

Коррекция толщины полимерных пленок в процессе их изготовления

А.Р. Смышляев, к.т.н.,

ООО «Арсенал Инжиниринг»;

Б.В. Бердышев, д.т.н., проф., МГУИЭ;

Ф. Губерман, д-р, Macro Engineering and Technology Inc. (Канада)

Одним из важнейших технико-экономических показателей качества полимерных пленок является их толщина. Все большее количество фирм, поставляющих измерительные датчики и комплексные системы коррекции толщины пленки, появляется на рынке. «В США в год устанавливается не менее сотни систем управления толщиной пленки в процессе ее производства», — сообщает Джон Вайз, представитель известной немецкой фирмы Reifenhäuser. В данной статье обсуждаются в основном системы коррекции толщины пленки, работающие по принципу «in-line», т. е. непосредственно в процессе ее изготовления.

1. Качество — это материальная субстанция.
2. Килограммы или квадратные метры?
3. Как измерить толщину пленки?
4. Как измерить разнотолщинность пленки?
5. Интерпретация и анализ данных.
6. Комплексные системы коррекции толщины пленки.

В целом в состав системы коррекции толщины (КТ) полимерных пленок входят следующие структурные элементы: датчик толщины пленки (рис. 1) — стационарного или сканирующего типа, блок управления с программным обеспечением, вырабатывающий управляющее решение в соответствии с принятым от датчика сигналом, и исполнительный механизм. В данном секторе рынка имеются фирмы, специализирующиеся на разработке и производстве отдельных составляющих системы КТ или же поставляющие ее в комплексе для конкретного применения. Известными производителями датчиков контроля толщины рукавной пленки являются фирмы Plast-Control, Kuendig, NDC, Sussex, Octagon и др.,

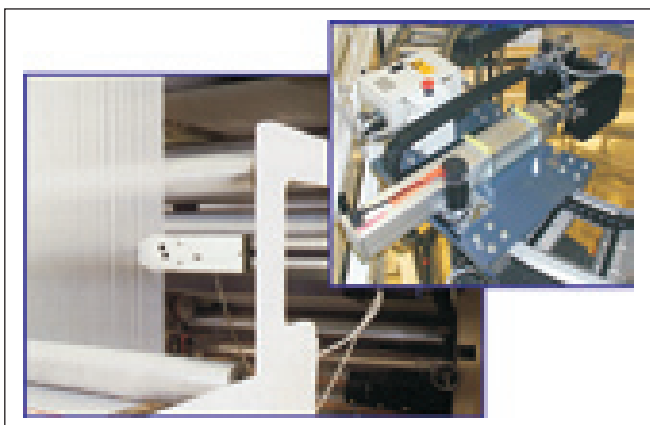


Рис. 1. Стационарный (слева) и сканирующий вокруг пленочного рукава (справа) емкостные датчики являются структурными элементами систем непрерывного контроля и коррекции толщины пленки

плоской пленки — Micro-Epsilon Messtechnik, Electronic Systems, NDC, Thermo-Fischer и др. В России датчик контроля толщины плоских пленок предлагает компания «Арсенал Инжиниринг». Большинство этих фирм поставляет и программное обеспечение для систем КТ пленки, однако они, как правило, не занимаются изготовлением исполнительных механизмов.

Комплексные системы КТ пленки поставляются либо фирмами — производителями экструзионных линий, включающими в комплект оборудования свои собственные, оригинальные системы, являющиеся, как правило, неотъемлемой частью линии («первопроходцем» среди них стала немецкая компания Windmoeller & Hoellscher (W&H), и по сей день имеющая одну из лучших систем КТ), либо компаниями, позиционирующими себя на рынке в качестве поставщиков комплексных систем КТ как производителям экструзионных линий, так и производителям пленки в целях дооснащения уже работающих линий. К таким компаниям относятся Octagon Process Technology, Plast-Control, K-Design, Addex (США) и Macro Engineering (Канада), которая помимо линий для экструзии пленок поставляет и комплексные системы КТ.

Применение систем КТ пленочной продукции, стоимость которых достигает десятков, а иногда и сотен тысяч евро, позволяет повысить точность ее толщины иногда «всего лишь» на несколько микрон. Оправданно ли применение столь дорогостоящего оборудования?

1. Качество — это материальная субстанция

Для переработчиков и конечных потребителей полимерных пленок важны такие показатели качества, как прочность, жесткость, способность противостоять проколу и раздиру, прозрачность, плоскостность, блеск, равномерность окраса, свариваемость. Кроме того, переработчики контролируют и качество рулонов пленки, оцениваемое по геометрическим характеристикам

рулона и плотности намотки. Повышенное качество рулонов и собственно пленки позволяет при ее переработке в упаковку использовать производительное, имеющее рабочие скорости до 500 м/мин оборудование для нанесения печати и ламинирования, получать прочные и равномерные сварные швы на скоростных пакетосварочных машинах, облегчать упаковывание продукции в стретч- и термоусадочную пленки, применять скоростное групповое упаковывание. Даже из простого перечисления контролируемых параметров становится ясно, что без эффективной системы контроля качества, охватывающей весь процесс переработки исходного сырья в конечную продукцию, невозможно представить эффективный пленочный бизнес.

Для оценки качества проводятся лабораторные и производственные испытания пленки. При этом разнообразными прямыми и косвенными методами определяют количественные показатели свойств материалов, влияющих на качество конечной продукции. Подвергаются испытаниям на соответствие заданным техническим условиям исходное сырье и образцы конечной продукции. В некоторых случаях проводятся математическая обработка и анализ собранных данных, что позволяет подобрать необходимые модифицирующие добавки, провести коррекцию режимов переработки, определить источники проблем и найти способы снижения затрат. Для определения некоторых важных параметров найдены сравнительно простые и эффективные методы. Так, например, пакеты испытывают на механическую прочность, наливая в них воду и выдерживая определенное время, а мешки с сухими смесями проверяют на прочность, сбрасывая их с определенной высоты. Плоскостность оценивают, располагая образцы пленки на ровной поверхности. Наконец, о качестве конечной продукции, полученной из пленочных материалов, судят по результатам визуального контроля уже после нанесения рисунка, сварки и ламинирования.

Иногда решение даже серьезных проблем удавалось найти без применения дорогостоящего лабораторного оборудования. Показателен случай, о котором рассказал руководитель отдела переработки пленок НИИ «Пластполимер» Г.Д. Мясников. Так, в 1980-х гг. на предприятии «Казаньоргсинтез» было установлено оборудование для производства пленочных марок полиэтилена (ПЭ) по английской технологии. Довольно скоро от производителей пленки начали поступать жалобы на нестабильность свойств нового типа сырья, что часто приводило к обрывам пленки. В распоряжении лаборатории оказались многочисленные образцы продукции, в которых были выявлены посторонние включения. С помощью заточенной иглы от шприца было собрано несколько сотен образцов включений, микроскопический и химический анализ которых позволил найти источник проблемы. Она заключалась в том, что периодические срабатывания предохранительных клапанов приводили к гидравлическим ударам в реакторах, где происходила полимеризация этилена. При этом резко выросло количество осыпавшихся со стенок реактора загрязнений, которые и оставались в полимеризуемом составе.

Ищем агентов

Пакуется с улыбкой

МОДЕЛЬ: FT-300 & FT-400
Высокоскоростной & Высокопроизводительный
Заготовщик для Полиэтилена Плотной Нити

Крупный тип

МОДЕЛЬ: FD-4G/900
4-го поколения экструзионный станок
(С 2-х степенями трансформации)

МОДЕЛЬ: FD-LA-100 (3)
Среднепроизводительная машина
для ламинирования

Крупный тип

МОДЕЛЬ: 700 СЕРИЯ
Высокоскоростная экструзионная
4-12 степеней трансформации машина
(Линия, сушка-фурма, пресс-валяль, ламинатор)

МОДЕЛЬ: RS-2A/RS-2B
Высокоскоростная машина для резки
в 2-х степенях
(С улучшенным методом контроля)

FOR DAH INDUSTRY CO., LTD.
321, No. 48, Chung Shan Road, Ming Hsing Ind. Area, Chai Yeh Hsien, 621, Taiwan.
Tel.: +886-5-221-5139 / 221-5149 Fax: +886-5-221-9259
<http://www.fordah.com.tw> E-mail: fordah@kafa.seed.net.tw

FOR DAH RUSSIA
Адрес: 115100 г. Москва, Мясниковский проезд, 115100
Тел: +7(495) 397-01-00, 397-01-01
Факс: +7(495) 397-01-02
E-mail: info@fordah.ru
E-mail: rus@fordah.ru
WWW: www.fordah.ru

FOR DAH EGYPT
Eng. Mohamed Wahab Elshah Elshah Mohamed Ahmed,
111 El Wahed El Andar St., 4th Shahr El Marka,
11371, Cairo, Egypt.
Tel.: +202-2-258-1840 / Fax: +202-2-257-8828
E-mail: egypt@fordah.com.tw
<http://www.fordah.com.tw>

Хотя более простые способы определения показателей качества продукции и позволяют сузить круг поисков, но редко помогают найти и тем более решить проблему.

Одним из важнейших показателей, определяющих пригодность полимерной пленки к использованию по назначению, является ее толщина, от которой зависят многие другие эксплуатационные свойства пленки. В процессе производства толщина пленки всегда имеет некоторые отклонения от номинала, разброс значений которых называют разнотолщинностью. Ее допустимое значение, согласно все еще действующему в России ГОСТ 10354-82, составляет 20 %, а допуск на толщину – соответственно ± 20 %. Это означает, что для пленки с номинальной толщиной, например, 100 мкм ее минимальное допустимое значение составит 80, а максимальное – 120 мкм. За четверть века, прошедшую с момента появления ГОСТа, накоплен большой новый опыт производства и переработки пленок. Появились принципиально новые виды пленок и пленкообразующих видов полимеров. Требования потребителей и переработчиков к стабильности толщины полимерных пленок стали гораздо жестче условий, определенных государственным стандартом. Более того, практика показывает, что простого нормирования минимального и максимального значений сегодня, как будет показано далее, уже недостаточно.

Если толщина пленки становится меньше допустимой, то возрастает вероятность разрыва пленочного

полотна в процессе его получения, что связано с дополнительными затратами на остановку процесса и потерями полимерного материала (ПМ). Однако значительно худшие последствия влечет за собой несвоевременное обнаружение недопустимых отклонений толщины. Достаточно представить последствия появления в продаже плохо упакованной дорогостоящей продукции. Чтобы избежать потери репутации как поставщика стабильно качественной продукции, производители пленки зачастую завышают ее номинальную толщину. Конечно, увеличение толщины пленки позволяет решить некоторые вопросы, например, обеспечения прочности упаковки. Однако при этом возрастает расход ПМ и соответственно повышается себестоимость полимерной пленки.

Вместе с тем увеличение средней толщины не всегда способно решить проблему качества пленки. Ключевую роль для стабильной работы оборудования часто играет разнотолщинность пленки. Так, пленка с повышенным разбросом толщины становится непригодной для получения качественных сварных швов и для ламинирования, тем более на скоростных машинах. Для переработки пленки на скоростных флексографских машинах допуск по толщине составляет $\pm 3 \div 4$ % (обычно это всего $\pm 1 \div 2$ мкм в абсолютном выражении). Допуск по толщине термоусадочных пленок, предназначенных для скоростного полуавтоматического упаковывания, составляет $\pm 4 \div 6$ %, а, например, пищевики «любят»

Эко Эксперт (495) 232-39-82

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПОД ТРЕБОВАНИЯ ГОСИНСПЕКТОРА

РАБОТА С НАМИ ОБЕСПЕЧИТ РАЗВИТИЕ ВАШЕГО БИЗНЕСА

НПЦ «ЭКОЭКСПЕРТ», 105094, Москва, а/я 3; info@experteco.ru; http://www.experteco.ru
Тел./факс: (095) 232-39-82, 232-39-83, 232-39-84

пленку с разнотолщи́нностью не более $\pm 5 \div 6 \%$. Особенно высокие требования предъявляются к пленкам для ламинирования, у которых разброс толщин должен приближаться к $\pm 2 \%$.

Отметим, что с точки зрения экономии сырья нет разницы между продольной и поперечной разнотолщи́нностью. Однако на скорость и качество процессов переработки пленки, таких как нанесение рисунка, сварка и ламинирование, обычно сильнее влияет поперечная разнотолщи́нность пленочного полотна.

По динамике ее изменения в непрерывном процессе экструзионного формования пленки различают быстро и медленно меняющуюся продольную разнотолщи́нность. В первом случае временной период колебания толщины пленки составляет до 100 с. Причиной «быстрой» продольной разнотолщи́нности пленки может быть, например, неравномерная во времени подача расплава ПМ из щели фильеры вследствие пульсации несовершенных экструзионных прессов или систем дозирования, колебаний температуры, дрейфа охлаждающего воздуха. Относительно скоротечные процессы изменения толщины пленки могут также вызываться нестабильностью пленочного рукава, ошибками системы регулирования диаметра рукава или несовершенной конструкцией системы внутреннего охлаждения, большими вариациями скорости тянущих или охлаждающих валов, повышенной температурой зоны загрузки и рядом других причин. «Медленная» продольная разнотолщи́нность,

при которой изменения толщины пленки занимают промежуток времени до часов и даже дней, чаще всего связана с загрязнением фильтров расплавом ПМ и его неоднородностью, а также, например, с неисправностями системы охлаждения пленочного рукава.

«Медленную» продольную разнотолщи́нность регулируют путем изменения скорости процесса, например, за счет управления оборотами главного привода или привода вытяжки с использованием данных о расходе сырья, поступающих от автоматизированных систем дозирования. С «быстрой» же разнотолщи́нностью системы автоматизированного дозирования справиться не в состоянии. Принципиальным ограничением здесь выступает несовершенство даже лучших гравиметрических дозаторов, применяемых при производстве пленки. По нашим расчетам, существующие системы автоматизированного дозирования способны понизить продольные колебания толщины пленки, превышающие период 100 с. Впрочем, это тема другого исследования.

2. Килограммы или квадратные метры?

Во многих случаях потребитель пленки приобретает ее как полуфабрикат для последующего изготовления и продажи конечной пленочной продукции. Если при этом известно точное количество квадратных метров пленки определенного качества, можно точно рассчитать, сколько пакетов, теплиц, этикеток будет получено из партии продукции.

www.lkmachinery.ru

力动集团 LK GROUP

- Крупнейший в мире производитель машин для литья под давлением металлов и пластмасс
- Известный производитель термопластавтоматов из Гонконга
- Разработчик и изготовитель передового оборудования для литья металлов и магниевых сплавов с холодной и горячей камерой прессования

Все дело в этом самом «если»: оптовые поставки осуществляются большими партиями, а площадь пленки, содержащейся в рулоне, сложно измерить. В то же время взвесить рулон легко. В некоторых случаях оптовый покупатель проводит контрольные измерения площади в процессе переработки рулонов пленки, например, при резке на слиттере или при печати на флексографских машинах. На современных предприятиях, осуществляющих как производство, так и переработку пленки, введен жесткий контроль толщины. В развитых индустриальных странах пленку «по весу» вообще не покупают. Однако продажа «на вес» все еще остается частым явлением на относительно молодом российском рынке.

Повышение качества пленки сопряжено с дополнительными хлопотами и затратами. К тому же учет «по весу» позволяет производителю легко вести экономические расчеты, поскольку именно «по весу» приобретается сырье и измеряются отходы. В то же время переработчики пленки до поры закрывают глаза на убытки при поставке «на вес». Технологам и операторам проще придерживаться верхнего предела толщины пленки, да и себестоимость килограмма такой пленки может быть ниже ввиду возможности использования более простой технологии и неквалифицированного персонала. Однако дальновидные производители пленки принимают в расчет тенденцию повышения требований покупателя к ее качеству.

В странах со сложившимся рынком потребления пленки обязательно учитывается удельная (поверхностная) плотность пленки или, иначе, масса единицы ее площади [г/м²]. В западном полушарии производители используют обратный показатель — площадь пленки, приходящуюся на единицу массы пленки [м²/г]. Этот показатель (англ. — yield, т.е. выход, польза) служит мощным маркетинговым инструментом при продаже пленки на рынке с высоким уровнем конкуренции.

В России быстро учатся. Счет уже идет даже не на проценты, а на доли процентов цены и выхода полезной продукции, поэтому очевидно, что при одинаковой цене за килограмм покупатель предпочтет пленку с более высоким значением «yield». Добиться этого можно снижением плотности материала пленки и (или) уменьшением ее толщины.

Возможности снижения поверхностной плотности пленки путем замены на другой, более легкий ПМ ограничены либо из-за его несоответствия эксплуатационным требованиям, либо из-за более высокой стоимости. Остается толщина пленки, номинальное значение которой зачастую задается с учетом минимальной допустимой толщины. Возвращаясь к ранее приведенному примеру с номинальной толщиной пленки, равной 100 мкм, и нормируемым ГОСТ 10354-82 допуском на ее толщину в диапазоне ± 20 % (в диапазоне от 80 до 120 мкм — в абсолютном выражении), несложно подсчитать, что если снизить фактическую разнотолщинность пленки, например, до ± 5 %, то можно также уменьшить и ее номинальную толщину до 84,2 мкм, обеспечив все то же минимальное допустимое

значение толщины пленки — 80 мкм. Это позволит существенно, на 15,8 %, повысить удельную площадь пленки. Выгоду при этом получает как продавец, снижающий производственные затраты, так и покупатель, увеличивающий выход готовой продукции при тех же затратах. При этом экономический эффект от уменьшения средней толщины пленки всего лишь на несколько микрометров может быть весьма заметным и тем более существенным, чем тоньше пленка.

На рис. 2 в качестве примера представлены фактические результаты измерений толщины одного из пленочных образцов рукавной пленки, максимальная толщина которого составила 96, минимальная — 76, средняя — 86 мкм. Пленка, как показывают результаты измерений, характеризуется разнотолщинностью, равной ± 11,6 %. Если допустить, что прочность пленки минимальна в самом тонком месте, равном в данном случае 76 мкм, то избыточная толщина пленки (на рис. 2 — над горизонтальной линией) фактически представляет собой не что иное, как технологические потери ПМ, вызванные разнотолщинностью пленки. В данном случае этот перерасход сырья составляет 11,6 %. Предприятие, на котором был взят для измерений данный пленочный образец, в год на 2 экструдерах выпускает 2800 т подобной пленки, что означает 325 т полимерного сырья, которое безвозвратно теряется на дополнительных «микронах».

Заказчик, у которого из-за брака полимерной пленки происходит сбой производства, обычно измеряет толщину бракованной пленки именно в том месте, где произошел ее разрыв, т.е. в одном из самых тонких мест в партии поставленной пленочной продукции. Зная это, производители, чтобы избежать обоснованных претензий покупателя по поводу низкой толщины пленки, изготавливают ее с так называемым «технологическим» запасом толщины, который зависит от ряда факторов и определяется опытным путем. Чем качественнее оборудование и сырье, чем выше уровень производственной культуры и технологической дисциплины, тем меньше этот запас. В рассматриваемом случае поставщик с высокой вероятностью гарантирует потребителю, что поставляемая пленка будет не тоньше 72 мкм (см. рис. 2),

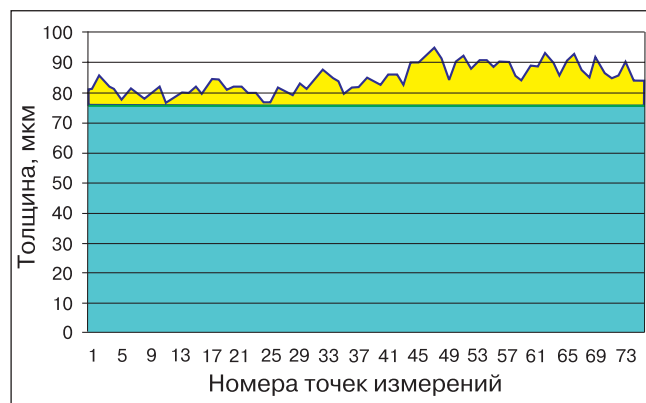


Рис. 2. Профиль толщины одного из образцов рукавной пленки (всего сделано 75 измерений в равноудаленных друг от друга точках на кольцевом срезе пленки длиной 2200 мм; максимальная толщина — 96 мкм, минимальная — 76 мкм)

закладывая тем самым технологический запас в размере 5 %. При этом соответствующий такому запасу перерасход сырья составит 140 т в год. Таким образом, в целом «дань» разнотолщинности составит 16,6 % или, иначе (для условий рассматриваемого производства), 465 т дополнительно расходуемого пленочного ПМ в год.

Однако и это еще не все потери. На производство «лишних» микрометров толщины пленки тратится не только сырье, но и другие ресурсы предприятия. Экономисты знают, что фактические денежные затраты, связанные с перерасходом сырья и электроэнергии, с дополнительными расходами на заработную плату и амортизацию оборудования, гораздо больше их арифметической суммы и резко возрастают с увеличением скорости оборота сырья.

С учетом стоимости ПМ в рассматриваемом нами случае получается, что всего один «лишний» микрометр толщины «съедает» у предприятия 19 евро на каждой тонне пленочной продукции, что в годовом выражении составит 54 тыс. евро. Из этого следует, что суммарный запас избыточной толщины пленки будет стоить около 625 тыс. евро в год, что сопоставимо со стоимостью капитала, который был накоплен рассматриваемым предприятием за 7 лет работы. Отметим, что проблема «золотых микронов» усугубляется для более тонких пленок ввиду более высокой удельной стоимости переработки и усложнения контроля толщины.

Следует заметить, что выше речь шла о производстве, оснащенном современным оборудованием, тогда

как у среднего российского производителя показатели разнотолщинности пленок и связанные с этим потери, как правило, заметно выше.

Однако на эту проблему можно посмотреть и с другой стороны. Очевидно, что российские производители имеют существенный ресурс роста, который можно реализовать за счет повышения качества пленки. Сделать это не просто, но, как гласит китайская поговорка, «даже самый длинный путь начинается с первого шага», и первый шаг в данном случае — измерение толщины пленки.

При подготовке статьи использованы материалы интернет-изданий «Арсенал Инжиниринг», Plastics Technology, «Индустрия полимеров» и материалы фирм Masco Engineering and Technology Inc., GAP Italy SRL и др.

(Продолжение следует)

Correction of Polymer Film Thickness in the Process of Tits Manufacture

A.R. Smyshliayev, B.V. Berdyshev, F. Guberman

Systems for polymer film thickness correction in the process of its manufacture are discussed. It is demonstrated that continuous control of the film thickness practically excludes production of substandard products and presents additional economic advantages. It is concluded that competitive equipment of the new generation should be provided with advanced electronic quality control systems.

(To be continued)



Компания Пластавтоматик
оборудование для производства изделий из пластмасс

STC



EXTRUSION MACHINERY

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИКОВ ОТ ВЕДУЩЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ТАЙВАНА

Технологические линии для изготовления контейнеров и лотков из пенополистирола, XPS теплоизоляции

Оборудование рециклинга пластмасс, экструзионное оборудование по спецификации заказчика



Работайте с профессионалами!

+7 (495) 780-20-01
+7 (495) 689-35-37
www.plastauto.ru