

60%) спостерігається значне коливання кількості сипкого матеріалу, що призводить до спустошення бункерів і переривання подачі компонентів шихти до аглострічок. Тому для таких підприємств буде доцільно розглянути інші види розподільних пристроїв та режими завантаження приймальних бункерів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пазюк М.Ю. Управление поточно-транспортными системами железорудных материалов [Текст]/М.Ю. Пазюк, А.А. Полищук. – Запорожье: РИО ЗГИА, 1995. – 120 с.
2. Пожуев В. И. Анализ закономерностей движения сыпучих материалов в разветвляющихся поточно-транспортных системах / В. И. Пожуев, Ю. М. Пазюк // Збірник наукових праць “Металургія”. – Запоріжжя: ЗДІА, 2002. - Вып. 6. - С. 14 – 20.

УДК 62-9 : 681.2

## ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТРЕБОВАНИЙ К СТАНКУ С ЧПУ ДЛЯ ПЕЧАТИ ЖИДКИМИ ПОЛИМЕРАМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

И.Ю. Никулин<sup>1</sup>, В.А. Углев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сотрудник компании «Скай технолоджи», г. Железногорск, Россия, e-mail: [DeLengeR@ya.ru](mailto:DeLengeR@ya.ru)

<sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Железногорск, Россия, e-mail: [uglev-v@yandex.ru](mailto:uglev-v@yandex.ru)

**Аннотация.** Описаны возможности использования жидких полимеров при изготовлении печатных плат и способы нанесения покрытий. Рассматривается система требований к автоматизированной программно-аппаратной системе (станок с ЧПУ), позволяющей трассировать печатные платы.

**Ключевые слова:** полимер, печатная плата, автоматизация, станок с ЧПУ, печать, требования.

## FORMING SYSTEM REQUIREMENTS FOR PRINTING CNC MACHINES BY LIQUID POLYMER FOR PCB MANUFACTURING

Igor Nikulin<sup>1</sup>, Victor Uglev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>An employee of the “Sky Technology” company, Zheleznogorsk, Russia, e-mail: [DeLengeR@ya.ru](mailto:DeLengeR@ya.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., associate professor, Federal State Autonomous Educational Institution Higher Education “Siberian Federal University”, Zheleznogorsk, Russia, e-mail: [uglev-v@yandex.ru](mailto:uglev-v@yandex.ru)

**Annotation.** Possibilities of use of liquid polymers in the manufacture of printed circuit boards, and coating methods. The system requirements for automated hardware and software system (CNC), which allows to trace the printed PCBs are described.

**Keywords:** *polymeric material, printed-circuit board (PCB), automatization, numerical control machine (CNC), printing, requirements.*

**Введение.** Снижение себестоимости продукции и повышение производительности процессов её изготовления являются в промышленности сложной и многогранной проблемой. При производстве микроэлектроники и приборов широко применяются композиционные материалы. Доминирующим направлением в современном полимерном материаловедении является создание композиционных материалов на базе вновь синтезированных, а также путем модификации уже освоенных промышленностью жидких полимеров [1]. Рассмотрим вопрос применения жидких полимеров при изготовлении печатных плат на базе экономичных станков с числовым программным управлением (ЧПУ) производства фирмы «Скай Технолоджи» ( ).

Полимеры, как материал, обладают совокупностью специфических свойств, основными из которых является эластичность и низкая температура плавления. Если говорить о растворах полимеров, то они характеризуются высокой вязкостью раствора при малой концентрации полимера. Одним из важнейших технологических методов управления характеристиками поверхностного слоя изделий является нанесение сплошных или выборочных покрытий (включая полимерные) на функциональные поверхности изделий. Виды покрытий: защитно-декоративные лаковые покрытия («паяльная маска»); декоративно-информационные покрытия (маркировка); лужение проводников; химические, иммерсионные или гальванические покрытия фольги проводников; покрытие токопроводящими лаками. После монтажа печатных плат возможно нанесение дополнительных защитных покрытий, защищающих как саму плату, так и пайку и компоненты. Физические процессы, обеспечивающие нанесение полимеров на изделие, можно разделить на следующие основные группы: процессы трения различных тел и сред друг о друга; адгезионные и когезионные процессы; химические и электрохимические процессы; диффузионные процессы; термические процессы [2]. На поверхность платы полимер можно нанести одним из следующих способов:

- нанесение твёрдых полимеров с помощью лазера;
- нанесение жидких фоторезисторов и паяльной маски с использованием полуавтоматической установки;
- нанесение тонера (порошка, используемого при печати в лазерных принтерах) с какой-либо подложки на печатную плату с последующим прогревом;

- ручное нанесение.

Перенос полимера на поверхность изделия – не единственная сложность отработки технологии создания печатных плат. Как показывает практический опыт, для нанесения полимерных покрытий пригодным оказывается весьма небольшое число полимеров. Существующие решения, в основном ориентированы на сплошное покрытие поверхности изделий, что не экономично. Кроме того, стоимость применяемых полимеров, например контурных эмалей Maxlead, достаточно высока.

**Цель работы.** Сформулируем цель исследования: необходимо создать систему требований, которые лягут в основу технического задания на автоматизированную систему (станок с ЧПУ) и технологию трассировки печатных плат с использованием жидких полимеров.

**Материал и результаты исследований.** Для формирования требований к технологии и программно-аппаратному комплексу будем опираться на более чем десятилетний опыт компании «Скай Технолоджи» в области создания станков с ЧПУ для нанесения покрытий (рисунок 1) и производства декоративных красок. В частности, в настоящий момент для нанесения покрытий на стекло наша компания использует достаточно дорогие полимеры собственного производства (например, база и отвердитель Maxlead Elegant).



Рис. 1 – Станки с ЧПУ по нанесению покрытий фирмы Скай Технолоджи (модель Leopard CM 0617 слева и Luminar UV 1228 справа) [3]

Сейчас линейка оборудования, которое производит компания «Скай Технолоджи», включает 4 основных модели станков по нанесению покрытий в нескольких модификациях, а также машины для обработки стекла. В качестве направления расширения деятельности компании было решено расширить диапазон применения наших станков и остановиться на трассировке печатных плат с помощью жидких полимеров. Поэтому началась ра-

бота по синтезированию более дешевого полимера для нанесения трассировки на печатные платы. Приведём далее краткое описание технологических требований, аппаратной и программной частям станка с ЧПУ.

*Технологические требования* можно разделить на три класса:

- к свойствам наносимого полимера на поверхность печатной платы (адгезионные и когезионные, химические, физические, диффузионные, термические).

- к технологии синтеза полимера (состав, последовательность технологических операций и их длительность, и конечно же стоимостные характеристики);

- к технологии нанесения полимера на поверхность печатной платы (способы подготовки поверхности, приведение полимера к рабочему состоянию, трассировка контактных дорожек, режимы и условия фиксации полимера и, при необходимости, его последующего удаления).

Основные *требования к аппаратной части* включают:

- точность нанесения полимера;
- надёжность конструкции, соответствующей классу электроники Industrial;

- экономичность расхода полимера и потребления электроэнергии;

- транспортируемость конструкции (разборность).

В качестве базового аппаратного решения выбран станок с ЧПУ Designer DM 1425 (рисунок 2). Очевидно, что разрабатываемая модель будет компактнее, а рабочая головка адаптирована к новому виду расходного материала, т.е. к синтезированному для целей покрытия поверхности печатных плат жидкому полимеру [4]. Точность изготовления печатных плат зависит от комплекса технологических характеристик и с практической точки зрения определяет основные параметры элементов печатной платы. В первую очередь это относится к минимальной ширине проводников, минимальному зазору между элементами проводящего рисунка и ряду других параметров.

Предусматривается пять классов точности печатных плат [5], и в конструкторской документации на печатную плату должно содержаться указание на соответствующий класс, который обусловлен уровнем технологического оснащения производства [6, 7]. Для рассматриваемых задач предполагается соответствие точностных характеристик не ниже четвёртого класса.



Рис. 2 – Станок с ЧПУ Designer DM 1425 [3]

Основные *требования к программной* части станка:

- поддержка различных видов управления (позиционного, контурного и многоконтурного);
- перепрограммируемость, т.е. использование микроконтроллера, позволяющего осуществлять перепрошивку программного обеспечения;
- масштабируемость, позволяющая организовать с использованием данного станка не только единичное, но и серийное, универсальное и массовое;
- компактность, обеспечивающую скорость выполнения задач;
- удобство и интуитивно понятный интерфейс системы управления станком, а так же комплект документов (руководства различных классов пользователей);
- поддержка (экспорт) наиболее популярных графических форматов, включая программы автоматического проектирования печатных плат;
- формирование протоколов/отчётов выполнения станком задач.

Детальное описание всех указанных характеристик представлено в техническом задании на изготовление станка.

**Выводы.** Результатом работы стало формирование технического задания на станок с ЧПУ по нанесению покрытий на поверхность печатных плат жидким полимером. Приведённое выше краткое описание отдельных пунктов задания позволяет сделать ряд обобщений:

- основными акцентами в производстве печатных плат указанным способом и средствами являются технологичность (автоматизация) и экономичность;
- в качестве основы для жидкого полимера будет создано новое основание, принципиально отличающееся от контурных эмалей Maxlead;
- за конструкционную основу будет взят станок с ЧПУ Designer DM 1425.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Соснин Н.А., Тополянский П.А., Вичик Б.Л. Плазменные покрытия (технология и оборудование). – СПб. 1992. – 28 с.
2. Валетов В. А., Мурашко В.А. Основы технологии приборостроения: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006 – 180 с.
3. Официальный сайт компании «Скай Технолоджи»: режим доступа – <http://www.skyglass.ru>.
4. Никулин И.Ю. Оценка точности установки компонентов и нанесение покрытий при изготовлении печатных плат // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы VII Всероссийской конференции. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – С. 29-34.
5. ГОСТ Р 53429-2009 Печатные платы. Основные параметры конструкции. – М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.
6. Овчинников В.А., Васильев А.Н., Лебедев В.В. Автоматизация проектирования и технология производства печатных плат: Учебное пособие – Тверь: ТГТУ, 2009. – 234 с.
7. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат : учебник – М.: Форум, Инфра-М, 2005. – 560 с.

УДК 620.178

**ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ****С.А. Пахомова<sup>1</sup>, М.А. Макушина<sup>2</sup>, С.В. Коваленко<sup>3</sup>**<sup>1</sup> кандидат технических наук, доцент, e-mail: [mgtu2013@yandex.ru](mailto:mgtu2013@yandex.ru)<sup>2,3</sup> студент, e-mail: [vladisl-2013@yandex.ru](mailto:vladisl-2013@yandex.ru)<sup>1, 2, 3</sup> кафедра «Материаловедение» Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана, Россия

**Аннотация.** В работе изложено исследование технологии деформационного упрочнения и химико-термической обработки зубчатых колес горнодобывающих машин - важной научной задачи, решение которой приведет к увеличению их эксплуатационного ресурса. Тяжелонагруженные шестерни часто подвергаются воздействию значительных нагрузок, работая в постоянном контакте с загрязненной влажной атмосферой. Кроме того, они должны быть устойчивы к экстремальным изменениям температуры. Поэтому долговечность и надежность зубчатых передач имеют решающее значение для оборудования горнодобывающей промышленности.

**Ключевые слова:** зубчатые колеса, высокопрочные стали, деформационное упрочнение, газовая цементация, ионная цементация, твердость, контактная выносливость.