

УДК 681.2:004

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО НАНЕСЕНИЯ КЛЕЯ НА ПЛЕНОЧНЫЕ ШКАЛЫ

Т. В. Бувич, канд. техн. наук, А. Г. Кириллов, канд. техн. наук, В. Н. Сакевич, д-р техн. наук

Витебский государственный технологический университет (г. Витебск, 210038, Республика Беларусь; e-mail: igsakevich@yandex.ru)

Поступила в редакцию 01.07.2022

Принята после доработки 11.07.2022

Принята к публикации 04.08.2022

DOI: 10.31044/1813-7008-2022-12-10-17

Проведены экспериментальные исследования по выбору марки клея с постоянной липкостью и его концентрации. Экспериментально обоснованы материал и форма инструмента. Создана машина для автоматизированного нанесения клея на пленочную шкалу и разработано программное обеспечение к ней. Предлагаемая технология автоматизированного нанесения клея обеспечивает высокое качество фиксации пленочной шкалы на приборной панели, повышение производительности, снижение трудоемкости и материалоемкости процесса.

Ключевые слова: *автоматизированная технология, пленочные шкалы, клей с постоянной липкостью, инструмент для нанесения клея.*

Введение

Приборная шкала для различных информационно-измерительных приборов состоит из прозрачного основания из поликарбонатной пленки, на которое нанесены краски для обозначения градуировок, знаков и символов, а также для покрытия зон за их пределами. Выбор материала полимера для пленочных шкал ограничивается в основном температурными требованиями к шкале от -50 до $+125$ °С. После нанесения цветных изображений из плоского листа вырезается шкала по контуру с выполнением технологических отверстий. Эти операции автоматизированы. Далее на обратную (тыльную) сторону шкалы необходимо локально нанести клеевой слой с постоянной липкостью для крепления ее к приборной панели.

На рис. 1 представлены вид приборной панели и виды шкалы с лицевой и обратной сторон.

Операция по нанесению клея с постоянной липкостью существенно сказывается на общей производительности процесса и качестве изделия. Традиционно процесс нанесения клея на соответствующие места тыльной стороны пленочной шкалы выполнялся вручную или автоматически через трафарет [1]. Недостатками трафаретного способа являются: сложность технологической подготовки, необходимость частого воспроизводства отработанных трафаретов, короткий срок службы трафаретов (не более одной смены), необходимость изготовления шаблонов и трафаретов для каждой шкалы; необходимость разработки нового трафарета при внесении изменений в рисунок шкалы [1].

Цель данной работы — создание технологии автоматизированного нанесения клея с постоянной липкостью на пленочные шкалы и машины для ее осуществления, обеспечивающей высокое качество многоразовой фиксации пленочной шкалы на приборной панели, повышение производительности,



Рис. 1. Вид приборной панели и виды шкалы с лицевой и обратной сторон:

a — приборная панель; *б* — приборная шкала с лицевой стороны без подсветки; *в* — приборная шкала с обратной стороны с нанесенным клеевым слоем в виде отдельных пятен

снижение трудоемкости и материалоемкости процесса нанесения клея с постоянной липкостью.

Постановка задачи

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать установку для автоматизированного нанесения клея с постоянной липкостью на шкалу из поликарбонатной пленки;
- провести исследования по выбору марки клеящего состава с постоянной липкостью с адгезией более высокой к поликарбонатной пленке, чем к металлу и пленке полиэтиленовой;
- провести исследования по созданию инструмента для точечного нанесения клея с постоянной липкостью на обратную сторону пленочной шкалы на установке для автоматизированного его нанесения;
- провести исследования по подбору вязкости клея для автоматизированного его нанесения;
- разработать программное обеспечение к установке для автоматизированного нанесения клея;
- провести испытания шкал по теплопрочности по ТУ РБ 300125187.177—2002, холодопрочности по ТУ РБ 300125187.180—2002, влагуустойчивости по ТУ РБ 300125187.177—2002, вибропрочности ТУ РБ 300125187.177—2002, устойчивости к воздействию антистатика, устойчивости к воздействию топливно-смазочных материалов.

Результаты исследования

Установка для автоматизированного нанесения клея

Установка для автоматизированного нанесения клея на пленочную шкалу разработана на базе старой машины QUADRA, предназначенной для технологий поверхностного монтажа. Машина QUADRA имеет две рабочие головки. Каждая головка оснащена широким диапазоном наконечников для подъема компонентов. Максимальная рабочая площадь машины 550×420 мм. Точность, выражаемая максимальным отклонением между запрограммированным и фактическим положениями инструмента, составляет $\pm 0,10$ мм по осям *X* и *Y*. Повторяемость по осям *X* и *Y* равна $\pm 0,06$ мм. Производительность — более 4000 пятен в час. Шум, производимый машиной, составляет 65 дБА (среднее значение) и 90 дБА (кратковременное пиковое значение) на расстоянии 1 м от машины и 1,6 м от земли. Для машины требуется рабочая площадь не менее 2 м².

В конструкции установки для автоматизированного нанесения клея на пленочную шкалу были взяты от машины QUADRA вся механическая часть и система управления перемещением головки. Головка была модифицирована для нанесения клея с помощью наконечника, снабженного тампоном. Также установку дополнительно снабдили узлом вакуумного прижима пленочных шкал, специальным трафаретом для их ориентации по маркерным меткам, системой автоматической подачи и перелива клея, необходи-

мой для поддержания постоянной вязкости клея и устранения высыхания его в емкости для окунания тампона. Установка для автоматизированного нанесения клея с постоянной липкостью на пленочную шкалу получила заводское название УКЦ-008-21, а ее устройство представлено на рис. 2.

После вырезания приборную шкалу помещают в блок для автоматизированного нанесения клея с постоянной липкостью, где ее ориентируют с помощью трафарета по маркерным меткам и наносят клей на ее тыльную сторону в заданных местах с помощью тампонной печати по управляющей программе. Затем шкалы размещают в специальном сушильном шкафу на 20 мин при комнатной температуре и обдуве воздухом для ускорения испарения воды. После испарения воды на тыльной стороне пленочной шкалы получаются локальные пятна клея с постоянной липкостью. Пленочные шкалы хранят приклеенными к полиэтиленовым листам, которые собраны в виде альбома, а затем по мере востребованности шкалы переклеиваются на прибор.

Выбор марки клеящего состава и его концентрации

Для эксплуатации в специфических условиях разработаны специальные марки клеев постоянной липкости, которые устойчи-

вы к экстремальным воздействиям. Наиболее широко сейчас применяются клеи на основе водных дисперсий акриловых полимеров. Преимуществом клеев на основе водных дисперсий акриловых полимеров является их экологическая безопасность, так как в процессе нанесения и высыхания испаряется только вода. Самоклеящиеся материалы, полученные с применением водных дисперсий акриловых полимеров, имеют хорошую адгезию к шероховатым поверхностям, устойчивы к старению, УФ-облучению, термостойки [2, 3].

К клеевому соединению пленочной шкалы с приборной панелью предъявляются следующие требования:

- клей не наносится в местах расположения источников света, осуществляющих подсветку шкалы;
- клей должен быть прозрачным после высыхания;
- клеевое соединение должно обеспечивать удерживание шкалы без смещений на приборной панели в температурном диапазоне от -50 до $+125$ °С;
- вязкость клея при нанесении должна быть такой, чтобы клей хорошо смачивал поверхность пленки и хорошо распределялся по ней, создавал тонкий непрерывный слой;
- клеевое соединение с постоянной липкостью должно обеспечивать возможность

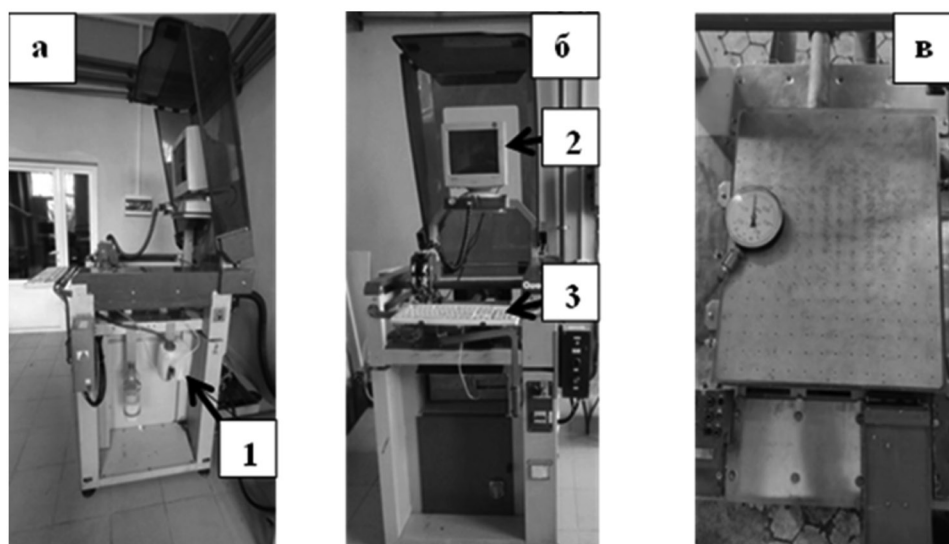


Рис. 2. Установка для автоматизированного нанесения клея УКЦ-008-21:

а — вид сбоку с системой автоматической подачи и перелива клея 1; *б* — вид спереди с монитором VGA 2 и клавиатурой 3; *в* — вид сверху на вакуумный стол

отделения шкалы от приборной панели без повреждения и ее повторное приклеивание на приборную панель без дополнительного нанесения клея.

Следует отметить, что адгезия клея с постоянной липкостью к поликарбонатной пленке должна быть выше, чем между этим же клеем и металлической основой прибора или полиэтиленового листа. При отсоединении слой клея всегда должен оставаться на поликарбонатной пленочной шкале.

Для исследований были выбраны марки клеящих составов Латакрил БМ-М [4] и Kiwoprint D159AF [5]. Сравнение и анализ клеящих составов выполнялись по техническим требованиям к клеевому соединению пленочной шкалы со стеклом приборной па-

нели, а также по условиям хранения и поставки, экологичности, безопасности при работе, стоимости и доступности приобретения.

Результаты анализа клея водно-дисперсионного Латакрил БМ-М [4]: консистенция клея для нанесения на установке УКЦ-008-21 удовлетворительная; отгрузка осуществляется при температуре от +5 до +30 °С; недостаточно регламентированных документов для введения в технический процесс.

Вывод: клей Латакрил БМ-М не подходит для эксплуатации по температурному режиму поставки.

Результаты испытаний клея для трафаретной печати на водной основе Kiwoprint D159AF в разной концентрации с водой представлены в табл. 1.

1. Результаты испытаний клея Kiwoprint D159AF

№	Концентрация разведения с водой	Результаты
1	Не разведенный	В местах взятия клея остаются устойчивые «пики», сохраняющиеся до возвращения наконечника при чередовании точек макания инструмента. Отпечаток на пленочной шкале неравномерный, не растекается. Толстый слой отпечатка, после наклейки пленочной шкалы создается неровность поверхности (бугры) в местах нанесения клея. Вязкость не позволяет работать с системой автоматической подачи и перелива
2	1:5	В местах взятия клея остаются устойчивые «пики», успевающие «опадать» до возвращения наконечника при чередовании точек макания инструмента. Отпечаток на пленочной шкале неравномерный, клей не растекается. Толстый слой отпечатка, после наклейки пленочной шкалы создается неровность поверхности (бугры) в местах нанесения клея. Вязкость не позволяет работать с системой автоматической подачи и перелива клея
3	1:4	Отпечаток на пленочной шкале неравномерный, клей не растекается. Толстый слой отпечатка, после наклейки пленочной шкалы создается неровность поверхности (бугры) в местах нанесения клея. Вязкость не позволяет работать с системой автоматической подачи и перелива клея
4	1:3	Отпечаток на пленочной шкале равномерный, клей растекается. Толстый слой отпечатка, после наклейки пленочной шкалы создается неровность поверхности (бугры) в местах нанесения клея. Вязкость не позволяет работать с системой автоматической подачи и перелива клея
5	1:2	Отпечаток на пленочной шкале равномерный, клей растекается. Допустимый слой отпечатка, после наклейки пленочной шкалы не создается неровностей поверхности в местах нанесения клея. Первоначальная вязкость позволяет работать с системой автоматической подачи и перелива клея при устойчивых мощностных характеристиках насоса, однако в процессе эксплуатации вязкость увеличивается, что увеличивает мощность подводящего насоса. Время сушки клея ≈60 мин
6	1:1	Отпечаток на пленочной шкале равномерный, клей растекается. Допустимый слой отпечатка, после наклейки пленочной шкалы не создается неровностей поверхности в местах нанесения клея. Устойчивая вязкость позволяет работать с системой автоматической подачи и перелива клея, мощность насоса не нуждается в регулировке. Время сушки клея ≈20 мин

Вывод: клей Kiwoprint D159AF, разведенный с водой в соотношении 1:1, подходит для эксплуатации на установке УКЦ-008-21 для автоматизированного нанесения клея на пленочную шкалу.

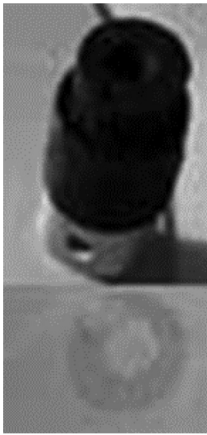
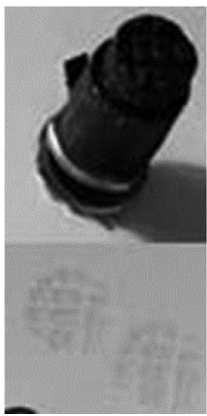
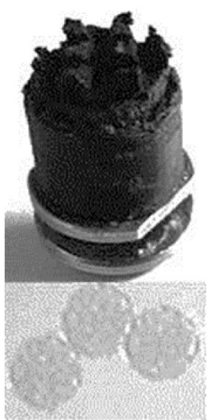
Инструмент для точечного нанесения клея

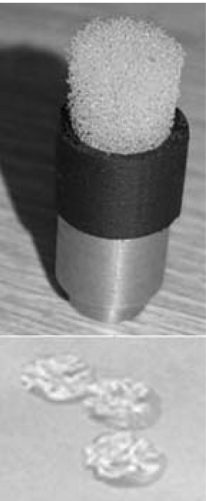
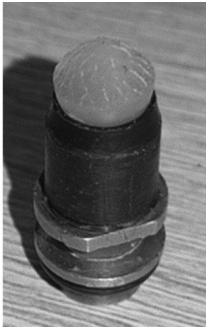
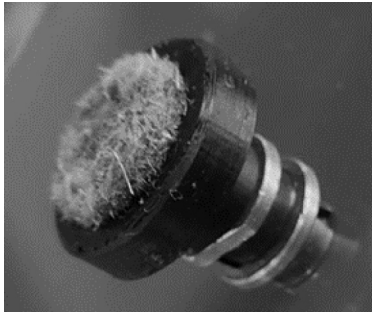
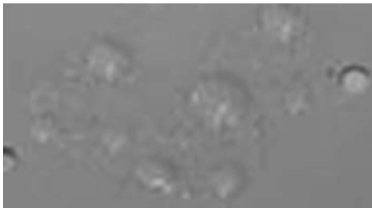

Результаты исследований по созданию инструмента для точечного нанесения клея

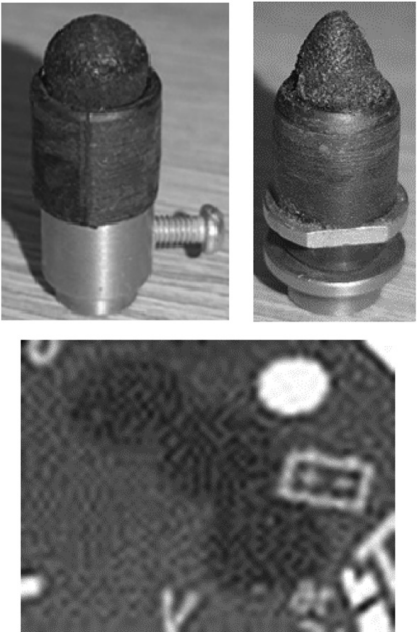
на обратную сторону пленочной шкалы на установке для автоматизированного нанесения клея сведены в табл. 2.

Вывод: насадки, изготовленные из пористой резины ТУ 38105867—90, предпочтительнее для бесперебойной работы с клеем Kiwoprint D159AF на установке УКЦ-008-21 для автоматизированного нанесения клея на пленочную шкалу. Причем насадка из по-

2. Результаты исследований инструмента для нанесения клея

№	Материал и форма насадки инструмента	Вид насадки и клеевого отпечатка	Вывод
1	2	3	4
1	Пористая резина ТУ 38105867—90 с отверстием в центре		Насадка совместима с клеем Kiwoprint D159AF и установкой УКЦ-008-21. Отпечаток четкий. Слой равномерный
2	Техпластина ТМКШ ГОСТ 7338—90 3 мм с сетчатым рифлением		Насадка совместима с клеем Kiwoprint D159AF и установкой УКЦ-008-21. Отпечаток четкий. Слой равномерный
3	Пористая резина ТУ 38105867—90 с сетчатыми насечками		Насадка совместима с клеем Kiwoprint D159AF и установкой УКЦ-008-21. Отпечаток четкий. Слой неравномерный

1	2	3	4
4	Поролон 10 мм ТУ 2254-001-70465083— 2016		Насадка совместима с клеем Kiwoprint D159AF и установкой УКЦ-008-21. Клей набирает хорошо. Отпечаток четкий. Короткий срок службы насадки. Слой неравномерный
5	Тутан euro-line герметик силиконовый универсаль- ный, груша		Насадка не совместима с клеем Kiwoprint D159AF и установкой УКЦ-008-21 (насадка не набирает клей)
6	Войлок ГФ10 ГОСТ 6418—81 плоская		Насадка не совместима с клеем Kiwoprint D159AF и установкой УКЦ-008-21 (не набирает клей, оставляет ворсинки войлока). После обжигания насадка становится черной, не оставляет ворсинки, но оставляет черный отпечаток на заготовке
7	Войлок ГФ10 ГОСТ 6418—81 в виде кисточки		Отпечаток четкий. Слой неравномерный, каплевидный
8	Вакуумная резина ТУ 38.105116—81, твердая сфера и твердый конус		Насадки не совместимы с клеем Kiwoprint D159AF и установкой УКЦ-008-21 (материал жесткий, из-за защиты QUADRA от поломки инструмента после первого отпечатка автоматически меняется высота прижима к столу)

1	2	3	4
9	Пористая резина ТУ 38105867—90, мягкая сфера и мягкий конус		Насадки совместимы с клеем Kiwoprint D159AF и установкой УКЦ-008-21. Отпечаток четкий. Слой клея равномерный. Насадка мягкий конус имеет возможность регулировки диаметра отпечатка

ристой резины «мягкий конус» более универсальна для работы, так как благодаря своей форме позволяет программным путем регулировать толщину слоя наносимого клея и диаметр отпечатка на пленочной шкале в зависимости от глубины погружения в ванну с клеем и уровня опускания к рабочему столу с пленочными заготовками шкал.

Заключение

Результатом работы является создание автоматизированного рабочего места для нанесения клея с постоянной липкостью на пленочные шкалы, вид которого представлен на рис. 3.

Разработана технология автоматизированного нанесения клея с постоянной липкостью на обратную сторону пленочной шкалы.

Разработана установка УКЦ-008-21 для автоматизированного нанесения клея с постоянной липкостью на обратную сторону пленочной шкалы на базе машины QUADRA.

По результатам исследований выбрана марка и концентрация клея с постоянной липкостью, предложен материал и форма инструмента для нанесения клея на пленочную шкалу.

Разработано программное обеспечение к установке для автоматизированного нанесения клея.

Изготовленные по разработанной технологии шкалы выдержали испытания по теплопрочности, холодопрочности, влагоустойчивости, вибропрочности, устойчивости к воздействию антистатика, устойчивости к воздействию топливно-смазочных материалов.

Предлагаемая технология автоматизированного нанесения клея обеспечивает высокое качество фиксации пленочной шкалы на приборной панели, повышение производительности, снижение трудоемкости и материалоемкости процесса.



Рис. 3. Автоматизированное рабочее место для нанесения клея на пленочные шкалы

Разработан способ изготовления пленочной шкалы на основе современных цифровых технологий и автоматизированная линия для его осуществления, включающая участок нанесения слоистых систем на струйном принтере с УФ-отверждением, участок механической резки по контуру на режущем плоттере, участок автоматизированного нанесения клея [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Потапов Ю., Потапова У.** Мир трафаретной печати: Практическое пособие. М.: ООО «Гелла-Принт», 2001. 112 с.
2. **Вильнав Ж.-Ж.** Клеевые соединения. М.: Техносфера, 2007. 384 с.
3. **Сафина З.И., Богатеев Д.Г., Казанская Л.И.** Технология склеивания изделий из композиционных материалов. Казань: Издательство КНИТУ, 2014. 150 с.
4. **Клей ЛАТАКРИЛ БМ-М** — назначение, способ применения. Режим доступа: http://alfa-sintez.com/klei_latakriil-bm-m.html (дата доступа 14 марта 2022).
5. **Клей KIWOPRINT D 159 AF.** Режим доступа: https://www.spmachine.ru/assets/kiwoprint_d_159.pdf (дата доступа 14 марта 2022).
6. **Патент** Республики Беларусь на изобретение № 23357 от 25.07.2019 г. Способ изготовления приборной шкалы и автоматизированная линия для его осуществления. В.И. Колпаков, В.С. Зиновенко, А.Г. Кириллов, В.Н. Сакевич.

Уважаемые авторы!

Со второго полугодия 2018 г. (с № 7/2018) статьям, опубликованным в научных журналах ООО «НиТ», на основании договора с фирмой Crossref/NEICON присваивается индекс DOI.

Загрузку метаданных статьи в базу Crossref осуществляет сам автор по инструкции, приведенной на сайте <http://elpub.ru>. Необходимые для загрузки дополнительные данные и инструкции редакция передает автору по e-mail после выпуска очередного номера журнала.

Загруженный в Crossref индекс DOI следует указывать при цитировании статьи в списках литературы.