список литературы (121 наименование, из них 108 на русском языке).

Во введении раскрывается актуальность работы в свете решений XXV съезда КПСС по росту производительности труда и развитию производства полупроводниковых, особо чистых и специальных материалов для электронной, электротехнической и других отраслей промышленности.

В первой главе выполнен анализ автоматизированного электровакуумного оборудования, применяемого для выращивания монокристаллов из сплавов для постоянных магнитов. Проведенные эксплуатационные исследования позволили выявить возможность повышения производительности используемого оборудования за счет повышения коэффициента выхода годных монокристаллических заготовок.

Вопросам влияния технологических факторов на выход годных монокристаллических заготовок из магнитных сплавов посвящены ра-

боты Гриднева А.И., Ларичкиной Л.Я., Сергеева В.В., Склярова А.Е., Чабана И.П. и др. Проведенный анализ технологических факторов и конструктивных параметров, влияющих на выход годных монокристаллических заготовок позволил разработать структурную схему параметрической надежности применяемых установок и показал, что доминирующими причинами брака монокристаллических заготовок являются температурные колебания в зоне кристаллизации. Одной из причин этих колебаний является неравномерность технологических перемещений плавильного узла.

С целью повышения производительности процесса выращивания и повышения параметрической надежности применяемых установок необходимо решение ряда задач:

I. Определение допустимой величины неравномерности технологических перемещений, которая состоит из двух этапов:

а) установление зависимостей между неравномерностью технологических перемещений и величиной температурных колебаний в зоне кристаллизации;

б) определение максимально допустимой величины температурных колебаний.

2. Исследование характеристик применяемых механизмов технологических перемещений и определение требований к характеристикам механизма для достижения необходимой равномерности перемещения.

3. Разработка методики расчета и проектирования исполнительных механизмов технологических перемещений, позволяющих достигать заданную равномерность.

Во второй главе установлена связь между неравномерностью технологических перемещений и величиной температурных колебаний в зоне кристаллизации. Решение уравнения нестационарного температурного поля монокристаллической заготовки в цилиндрической системе координат (рис.I) позволило получить зависимость амплитуды температурных колебаний от глубины их распространения в слиток

$$\frac{\partial t(r,z,\tau)}{\partial \tau} = a\left[\frac{\partial^2 t(r,z,\tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\,\frac{\partial t(r,z,\tau)}{\partial r} + \frac{\partial^2 t(r,z,\tau)}{\partial z^2}\right]$$

при граничных условиях $0 \le r < R, -\infty < z < \infty, t(R,z,\tau) = \varphi(z,\tau)$.

где a – коэффициент температуропроводности;

R – радиус поверхности слитка.

Распределение температуры на поверхности слитка $\varphi(x)$ определялось экспериментально вольфрамо-рениевыми термопарами ВР5/20 и аппроксимировалось многочленом третьей степени

$$f_3(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3$$

связь между подвижной и неподвижной системой координат принималась $z = x + \gamma \sin \omega t$

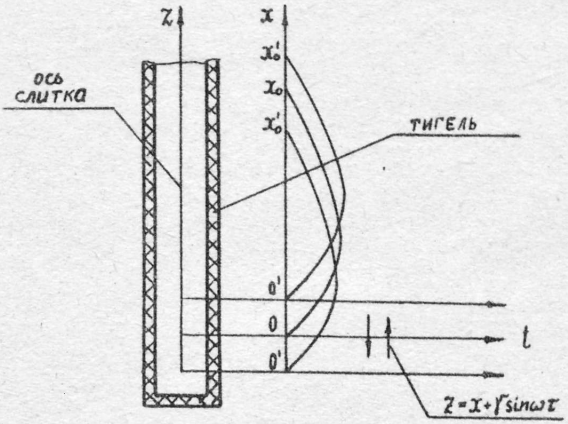


Рис.I. Граничная температурная функция при неравномерном перемещении плавильного узла

Экспериментальная проверка полученных выражений показала, что расчетные результаты отличаются от экспериментальных не более чем на 20%. При экспериментальном исследовании получены эмпирические формулы для учета потери энергии температурных колебаний в зазоре между стенкой тигля и нагревателем, и в стенке тигля. Это позволило установить зависимость амплитуды температурных колебаний на поверхности монокристалла от величины неравномерности перемещения плавильного узла.

Третья глава посвящена исследованию влияния температурных колебаний, вызванных неравномерностью технологических перемещений, на образование дефектов структуры и выход годных получаемых

монокристаллов.

Монокристаллы из сплавов для постоянных магнитов содержат множество различных дефектов кристаллической структуры, которые характерны для металлических монокристаллов, среди них - "паразитные" кристаллы, химическая неоднородность, дислокация, вакансии и др.

Наиболее значительные нарушения в структуре получаемых монокристаллов вызываются "паразитными" кристаллами и химической неоднородностью.

Химическая неоднородность в распределении элементов сплава по оси монокристалла, вызванная температурными колебаниями (микроликвация), накладывается на основные закономерные неоднородности, возникающие в процессе роста (макроликвация).

Расчет макроликвации по известным зависимостям не может быть выполнен точно, т.к. в известной литературе недостаточно данных о коэффициентах распределения для элементов сплава. Поэтому проведено экспериментальное исследование распределения элементов сплава рентгеноспектральным методом на квантометре КРФ-18, которое показало, значительную неравномерность в распределении элементов сплава по оси монокристалла, вызванную основными законами затвердевания в многокомпонентных системах. Максимальная величина макроликвации от заданного состава для кобальта составила 0,28%, для никеля 0,37%, для алюминия 0,42%, для титана 0,46%. Используя зависимость эффективного коэффициента распределения $K_{эфф.}$ от скорости выращивания V , можно преднамеренным программным изменением скорости по известным методикам добиться устранения исследуемой неравномерности тех элементов, которые определяют режим изотермической обработки монокристаллических заготовок. В работе показано конструктивное решение исполнительного механизма привода для устранения данной неравномерности.

Экспериментальное исследование микроликвации титана по оси заготовки, проведенное также рентгеноспектральным методом на квантометре КРФ-18, показало микроликвацию титана в получаемых заготовках до 0,2% (40% допуска на содержание титана в сплаве).

Получение совершенных монокристаллов из многокомпонентных сплавов осложняется тем, что при выращивании такого монокристалла в переохлажденном слое расплава перед поверхностью раздела образуются центры кристаллизации, из которых растут новые кристаллы, ориентация которых не связана с ориентацией кристалла за-

травки. Проведенные исследования позволили получить выражение для определения вероятности зарождения "паразитных" кристаллов в зависимости от величины температурных колебаний в расплаве.

$$P\{\beta\} = C_{рег} e^{-\frac{A}{\Delta t(1-\frac{C}{\beta})+B+C}} ,$$

где

$$A = \frac{32\gamma^3 T_E \beta}{K_1 T L} ; \quad B = \frac{V_0}{K} ; \quad C = mC_0(1-K_0)\sqrt{M^2+N^2} ,$$

γ – удельная поверхностная энергия на границе кристалл–расплав; T_E – термодинамическая температура кристаллизации; L – скрытая теплота плавления; $C_{рег}$ – коэффициент, зависящий от количества неметалличес их включений; β – коэффициент, зависящий от кристаллографического сродства неметаллической частицы и основного кристалла; K – кинетическая постоянная.

Экспериментальное исследование количества и распределения "паразитных" кристаллов в монокристаллических заготовках проводилось в промышленных условиях с использованием образцов различных диаметров, данные измерений обрабатывались методами математической статистики. Полученные результаты подтверждают зависимость статистической вероятности "n" зарождения "паразитных" кристаллов от радиуса монокристалла r и показывают, что в промышленных условиях доминирующими причинами появления "паразитных" кристаллов в монокристаллических заготовках являются температурные колебания в зоне кристаллизации (рис.2).

Частный коэффициент выхода годных заготовок представляет собой вероятность того, что заготовка окажется годной по химсоставу и "паразитным" кристаллам.

Проведенные статистические исследования химсостава поступающих на выращивание поликристаллических заготовок позволяют определять коэффициент выхода годных монокристаллических заготовок по химсоставу в соответствии с требованиями ГОСТ 17809-72 в зависимости от величины микроликвации элементов сплава по оси монокристаллических заготовок.

$$\eta_1 = P\left\{C_{min} + \frac{\Delta C}{2} < C < C_{max} - \frac{\Delta C}{2}\right\} ,$$

где C_{min}, C_{max} – нижнее и верхнее предельные отклонения химсостава по ГОСТ 17809-72;

ΔC – величина микроликвации элементов сплава.

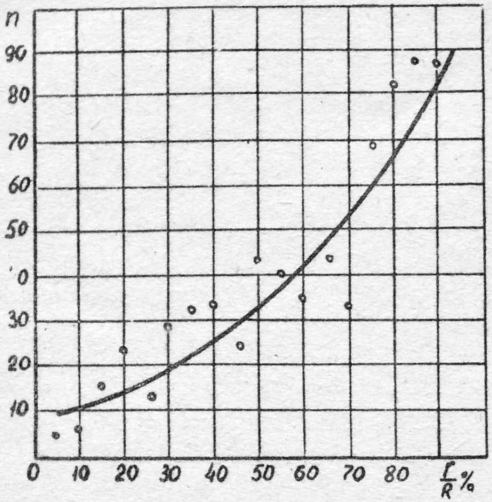


Рис.2

Вероятность зарождения "паразитных" кристаллов и величина микроликвации элементов сплава связаны между собой вероятностной (стохастической) зависимостью, поэтому оценкой частного коэффициента выхода годных будет интервал

$$\eta_1 \cdot \eta_2 < \eta_r < \min \eta_{1-2}$$

где $\eta_2 = 1 - F\{\delta\}$, $F\{\delta\}$ – вероятность зарождения "паразитного" кристалла.

Полученные выражения, определяющие величину температурных колебаний в зависимости от величины неравномерности перемещений плавильного узла, величину микроликвации и вероятность зарождения "паразитных" кристаллов от величины температурных колеба-

ний, составляют математическую модель технологического процесса, анализ которой позволяет прогнозировать выход годных на стадии проектирования и задавать обоснованные требования к равномерности технологических перемещений.

В четвертой главе, посвященной исследованию равномерности технологических перемещений в применяемых установках, проведен анализ динамики применяемых исполнительных механизмов на низких (ползучих) скоростях. Получено выражение для определения критической скорости механизма и сформулированы требования для достижения необходимой равномерности перемещения к жесткости выходного звена, разности сил трения покоя и движения, циклической погрешности механизма ПТП. Экспериментально установлена низкая равномерность перемещения плавильного узла в установке "Кристалл-ЕМ", составляющая 10÷15%, что вызвано как невыполнением принципов рациональности силовой схемы в данных установках, так и тем, что применяемая на низких (ползучих) скоростях передача винт-гайка скольжения не удовлетворяет принципам блочности при конструировании установок.

В то же время работами Бушенина Д.В., Ефремовой Г.А., Борисенко Г.А., Воробьева А.П., Носатова С.П. показано, что принципиально несоосные и планетарные резьбовые передачи могут обеспечить требования по равномерности перемещения исполнительного механизма. Но данные работы показали только общие закономерности разработки данных передач, не затрагивая вопросов, связанных с их использованием в конкретных условиях эксплуатации приводов технологических перемещений. На основе анализа литературных данных разработаны условные классификации:

- резьбовых передач по равномерности перемещения на низких (ползучих) скоростях;
- несоосных резьбовых передач по кинематическим параметрам.

Испытания исполнительного механизма для установки выращивания монокристаллов с несоосной резьбовой передачей показали, что разработанный механизм удовлетворяет требованиям, предъявляемым к исполнительным механизмам установок для выращивания монокристаллических заготовок. Неравномерность технологических перемещений составила 1-2%. Выход годных монокристаллических заготовок при такой равномерности равен 0,75.

Пятая глава посвящена разработке методики расчета и проек-

тирования исполнительных механизмов с заданной равномерностью технологических перемещений. Для этого проведены экспериментальные исследования стабильности кинематических параметров несоосной резьбовой передачи, которые показали стабильность передаточного отношения в несоосной резьбовой передаче в диапазоне скоростей $V = 0{,}01 \div 0{,}1 \frac{мм}{с}$, при нагрузках 100÷2000 Н. Установлено, что в несоосных резьбовых передачах передаточное число не должно превышать 6, т.к. дальнейшее его увеличение приводит к снижению стабильности выходного перемещения вследствие радиальных биений резьбовых поверхностей винта и гайки.

Расчеты точностных характеристик исполнительных механизмов с несоосными резьбовыми передачами позволили сформулировать требования к точности применяемых ходовых винтов, гаек, подшипников качения.

Экспериментальные исследования фрикционных характеристик резьбовых передач в диапазоне скоростей $V = 0{,}01 \div 0{,}1 \frac{мм}{с}$ и нагрузок $P = 100 \div 1000$ Н характерных для механизмов технологических перемещений показали что в режиме сухого трения момент трения в обычной резьбовой паре в 5-6 раз превышает момент сопротивления в несоосной резьбовой передаче. В условиях граничного трения момент трения в обычной передаче снижается в 2,5 раза. В тех же условиях в несоосной резьбовой передаче момент трения снижается незначительно, порядка 20%. Поэтому несоосную резьбовую передачу возможно использовать в режиме сухого трения при создании герметичных приводов технологических перемещений. При экспериментальном исследовании получены эмпирические зависимости, необходимые для расчета проектируемых механизмов на устойчивость низких скоростей.

По результатам проведенных исследований, а также с использованием результатов работ Бушенина Д.В., Борисенко Г.А., Воробьева А.П., Козырева В.В., Носатова С.П. разработана инженерная методика расчета и проектирования исполнительных механизмов.

Правильность сделанных рекомендаций проверена при проектировании, изготовлении и промышленной эксплуатации ряда механизмов в установках выращивания, обработки и контроля монокристаллов.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. В результате проведенных теоретических и эксплуатационных исследований автоматизированных установок для выращивания монокристаллов из сплавов для постоянных магнитов установлено, что повышение параметрической надежности является важнейшим резервом их производительности. Установлено, что коэффициент технического использования установок "Кристалл-ЕМ" составляет 0,53, при этом 80% потерь времени по технологическим причинам составляют причины по браку.

2. Разработана модель технологического процесса, связывающая количество "паразитных" кристаллов и химическую неоднородность по оси монокристалла с неравномерностью технологических перемещений плавильного узла. Для этого установлена связь между неравномерностью технологических перемещений и величиной температурных колебаний в зоне кристаллизации. Неравномерность перемещений $\delta = 1 \div 5\%$ при частоте $\omega = 0{,}017\ c^{-1}$ является причиной температурных колебаний $\Delta t = 0{,}1 \div 0{,}5^{\circ}C$.

3. Экспериментально исследовано распределение элементов сплава по оси выращиваемых заготовок. Выявлено, что макроликвация от заданного состава для кобальта составляет 0,28%, для никеля 0,37%, для меди 0,41%, для алюминия 0,42%, для титана 0,46%. Микроликвация для титана составляет 0,2% (40% допуска). Для уменьшения величины макроликвации следует изменять скорость технологических перемещений по заданной программе.

4. Получено выражение, определяющее вероятность зарождения "паразитных" кристаллов в зависимости от величины температурных колебаний в расплаве. Установлено, что в промышленных условиях эти колебания являются доминирующими причинами появления "паразитных" кристаллов. Для получения монокристаллических заготовок без "паразитных кристаллов с вероятностью $P \geq 0{,}99$ необходимо ограничить величину температурных колебаний $\Delta t \leq 0{,}2^{\circ}C$.

5. Установлено, что причинами низкой равномерности технологических перемещений в применяемых установках являются высокая циклическая погрешность исполнительного механизма $\Delta l_{\xi} = 20 \div 30$мкм, низкая жесткость $C = 1{,}7 \frac{кг}{мкм}$, высокие потери на трение в выходной передаче, направляющих скольжения, уплотнении рабочего штока.

6. Анализ конструктивных решений механизмов технологических

перемещений показал перспективность использования несоосных резьбовых передач. Исследования исполнительного механизма с несоосной резьбовой передачей показали неравномерность перемещений 1-2%, что в 5 раз меньше, чем у применяемого в установке "Кристалл-ЕМ".

7. Проведенные исследования показали стабильность кинематических параметров несоосной резьбовой передачи с винтовой нарезкой на гайке. Наиболее целесообразным является применение несоосных резьбовых передач с передаточным числом $u \leq 6$, радиальные биения в этом случае не должны превышать $e_{рад} \leq 0{,}01$.

8. Исследования фрикционных характеристик исполнительных механизмов с несоосными резьбовыми передачами показали, что в режиме сухого трения момент сопротивления в обычной резьбовой передаче в 4-6 раз превышает момент трения в несоосной резьбовой передаче. В условиях граничного трения для обычной резьбовой передачи применение смазки снижает момент трения в 2-3 раза, в несоосной резьбовой передаче - на 20%. Это позволяет использовать несоосную резьбовую передачу при создании герметичных исполнительных механизмов, работающих в режиме сухого трения.

9. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработана методика расчета и проектирования исполнительных механизмов с заданной равномерностью перемещений.

10. Ожидаемый экономический эффект от реализации предлагаемых путей повышения параметрической надежности установок за счет применения исполнительных механизмов с технологически необходимой равномерностью перемещения составляет 110 тыс. рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Морозов В.В. Анализ влияния неравномерности технологических перемещений в установках для выращивания монокристаллов. Аналит. обзор. Деп. в Информэлектро, 1978, № 98 - д/78.

2. Гриднев А.И., Морозов В.В., Федорова Г.А., Чабан И.П. Влияние тепловых колебаний и легирования на образование "паразитных" кристаллов при выращивании монокристаллов из сплавов типа КНДК35Т5АА. Электротехническая промышленность, сер. Электротехнические материалы. М., 1978, № 9 (98), с.18.

3. Гриднев А.И., Чабан И.П., Федорова Г.А., Морозов В.В. Структура и неметаллические включения в монокристаллах сплавов, легированных серой и углеродом. В сб. "Монокристаллы тугоплавких и редких металлов, сплавов и соединений". М., АН СССР "Наука", 1977, с.86.

4. Морозов В.В., Раяк А.М., Кирьянов В.И. Создание механизмов плавных перемещений на базе планетарно-резьбовой передачи. В сб. "Резьбовой электромеханический привод". Владимир, 1975, с.6.

5. Морозов В.В., Гриднев А.И. Влияние технологических факторов на количество получаемых монокристаллических магнитов. В сб. "Молодые ученые и исследователи производству". Владимир, 1976, с.31.

6. Морозов В.В., Марусов В.А. К вопросу применения несоосных и планетарных передач в приводах технологических перемещений. В сб. "Комплексная механизация и автоматизация производства - важнейший резерв повышения производительности труда и качества". Владимир, 1977, с.9.

7. Бушенин Д.В., Деулин Е.А., Марусов В.А., Морозов В.В., Степанов В.Е., Хруничев Ю.А. Устройство поступательного перемещения в герметичную камеру. Положительное решение ВНИИГПЭ о выдаче авторского свидетельства по заявке № 2525 - 389/08,А.с.566938.

8. Марусов В.А., Морозов В.В. Экспериментальное исследование потерь на трение в герметичном вводе поступательного движения. В сб. "Комплексная механизация и автоматизация производства - важнейший резерв повышения производительности труда и качества". Владимир, 1977, с.11.

9. Ульянова Г.Ф., Бычев В.М., Морозов В.В. Исследование макроликвации компонентов магнитного сплава КНДК53Т5 рентгеноспектральным методом. В сб. "Рентгеновские и эмиссионные спектральные методы анализа". М., МДНТП им. Ф.Э.Дзержинского, 1975, с.117.

10. Козырев В.В. Носатов С.П., Морозов В.В., Абарихин Н.П., Степанов В.Е. Определение критической скорости исполнительного механизма. В межвуз.сб. научных трудов: "Линейный электромеханический привод". Рязань, 1977, с.17.

11. Бушенин Д.В. Деулин Е.А., Марусов В.А., Морозов В.В., Степанов Б.Е., Попов Б.К., Хруничев Ю.А. Вакуумный ввод поступательного движения. Положительное решение ВНИИГПЭ о выдаче авторского свидетельства по заявке № 2534679/08.

МВТУ
им. Н. Э. Баумана
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА