

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ЭКСТЕРЬЕРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Касимов Р.М.

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва

Ключевые слова: автоматизация, механизация, технологический процесс, производство, полимерные композиты, экстерьер, сельскохозяйственная техника, вакуумная формовка, RTM-инфузия.

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы автоматизации производства элементов экстерьера сельскохозяйственной техники с использованием полимерных композитов. Описаны ключевые технологические процессы, такие как вакуумная формовка, контактное формование и RTM-инфузия, применяемые для изготовления внешних элементов конструкций. Особое внимание уделяется системам автоматического контроля, позволяющим оптимизировать процесс, снизить производственные затраты и повысить качество изделий. Практическая значимость работы заключается в демонстрации эффективности интеграции автоматизированных решений в производство экстерьерных деталей сельскохозяйственной техники, что способствует повышению конкурентоспособности продукции на современном рынке.

MODERN APPROACHES TO THE AUTOMATION OF THE PRODUCTION OF EXTERIOR ELEMENTS OF AGRICULTURAL MACHINERY USING POLYMER COMPOSITES

Kasimov R.M.

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow

Keywords: automation, mechanization, technological process, production, polymer composites, exterior, agricultural machinery, vacuum forming, RTM infusion.

Abstract. This article addresses modern methods of automating the production of exterior elements for agricultural machinery using polymer composites. It describes key technological processes such as vacuum forming, contact forming, and RTM infusion, employed for the manufacture of external structural components. Special attention is paid to automatic control systems that optimize production, reduce costs, and enhance product quality. The practical significance of this work lies in demonstrating the efficiency of integrating automated solutions into the production of exterior parts, thereby enhancing the competitiveness of agricultural machinery products.

1. Введение

В условиях современного машиностроения высокое качество и надежность внешнего облика сельскохозяйственной техники играют важную роль в обеспечении ее долговечности и эстетики. Элементы экстерьера, такие как капоты, крылья, бамперы и панели, изготавливаются с применением полимерных композитов, позволяющих снизить массу изделий и улучшить их эксплуатационные характеристики[1]. Однако для достижения оптимальных результатов необходимо автоматизировать технологический процесс производства, что обеспечит стабильное качество, уменьшит влияние человеческого фактора и сократит производственные затраты.

2. Современные технологии автоматизации производства экстерьерных элементов

2.1 Вакуумная формовка

Вакуумная формовка является широко распространённым методом получения сложных по форме деталей из термопластичных композитов. Процесс включает несколько последовательных этапов:

- *Нагрев заготовки.* Современные печи с программируемым управлением обеспечивают равномерный нагрев и точное соблюдение температурного режима.

- *Формование под действием вакуума.* Нагретый лист помещается на форму, которая может быть выполнена из алюминия или композитных материалов. При включении вакуумной системы заготовка плотно прижимается к контуру формы, что позволяет точно воспроизвести сложные геометрические элементы экстерьера.

- *Охлаждение и отделка.* После формирования деталь быстро охлаждается с помощью автоматизированных конвейеров или специализированных охлаждающих установок, что предотвращает деформацию. Далее роботизированные системы осуществляют автоматическую резку и отделку, удаляя излишки материала и обеспечивая высокий уровень качества готовой продукции.

2.2 Контактное формование

Контактное формование позволяет создать изделия с высокой механической прочностью и эстетически привлекательным внешним видом[2]. Технологический процесс включает:

- *Подготовку формы и нанесение разделительного слоя.* Сначала поверхность формы очищается и покрывается разделительным составом, что обеспечивает легкое извлечение готового изделия. На этом этапе применяются автоматизированные распылительные установки, гарантирующие равномерное распределение защитного слоя.

- *Нанесение полимерной смолы с армирующими волокнами.* Роботизированные дозаторы точно подают полимерную смолу, смешанную с армирующими волокнами (например, стекловолокном или углеродными волокнами). В процессе автоматизированной укладки применяются системы контроля толщины слоя, что позволяет варьировать структуру изделия в зависимости от требуемых механических свойств.

- *Многоступенчатое наращивание слоев.* Для достижения оптимальной прочности и жесткости, процесс формования повторяется в несколько этапов. Каждая итерация контролируется с помощью датчиков, которые фиксируют равномерность нанесения материала, а программное обеспечение позволяет оперативно корректировать параметры процесса.

2.3 RTM-инфузия

RTM-инфузия (Resin Transfer Molding) – это высокотехнологичный метод, основанный на инъекции жидкой смолы в форму, где уже уложены армирующие материалы[3]. Ключевые этапы данного метода:

– *Подготовка формы и армирование.* На внутреннюю поверхность формы наносится разделительный состав, после чего укладываются несколько слоев тканевых материалов. Автоматизированные роботы обеспечивают точное размещение каждого слоя с минимальными отклонениями от заданной схемы.

– *Инжекция смолы.* При помощи инъекционных систем под давлением смола равномерно распределяется по всей полости формы. Автоматизированный контроль давления и температуры позволяет обеспечить полное проникновение смолы в волокна и минимизацию воздушных включений.

– *Отверждение и извлечение изделия.* Системы автоматического контроля отслеживают процесс отверждения смолы, поддерживая оптимальные условия для достижения максимальной прочности изделия. После полного отверждения изделие извлекается из формы с помощью роботизированных манипуляторов, что исключает механические повреждения и снижает вероятность брака.

3. Системы автоматического управления технологическим процессом

Для обеспечения высокой стабильности и качества производства экстерьерных элементов важным звеном являются системы автоматического управления. Они обеспечивают непрерывный мониторинг и регулирование всех технологических параметров, что позволяет своевременно корректировать процесс.

3.1 Датчики и сенсоры

Современные производственные линии оборудованы множеством датчиков, измеряющих температуру, давление, влажность и время отверждения. Эти датчики интегрированы в общую систему управления, что позволяет:

– Получать в режиме реального времени данные о каждом этапе производства.

– Обеспечивать автоматическое уведомление операторов и запуск корректирующих алгоритмов при выявлении отклонений от заданных параметров.

– Снижать риск появления дефектов за счет быстрого реагирования на изменения технологических условий.

3.2 ПЛК и SCADA-системы

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) в сочетании с SCADA-системами играют ключевую роль в централизованном управлении технологическим процессом:

– *ПЛК.* Эти устройства выполняют функции быстрого и точного управления технологическими параметрами, обеспечивая синхронизацию всех этапов производства.

– *SCADA-системы.* Позволяют собирать и анализировать данные, полученные с датчиков, а также визуализировать состояние производственной линии в режиме реального времени. Это дает возможность оперативно принимать решения по корректировке технологического процесса.

3.3 Роботизированные манипуляторы

В автоматизированных линиях производства широко применяются роботизированные манипуляторы для выполнения следующих задач:

- Загрузка и выгрузка заготовок.
- Точная укладка армирующих материалов.
- Контроль качества на выходе с производственной линии. Эти системы значительно снижают вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, и повышают общую производительность.

4. Экономическая эффективность автоматизации производства экстерьерных элементов

Внедрение автоматизированных систем в производство элементов экстерьера сельскохозяйственной техники оказывает значительное влияние на экономическую эффективность предприятия.

4.1 Снижение себестоимости продукции

Автоматизация позволяет значительно уменьшить долю брака и оптимизировать расход сырья:

- *Минимизация дефектов.* Системы автоматического контроля обеспечивают постоянное соблюдение технологических параметров, что снижает количество изделий с дефектами.
- *Оптимизация использования материалов.* Автоматизированное дозирование смолы и армирующих волокон позволяет минимизировать излишки, что напрямую влияет на снижение затрат на сырье.
- *Энергосбережение.* Точное управление технологическим процессом приводит к сокращению времени работы оборудования и снижению энергозатрат.

4.2 Увеличение производственной мощности

Благодаря автоматизации технологический цикл существенно сокращается:

- *Скорость производства.* Роботизированные линии способны работать круглосуточно без перерывов, что повышает выпуск продукции.
- *Снижение времени простоя.* Автоматизированные системы оперативно устраняют возникшие отклонения, сокращая время простоя оборудования.
- *Масштабируемость.* Легкость интеграции новых модулей автоматизации позволяет быстро адаптироваться к росту производственных требований.

4.3 Повышение качества изделий

Стабильный технологический процесс и точный контроль параметров приводят к:

- *Увеличению прочности и долговечности изделий.* Однородное распределение армирующих элементов и минимизация дефектов способствуют улучшению механических характеристик.
- *Снижению вариативности продукции.* Автоматизированное управление обеспечивает воспроизводимость изделий, что повышает их конкурентоспособность на рынке.
- *Улучшение внешнего вида.* Точные технологические процессы позволяют добиться высокой эстетики внешнего оформления, что особенно важно для брендинга и рыночного успеха продукции.

4.4 Оптимизация трудовых ресурсов

Автоматизация снижает зависимость производства от квалификации персонала:

– *Сокращение ручного труда.* Использование роботизированных систем позволяет перераспределить задачи на более высокотехнологичные процессы.

– *Снижение риска ошибок.* Автоматизированные системы минимизируют влияние человеческого фактора, что ведет к снижению количества производственных ошибок.

– *Увеличение эффективности управления.* Централизованные системы контроля позволяют оперативно реагировать на изменения в производственном процессе, что способствует повышению общей эффективности предприятия.

5. Заключение

В статье рассмотрены современные подходы к автоматизации производства элементов экстерьера сельскохозяйственной техники с использованием полимерных композитов. Применение методов вакуумной формовки, контактного формования и RТМ-инфузии в сочетании с современными системами автоматического управления позволяет существенно повысить качество готовой продукции, снизить производственные затраты и обеспечить высокую конкурентоспособность изделий на рынке. Дальнейшие исследования направлены на развитие интегрированных систем контроля и оптимизации технологических процессов, что будет способствовать дальнейшему совершенствованию производства в машиностроительной отрасли.

Список литературы

1. Шоль Н.Р., Люосев В.Д., Иконникова Л.Я., Прохоров В.Ю. Применение современных материалов для изготовления и ремонта деталей машин. – Ухта: УГТУ, 2004. – 251 с.
2. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учебное пособие. – М.: МАДИ, 2016. – 264 с.
3. Farhang L. Void Evolution during Processing of Out-of-Autoclave Prepreg Laminates: Ph.D. thesis. – Canada: University of British Columbia. – 2014.

Сведения об авторе:

Касимов Руслан Михайлович – аспирант, ведущий инженер.