**Петренко Василь Радіславович. Автоматизація управління технологічними процесами виробництва об'ємних Cz-Si-монокристалів : Дис... д-ра наук: 05.13.07 - 2009.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Петренко В.Р.**Автоматизація управління технологічними процесами виробництва об’ємних Cz-Si монокристалів. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – Автоматизація процесів керування. – Кременчуцький університет економіки, інформаційних технологій і управління, Кременчук, 2008.  Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-практичної проблеми – підвищення ефективності виробництва об'ємних Cz-Si-монокристалів шляхом розробки й впровадження організаційно-технологічної системи керування технологічними процесами компоновки завантажень, вирощування й обробки монокристалічних злитків на основі синтезованих моделей, адаптивних алгоритмів і програмно-технічних засобів керування багатовимірними стохастичними й нестаціонарними технологічними процесами.  Формалізовано завдання оптимальної компоновки завантажень, запропонована схема його вирішення на основі використання методу випадкового пошуку для мінімізації наднормативної витрати кремнію-сирцю.  Розроблено алгоритмічні й програмні засоби синтезу комбінованих моделей типу «передавальна функція + шум», що реалізують етапи структурної й параметричної ідентифікації моделей і їхньої діагностичної перевірки, а також синтезовані регулятори на основі цих моделей. Розроблено новий спосіб вирощування монокристалів і пристрій для його реалізації, засновані на вимірі параметрів меніска й рівня розплаву в тиглі шляхом обробки отриманого з відеокамери зображення зони кристалізації.  Розроблено адаптивну процедуру відторцювання злитків, модель та алгоритм вирішення задачі оптимального розкрою партії злитків.  Концепція комплексної автоматизації керування технологічними процесами виробництва об'ємних Cz-Si-монокристалів, розроблені математичні моделі й алгоритми керування технологічними процесами покладені в основу розробленої ОТСУ виробництвом об'ємних Cz-Si-монокристалів. | |
| |  | | --- | | Підсумок дисертаційної роботи - вирішення важливої науково-практичної проблеми підвищення ефективності виробництва об'ємних Cz-Si-монокристалів великого діаметра шляхом розробки і впровадження організаційно-технологічної системи управління, побудованої на основі концепції комплексної автоматизації управління технологічними процесами виробництва.  Основні результати і висновки дисертаційної роботи:   1. Аналіз специфіки технологічних процесів виробництва об'ємних Cz-Si-монокристалів великого діаметра, існуючих підходів до побудови систем управління ними показав, що подальшого підвищення ефективності виробництва можна досягти шляхом розробки і впровадження автоматизованої системи управління, що охоплює всі технологічні етапи виробництва і що базується на застосуванні стохастичних моделей і методів вирішення завдань оперативного планування і регулювання технологічних процесів. 2. Запропоновано підхід до комплексного рішення різних завдань автоматизації управління технологічними процесами виробництва об'ємних Cz-Si-монокристалів в рамках єдиної системи управління організаційно-технологічного типу, що дозволило за наслідками обробки злитків в режимі run-to-run здійснювати коригування параметрів технологічних процесів компоновки завантажень і вирощування злитків з метою підвищення їх ефективності. 3. Сформульовано основні принципи побудови ОТСУ і визначено її функціональну структуру, на основі методів концептуального аналізу синтезовано дерево цілей ОТСУ процесами виробництва об'ємних Cz-Si-монокристалів і сформовано комплекси вирішуваних завдань. 4. На основі використання теоретико-множинного підходу виконано формалізацію завдання оптимальної компоновки завантажень, запропоновано схему її рішення на основі використання методу випадкового пошуку і виконано її програмну реалізацію, що дозволило виключити вплив «людського чинника» на ефективність процесу компоновки, а також оптимізувати його за критерієм мінімізації наднормативної витрати кремнію-сирцю. 5. Розроблено алгоритмічні і програмні засоби синтезу комбінованих моделей типу «передавальна функція + шум», що реалізують етапи структурної і параметричної ідентифікації моделей і їх діагностичної перевірки, з їх використанням синтезовані моделі для основних каналів управління процесом вирощування об’ємних Cz-Si-монокристалів, що дозволило на їх основі розробити оптимальні регулятори з мінімальною середньоквадратичною похибкою, а також регулятор з прогнозуванням виходу. 6. Досліджено можливість використання для моделювання динаміки процесу вирощування об'ємних Cz-Si-монокристалів класу ARMAХ-моделей, розроблено алгоритм ідентифікації цих моделей, що дозволило отримати модель динаміки процесу вирощування, яка може бути використана для автоматизації управління процесом вирощування з одночасним уточненням параметрів моделі в режимі реального часу. 7. Розроблено новий спосіб вирощування монокристалів і пристрій для його реалізації (на паритетній основі із співавторами деклараційного патенту України), засновані на вимірюванні параметрів меніска і рівня розплаву в тиглі шляхом обробки отриманого з відеокамери зображення зони кристалізації, застосування яких дозволило підвищити точність автоматичного управління параметрами кристала в процесі його росту. 8. Вдосконалено телевізійний метод вимірювання діаметра кристала шляхом оптимізації його параметрів: ширини зони обробки кадру (у рядках a) і порогу яскравості (у градаціях сірого) фільтрації зображення (g). Знайдені оптимальні значення цих параметрів a=50 і g=116 дозволили істотно зменшити час обробки одного кадру зображення і збільшити точність вимірювання діаметра кристала до ±1 мм на його циліндровій частині. 9. Сформульовано, формалізовано і вирішено завдання ухвалення ефективних рішень щодо продовження або припинення процесу вирощування при зривах його нормального протікання (виникненні нештатної ситуації), що дозволило зменшити непродуктивні витрати електроенергії, матеріальних ресурсів і праці. 10. Науково обґрунтовано архітектуру дворівневої автоматизованої системи управління групою ростових установок типу «РЕДМЕТ-30», «РЕДМЕТ-60», що дозволяє знизити витрати на технічні засоби системи управління і підвищити надійність її функціонування шляхом динамічного перерозподілу функцій щодо управління процесом вирощування між рівнями системи. 11. Розроблено структуру, технічне, алгоритмічне і програмне забезпечення системи реєстрації інформації про фізико-технічні параметри вирощених монокристалів на основі сполучення вимірювальних установок з ЕОМ, що забезпечило можливість ведення інформаційної бази з всіма характеристиками монокристалів і технологічними умовами їх виробництва. 12. Запропоновано формалізацію процедури відторцювання монокристалічних злитків, розроблено алгоритм оптимізації стратегії відторцювання злитків на заданому класі стратегій на основі використання методів статистичного моделювання і випадкового пошуку, що дозволяє відшукати стратегію, що мінімізує сумарні витрати, пов'язані з відторцюванням. Синтезовано адаптивну процедуру відторцювання, що базується на використанні адаптивної моделі зміни питомого електроопору за довжиною злитка, що дозволило забезпечити автоматичне налаштування процедури відторцювання на особливості злитків тієї або іншої марки продукції. Шляхом статистичного моделювання показана перевага адаптивної процедури відторцювання у порівнянні з лінійною стратегією і стратегіями, заснованими на використанні методу стохастичної апроксимації. 13. Здійснено постановку завдання оптимального розкрою партії монокристалічних злитків за критерієм ритмічності виконання планових завдань щодо марок продукції і розроблено двоетапний алгоритм його вирішення на основі використання на кожному етапі методів квадратичного програмування. 14. Розроблені математичні моделі і алгоритми управління технологічними процесами компоновки завантажень, вирощування і обробки монокристалічних злитків покладені в основу розробленої в Кременчуцькому університеті економіки, інформаційних технологій і управління організаційно-технологічної системи управління виробництвом об'ємних Cz-Si-монокристалів, до складу якої у вигляді функціональних підсистем увійшли: підсистема «Компоновка», що реалізує автоматизацію управління технологічним процесом компоновки завантажень; підсистема «Кремінь+ », що реалізує автоматизацію процесів управління вирощуванням монокристалічних злитків для групи установок; підсистема «Обробка злитків», що реалізує завдання збору інформації про фізико-технічні параметри вирощених монокристалів, відторцювання злитків і оптимального розкрою партії злитків. Впровадження цих підсистем у складі першої черги ОТСУ на ДП «Завод чистих металів» ВАТ «Чисті метали» і ТОВ «Силікон» (м. Світловодськ) дозволило отримати сумарний економічний ефект 572 тис. грн. на рік за рахунок збільшення виходу придатної продукції завдяки використанню науково-обґрунтованих методів формування шихти і компоновки завантажень, вищої точності регулювання діаметра і забезпечення однорідності розподілу легуючої домішки, зниження концентрації мікродефектів, зниження втрат матеріалу при обробці злитків, а також зменшення витрат електроенергії і матеріальних ресурсів, зниження трудовитрат на одиницю готової продукції завдяки використанню адаптивних алгоритмів управління процесом вирощування, прийняття ефективних рішень при зривах нормального протікання процесу. | |