

Роботизация, автоматизация, цифровизация, Industry 4.0... Эти понятия, которые сегодня отражают актуальные тренды развития конкурентоспособного предприятия, которым является компания НПО «СтарЛайн», вовсе не отрицают определяющую роль человеческого фактора. Виртуальная экскурсия по производственным площадкам компании, проведенная на страницах журнала, наверняка будет полезной заинтересованному читателю, чтобы сравнить полученную информацию с постановкой дела на собственном производстве и сделать выводы.



Автоматизированное литьевое производство изделий из пластмасс НПО «СтарЛайн»

Люди и роботы: технологическая симфония

В. В. Клесова, НПО «СтарЛайн»

(Окончание. Начало в ПМ № 1 2020)

1. От идеи до готового продукта.
2. Когда к процессам литья подключены роботы.
3. Как правильно подготовить сырье.
4. Компаундер с широкими возможностями.
5. Задачи испытательного центра.
6. Испытания полимерных изделий.
7. Нюансы постобработки готовых изделий.
8. Высокие мощности при низком энергопотреблении.
9. Где изготавливается технологическая оснастка.
10. Секрет качественной формы.
11. За всеми автоматизированными процессами стоит... человек.

Заключение.

3. Как правильно подготовить сырье

На участке подготовки и загрузки сырья в литьевые машины все материалы проходят, в частности, обязательную сушку, необходимую для удаления из них остаточной влаги и, соответственно, выпуска качественной продукции (рис. 3). А перед тем как попасть в сушилки, материалы растариваются в контейнеры, оборудованные автоматическими замками.

На каждом контейнере – штрихкод, как и на мешках с сырьем. Когда запускается серийное производство, и оператору нужно пополнить контейнер с сырьем, система сначала проверяет, действительно ли это тот самый материал, который нужен для данного изделия. Для этого она сверяет штрихкод мешка с сырьем и штрихкод на контейнере. Если маркировки совпадают,

замок контейнера автоматически открывается и туда добавляется необходимый материал. При использовании новых материалов штрихкоды меняются, а машина перепрограммируется. Это помогает избежать ошибок при загрузке сырья.

Из контейнеров материал автоматически попадает в сушилки. Здесь в течение определенного периода времени при заданной температуре из него испаряется лишняя влага, а дальше он автоматически попадает в гравиметрические дозаторы, где к основному материалу добавляются (при необходимости) различные добавки. Гравиметрические дозаторы позволяют смешивать до четырех различных компонентов с высокой точностью дозирования – до 0,02 % каждого из компонентов.



Рис. 3. Автоматизированная модульная кросс-система сушки, гравиметрического дозирования и загрузки сырья от компании Koch-Tecnik (Германия)



Рис. 4. Компаундер модели ZSE 27 MAXX (а) и линия на его основе с ванной подводного гранулирования (б)

4. Компаундер с широкими возможностями

НПО «СтарЛайн» обладает широкими возможностями в области изготовления высококачественных смесей из различных полимеров и добавок благодаря линии на базе двухшнекового компаундера модели ZSE 27 MAXX от фирмы Leistritz (Австрия). Задача этой линии – автоматизированное приготовление компаундов с особыми свойствами (светорассеивающих, антистатических, огнестойких и др.) (рис. 4).

Зачастую такие компаунды изготавливают вручную, механическим способом. Однако расчет «на глазок» может привести к таким последствиям, как неоднородность материала. У машины же «глаз» точный: компаунды получаются однородными и высококачественными.

Автоматическое компаундирование дает возможность использовать в составе полимерного материала сложные и уникальные ингредиенты. К примеру, сложную добавку, которая позволяет наносить на изделия лазерную маркировку при их постобработке. На полимерном производстве НПО «СтарЛайн» установлена машина для лазерной маркировки, с помощью которой в ходе производственного цикла на изделие наносится различная информация: цифры, штрихкоды, QR-коды, даты производства и многое другое. Также лазерная маркировка применяется для нанесения на полимерное изделие специальных надписей (для стандартных маркировок используются знаки в формах). Для этих целей материал должен быть восприимчив к лазерному излучению, однако далеко не все полимеры «дружат» с лазерным излучением, т.е. не поглощают его. Например, если нанести лазерную маркировку на изделия из полиэтилена или полипропилена, на них практически ничего не будет заметно. АБС-пластики, которые используются на производстве НПО «СтарЛайн», тоже бывают в этом отношении «капризны». Поэтому в состав смесей добавляют специальный компонент, который делает изделие хорошо восприимчивым к воздействию лазера. Эта добавка вводится в смесь в очень маленьком количестве (0,1–0,2 %), поэтому ее сложно перемешать и равномерно распределить по объему материала, используя обычные методы. Как следствие, приходится увеличивать ее количество, но при этом растет стоимость конечного продукта... Компаундер ZSE 27 MAXX позволяет производить высококачественные смеси и экономить ресурсы, снижая себестоимость конечного продукта. Вместе с тем

этот компаундер может приготавливать смеси с очень большим содержанием добавок. Например, чтобы повысить огнестойкость изделий, в полимерную смесь нужно ввести порядка 30–40 % антипирена.

Сегодня интерес к полимерным компаундам очень велик и у контрактных заказчиков НПО «СтарЛайн». Еще до поступления на производство нового компаундера уже было зарезервировано 50 % его мощности! Дело в том, что большинство производителей компаундов ориентированы на масштабные выпуски достаточно простых композиций, например, просто окрашенных в черный цвет. Здесь же планируют уникальные сложные компаунды, которые требуются в сравнительно небольших количествах – 100, 200 или 500 кг. Примером служит заказ на компаунды для производства светорассеивающих светильников. Для них в полимер вводится специальная добавка, которая должна быть распределена очень равномерно, чтобы свечение было одинаковым на каждом участке изделия.

Вот что рассказывает по этому поводу ведущий инженер производства НПО «СтарЛайн»: «Чтобы использовать весь огромный потенциал двухшнекового компаундера ZSE 27 MAXX, мы провели для сотрудников полимерного производства практический семинар, на который пригласили поставщиков оборудования и технических специалистов. Поскольку это оборудование стоит достаточно дорого, очень важно, чтобы каждый специалист максимально хорошо понимал принципы его работы и ответственно относился даже к малейшим техническим неполадкам, возникающим в процессе его эксплуатации. Поскольку именно человеческий фактор в виде небрежного, халатного обращения с оборудованием может способствовать тому, что оно надолго выйдет из строя. В ходе обучения наши специалисты из первых рук узнали об устройстве компаундера, какие элементы в него входят, какими он обладает возможностями, как правильно его эксплуатировать, настраивать режимы, калибровать. Такая работа проводится всегда, когда наша компания приобретает новое оборудование».

5. Задачи испытательного центра

В испытательном центре НПО «СтарЛайн» проводятся подбор, тестирование и производство собственных рецептур смесей для производства полимерных изделий с заданными характеристиками, включая морозо- и огнестойкость, ударную прочность и др.

Например, год назад в компании начали производить корпуса для основных блоков охранных комплексов StarLine с непрозрачной, но пропускающей свет поверхностью. Таким образом, пользователи оборудования StarLine видят светодиод только тогда, когда он загорается. Задача состояла в том, чтобы ввести краситель в смесь в таком объеме, чтобы он не закрасил прозрачный материал полностью.

Разрабатывает испытательный центр и свои рецептуры для лазерной маркировки, а также для получения антистатических пластиков, аналогов которым нет сегодня в России. У производимых на других предприятиях ложементов способность снятия накапливаемого статического электричества или его ненакопления пропадает примерно через полгода. Добавка, используемая в рецептуре НПО «СтарЛайн», гарантирует более пяти лет сохранения антистатических свойств на нужном уровне.

Добиваться таких результатов помогает в том числе и сырьевая составляющая. Сырье при придании ему таких свойств очень чувствительно к условиям переработки, и поэтому вопрос качества в испытательном центре решали, начиная с поставщика сырья и производства листов для ложементов с антистатическими свойствами. А вопросу качества на производстве НПО «СтарЛайн» уделяется пристальное внимание: используется только то сырье, которое соответствует всем необходимым технологическим требованиям. Измеряются показатель текучести расплава (ПТР), плотность и влагосодержание смесей.

ПТР материала определяется на пластометре Zwick Mflow (рис. 5). Сотрудники центра производят отбор материала, задают на этом приборе требуемую температуру и устанавливают испытательный вес. Полученные данные сравниваются с характеристиками сырья, которые указаны в паспорте качества. Если результаты испытания соответствуют требуемым нормам и указанным характеристикам, сырье запускается в производство. Если нет – составляется рекламация поставщику, а далее совместно с ним принимается решение о последующих корректирующих действиях.

Еще одна интересная установка – спектрофотометр – помогает определить оттенок цвета материала в точных численных значениях. Например, заказчик приносит образец определенного оттенка синего цвета

и хочет, чтобы производитель повторил этот цвет в изделии. Все люди различают цвета по-разному. На это влияют и угол обзора, и освещение. Да и сам процесс восприятия цвета крайне субъективен. Чтобы полностью повторить запрос, нужны координатные данные. Спектрофотометр же обеспечивает объективную оценку оттенка с точностью в 30 раз выше, чем человеческое зрение. Также он позволяет измерить прозрачность, глянец, светопропускание объекта контроля. Такой набор параметров позволяет производить изделие с точно заданными цветовыми характеристиками.

6. Испытания полимерных изделий

Предположим, изготовлен брелок. Как понять, при каких максимально низких или высоких температурах он будет работать? Какую силу давления могут выдержать его кнопки? Какими будут его ударная прочность и износостойкость? На все эти вопросы отвечают специалисты испытательного центра, которые исследуют физико-механические и эксплуатационные свойства изделий из пластмасс. Измерения производятся на высокоточном испытательном оборудовании таких ведущих поставщиков, как немецкая компания Zwick и американские компании Taber и X-Rite.

Все испытательное оборудование предназначено для тестирования именно готовых изделий. В чем заключаются преимущества такого подхода? Во многих лабораториях испытывают стандартные образцы – делают так называемые пробники или, иначе, «образцы-свидетели» из разных используемых материалов. Но в этом случае результатом является информация о сырье, а не о конкретном изделии. В испытательном центре тестируют готовый продукт. Например, тестирование того же готового брелока позволяет проверить его свойства и «реакцию» на воздействия внешней среды.

Стойкость изделий к истиранию и царапанью проверяются на линейном абразиметре Taber. Например, выдержит ли все тот же пластиковый брелок взаимодействии с ключами, монетами?

Испытательная система для определения теплостойкости изделия позволяет оценить верхнюю температурную границу его эксплуатации. Допустим, какую температуру выдержит пластиковый корпус цифрового реле или основной блок охранного комплекса, находящийся в подкапотном пространстве автомобиля. По этому параметру можно оценить, как будет вести себя изделие рядом с источником тепла, на солнце, в нагретой жидкости. Будет ли оно деформироваться при воздействии температуры или механической нагрузки. Эта испытательная система замечательна тем, что позволяет проводить испытания по двум стандартам – по методу Вика и методу определения деформационной теплостойкости (HDT).

Также в центре есть универсальная испытательная машина, на которой изделия тестируются на сжатие, растяжение, изгибы, проколы. С ее помощью можно определить коэффициент трения полимерного изделия о любую поверхность, прочность клеевого или сварного соединения. И все это с очень высокой точностью – до 0,1 Н, что сравнимо с усилием легкого касания пальцев.



Рис. 5. Пластометр Zwick Mflow в испытательном центре НПО «СтарЛайн»



Рис. 6. Метод «раскаленной иглы» помогает проверить огнестойкость и пожаростойкость полимерного изделия

Маятниковый копер позволяет измерять ударную прочность. С помощью климатической камеры изделия замораживаются до температуры от -20 до -40 °С, а далее проводятся испытания на удар. Полученный результат позволяет оценить возможность использования изделия при низких температурах.

Испытание «раскаленной иглой» помогает проверить огнестойкость и пожаростойкость пластика (рис. 6). На установке с точностью в 1 °С задают температуру в диапазоне до $+750$ °С. Затем на изделие воздействует раскаленная игла. Если в течение 30 с происходит самозатухание, то изделие считается огнестойким, в противном случае – пожароопасным при установленной температуре.

И это лишь основные виды испытаний готовых полимерных изделий. Также в испытательном центре НПО «СтарЛайн» проводятся автоматические тестирования на сжатие в широком диапазоне температур и нагрузок, определение стойкости к растворителям и даже к человеческому поту. Все испытания проводятся по высоким стандартам качества ГОСТ, ISO, ASTM. Для проведения специальных и нестандартных испытаний коллектив центра разрабатывает, создает и патентует собственные методики, проектируя и изготавливая необходимую оснастку. Также проводятся исследования по улучшению качества изделий.

7. Нюансы постобработки готовых изделий

Ранее уже говорилось о том, что лазерные технологии используются на производстве НПО «СтарЛайн» для маркировки продукции. Но это не единственная сфера их применения. Также с помощью лазера производится щадящая обработка готовых изделий, например, когда необходимо очень аккуратно отрезать литник у отливки. Скажем, если он расположен на стекле брелока, которое является видовым изделием. Механическая постобработка в данном случае может повредить внешний вид стекла, а лазер позволяет все сделать без сколов, растрескиваний и прочих дефектов. Благодаря лазеру, постобработка изделия производится быстро и в без вреда для изделия, что обеспечивает стабильно высокое качество конечного продукта.

А еще производство компании оснащено оборудованием Concentra C-90-4 фирмы Tamproprint (Италия) для тампопечати с высокой точностью и производи-

тельностью. В процессе тампопечати на полимерное изделие наносятся различные рамки, надписи, изображения и т.д. Процесс этот также максимально автоматизирован и позволяет нанести на изделие за короткий промежуток времени до четырех цветов одновременно.

В России аналогичное оборудование вряд ли еще найдется. Обычно используется одноцветная (95 %), максимум – двухцветная тампопечать. В основном это делается для того, чтобы в одном цикле наносить два разных рядом находящихся изображения. Например, черная рамка и белая надпись. Многоцветные машины требуют больше операций по настройке, поэтому выше и требования к квалификации персонала. Как правило, на предприятиях устанавливается несколько одноцветных машин, на которые вручную переключают изделия: сначала напечатали черное, переложили на другую машину – добавили белое. На производстве НПО «СтарЛайн» ручных операций не требуется. До четырех разных цветов наносятся в одном цикле. Так, если на обычном производстве стекло для брелоков StarLine (одну штуку) будут печатать порядка 40 с, то здесь это займет 15 с. При крупносерийном производстве такая разница даст существенный экономический эффект.

Concentra C-90-4 работает полностью самостоятельно. Изделие проходит шесть станций, на которых производятся загрузка; специальная обработка, увеличивающая стойкость изображения; нанесение изображения; сушка и разгрузка. Также есть станция для промежуточной технической стадии.

Сейчас группа автоматизации НПО «СтарЛайн» работает над тем, чтобы сделать процесс тампопечати еще более производительным. Появится роботизированный конвейер, который будет подавать на машину для тампопечати полуфабрикаты и забирать готовые изделия. Таким образом, весь этот процесс станет полностью автоматическим. Сотрудникам останется только поднести к конвейеру контейнер с полуфабрикатами и забрать с него контейнер с готовыми изделиями. Производительность тампопечати при этом составит порядка 1000 изделий в час.

8. Высокие мощности при низком энергопотреблении

При столь высоком уровне автоматизации производственных процессов, разумеется, возникает вопрос: каковы энергозатраты всего этого высокотехнологичного оборудования? Все литьевые машины – полностью электрические, с низким энергопотреблением. Для сравнения – гидравлические машины потребляют энергии примерно на 30 % больше.

Для эффективного охлаждения литьевых форм и получения качественной продукции на кровле производственного здания установлены фрикулеры, обеспечивающие охлаждение рабочей среды за счет направленных потоков атмосферного воздуха. Традиционно на производствах используют чиллеры, что также является энергозатратным процессом. Большую часть года в наших климатических широтах прохладно, так что фрикулер – отличный вариант. А для жаркого периода времени на фрикулерах предусмотрена дополнительная система орошения, которая позволяет

поддерживать необходимую температуру охлаждения при повышении температуры на улице.

К каждой литьевой машине подключены термочиллеры, которые позволяют поддерживать температуру формы вплоть до +110 °С. При таком широком диапазоне температур можно переработать большой спектр полимерных материалов – от полиэтилена и полипропилена до конструкционных полимерных материалов.

9. Где изготавливается технологическая оснастка

Формы для литья под давлением и прессования изделий проектируются и производятся здесь же, в НПО «СтарЛайн» (рис. 7–8). Ранее их изготавливал инструментальный участок, расположенный в цехе литья. С ростом мощностей производство форм постепенно расширялось и недавно переехало в большое помещение, подготовка которого велась в соответствии с самыми лучшими мировыми стандартами качества. Например, фундамент здания сделан по стандартам ведущих японских производителей – с двойным армированием и толщиной в 60 см, чтобы чувствительное к посторонним колебаниям оборудование работало с максимальной точностью для получения высококачественных изделий. Внутри здания – современные высокотехнологичные системы кондиционирования, вентиляции, энергоснабжения, передвижные стеллажи для готовой продукции и лифтовый модуль. Все рассчитано на ресурсоэффективность и снижение энергозатрат.

Производство специализируется прежде всего на формах для изготовления корпусных пластиковых деталей для электронной продукции. По заказу НПО «СтарЛайн» изготавливаются формы для корпусных деталей охранно-телематических комплексов, брелоков, меток, реле. Вместе с тем порядка 80 % мощностей производства планируется занять выполнением заказов по контракту со сторонними предприятиями. В настоящее время для контрактных заказчиков изготавливаются формы для технических изделий – например, для корпусов электроники. Реализован проект по изготовлению корпусов квадрокоптеров, шоу с участием которых было показано в начале августа 2019 г. в Москве, на юбилейной выставке ВДНХ. Есть примеры изготовления и модернизации оснастки для литья хо-

зяйственно-бытовых товаров, таких как бутылки, канистры. На производстве отмечают, что общая тематика запросов от контрактных заказчиков весьма обширна, как, собственно, и возможности производства форм НПО «СтарЛайн».

Здесь могут выпускать формы для пластиковых упаковок, автокомпонентов, оптических элементов, сложных технических деталей и многое другое. Поскольку для литья изделий из пластика в НПО «СтарЛайн» используются литьевые машины с очень широким спектром технических характеристик, то еще одно направление производства литьевых форм – обеспечение необходимой технологической оснастки для загрузки этого оборудования.

Для изготовления ответственных деталей форм используются высококачественные легированные стали, поставляемые из Европы. А для форм, на которых изготавливаются прототипы изделий, применяются алюминиевые сплавы. Примечательная особенность производства заключается в том, что здесь изготавливают как простые, так и достаточно сложные формы, содержащие большое количество мелких элементов. А реализовать это позволяет высокотехнологичное оборудование, на котором можно обрабатывать практически любые виды материалов.

10. Секрет качественной формы

Среди наиболее интересных автоматизированных и роботизированных установок для производства элементов форм можно выделить пятиосевой фрезерный центр Versa 645 Fehlmann (Швейцария), на котором осуществляется изготовление электродов из меди и графита по технологии мокрой обработки, а также стальных формообразующих вставок в формы. При традиционной сухой обработке, подразумевающей высокие температуры и интенсивные механические воздействия, медь может быть подвержена термическим остаточным деформациям, и готовые электроды получают недопустимые размерные отклонения геометрических характеристик. Графит же при сухой обработке загрязняет рабочую зону станка, сокращает ресурс подвижных частей оборудования, и обычно в итоге станок специализируется только для обработки графита. При мокрой обработке в процессе фрезерования



а

б

в

Рис. 7. Формообразующие вставки в формы требуют бережного отношения и контроля их состояния (а), а сами формы – надлежащего обращения с ними как при складировании (б), так и при монтаже на литьевой машине (в)

применяется смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), благодаря которой поверхность электродов из меди имеет заданную точность, а при обработке графита оборудование остается всегда чистым. Фрезерный станок позволяет без затрат времени переходить на обработку любого другого типа материалов.

На электроэрозионных копировально-прошивных станках EA12V Mitsubishi (Япония) осуществляется прошивная электроэрозионная обработка изделий. Как правило, здесь выполняются мелкие элементы сложного формообразования, а также структурирование различного типа видовых частей изделий.

Еще одна интересная установка – робот EROWA Comrast 80 (Швейцария) с двумя магазинами универсальных паллет, рассчитанных в общей сложности на 88 ячеек заготовок электродов и деталей. Эта система объединяет используемое на производстве оборудование в единую автоматизированную ячейку, способную в автономном режиме изготавливать электроды, фрезеровать формообразующие детали и выполнять на них электроэрозионные операции. При правильно организованной работе под «руководством» управляющей программой Job Management JMS 4.0 ML комплекс может работать в круглосуточном режиме.

Станция обмера электродов и заготовок – пресеттер EROWA 2D (Швейцария) – обеспечивает точные и быстрые измерения по осям X, Y, Z и C. Результаты измерений можно передавать сразу в стойки станков, за счет чего сокращается время подготовки фрезерных и электроэрозионных работ.

Также на производстве есть контрольно-измерительная машина порталного типа Wenzel LH87 с опцией лазерного сканирования, которую используют как для выполнения ремонта оснастки при отсутствии технической документации, так и для целей реинжиниринга.

Для ремонта и восстановления деталей форм, корректировки геометрии формообразующих деталей (например, для изменения конфигурации разъемов на корпусах электроники) используется мобильный аппарат лазерной наплавки EVO Mobile Diode Line 300W компании OR-Laser (Германия). Уникальность аппарата в том, что его излучатель с диодной накачкой питается от сети 220 В, отличается экономичностью, не нуждается в водяной системе охлаждения и практически не требует обслуживания. Мобильность аппарата позволяет перемещать его при необходимости ремонта крупных форм как по цеху, так и на территорию предприятия-заказчика.

11. За всеми автоматизированными процессами стоит... человек

Казалось бы, установили, а потом запустили автоматизированное оборудование и... – «солдат спит, служба идет»? Не получится: чтобы все работало, как швейцарские часы, требуется постоянное участие человека, поскольку автоматизация производственных процессов – дело достаточно сложное, требующее учета огромного количества самых различных факторов. Тем более на таком универсальном производстве, как у НПО «СтарЛайн», где производится большое

количество уникальных изделий на заказ от других организаций.

Кроме того, использование уникального оборудования, узкая и специфичная сфера производства вызывают необходимость обучать собственные кадры. Ведь именно человек является «дирижером» этого оркестра технологий. Не секрет, что сегодня проблема большинства высокотехнологичных предприятий – недостаточность компетенций производственного персонала. Поэтому по всем направлениям деятельности компании реализуется программа по повышению квалификации сотрудников, проводятся регулярные обучения, семинары, конференции, осуществляется обмен опытом с российскими и зарубежными коллегами.

Сегодня компании нужны инженеры-технологи, конструкторы литьевых и пресс-форм и изделий из пластмасс, специалисты по оценке качества выпускаемой продукции, операторы-наладчики, инженеры по эксплуатации и многие другие. Именно силами опытных, обученных людей все механизмы работают и функционируют в соответствии с высокими стандартами качества.

Например, в НПО «СтарЛайн» есть группа по автоматизации, которая обеспечивает быстрый запуск нового производственного оборудования, устраняет непроизводственные ручные операции, а также изготавливает вспомогательное оборудование для конкретных производственных задач. Захваты для роботов, средства лазерной маркировки, автоматической обработки изделий, системы окрашивания изделий из пластмасс и многие другие вспомогательные элементы изготавливаются здесь же. Группа по автоматизации разрабатывает конструкции автоматизированных и роботизированных устройств, осуществляет их проектирование, изготовление на своих собственных станках, производит программирование контроллеров. В конструкциях устройств активно применяются детали, изготовленные на 3D-принтере. Все работы – от идеи до ее реализации – производятся в одном месте. Настоящая высокотехнологичная симфония, в которой в качестве инструментов выступают умные машины, а «дирижируют» ими опытные высококвалифицированные специалисты.

Заключение

Вот и закончилась эта виртуальная экскурсия по производству НПО «СтарЛайн». Но не зря говорят: «лучше раз увидеть...». Нет проблем: побывать на производственных площадках компании, записавшись на реальную экскурсию, может каждый желающий.

Humans and Robots: a Technological Symphony (Continued from PM No. 1 2020)

V. V. Klesova

Robotization, automatization, digitalization, Industry 4.0... These concepts show the current trends in the development of the competitive production facilities, such as ScPA StarLine. Alongside they do not deny the decisive role of the human factor. This article provides the virtual tour on the StarLine production sites. It will be useful to the interested reader for further comparison of the received information with his own production facilities. ■