

# ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ,

## ПРИМЕНЯЕМОЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОЙ ПОЛИМЕРНОЙ УПАКОВКИ КОСМЕТИЧЕСКИХ ТОВАРОВ

О.Ю. САБСАЙ, www.sabsay.ru

**«Rigid polymer packaging» is, in plainer words, for bottles and jars, i.e. those containers made of materials which keep them tough and hard when they are empty. Once the package is selected and the plant is defined, it is high time one buy equipment.**

Термин «твёрдая полимерная упаковка» означает, что тара сохраняет свою форму, будучи пустой. Проще говоря, это бутылочки и баночки.

Итак, упаковка для продукции выбрана.

Технология производства упаковки также определена, нужно закупать оборудование.

Как правило, фирмы-продавцы перерабатывающих машин лукаво указывают в прайс-листах цены только за собственно машины. Между тем, для производства тары требуется, кроме самой машины, вспомогательное оборудование, общая цена которого соизмерима со стоимостью основного агрегата. Целесообразность включения той или иной единицы вспомогательного оборудования в комплект поставки определяют по трём критериям:

- техническая необходимость;
- требуемый уровень автоматизации процесса;
- экономическая целесообразность.

Рассмотрим вспомогательное оборудование для трех базовых процессов производства: экструзионно-выдувного формования (из расплава), ижекционно-выдувного формования (из заготовок – преформ) и литья под давлением.

### Компрессор

Без сжатого воздуха производство невозможно. Поэтому, если в месте размещения оборудования нет уже готовой линии высокого давления, необходима доукомплектация агрегата компрессором. Давление выдува из расплава зависит от формуемого материала и, как правило, не превышает 0.8 Мпа. Величина давления выдува из преформ составляет 1.6- 2.5 Мпа на полуавтоматах и 3.5-4 Мпа на автоматических линиях.

Необходимый расход воздуха вычисляют как произведение объема тары и часовой производительности выдувного агрегата. Конечно, компрессорная станция должна включать ресивер и воздушные фильтры. Роботы, системы управления, системы открытия-закрытия формующего инструмента (например, пневмоцилиндры) также используют сжатый воздух.

### Холодильник

Охлаждения требуют три узла машин: пресс-формы, экструдер и гидропривод узла смыкания. Проточную воду из систем водоснабжения используют только на предельно примитивных производствах. Дело в том, что охлаждение пресс-формы – мощное средство регулирования технологического процесса и качества изделий. Время охлаждения сформованного изделия, как правило, составляет наибольшую долю в цикле производства. Это время – очень слабая функция температуры охлаждающей воды. Его величина пропорциональна натуральному логарифму разности исходной температуры изделия и температуры охлаждения. Рекомендуемая температура охлаждающей жидкости при переработке полиэтилена и полипропилена +8°C. Дальнейшее понижение температуры приводит к опасности выпадения росы на поверхности пресс-формы. В конкурентной борьбе за качество изделий некоторые западные фирмы понижают температуру воды до +3°C и кондиционируют зону формования сухим холодным воздухом. Для получения оптимально прочных, но не хрупких изделий, контролируется и регулируется температура на поверхности пресс-формы вдоль оси рукава-заготовки при экструзионно-выдувном формовании. Конечно, вспомогательное оборудование типа кондиционеров и пресс-форм специальной конструкции и датчиков-задатчиков температуры стенки формы устанавливают на полностью автоматизированных линиях большой мощности.

Скорость охлаждения прямо пропорциональна площади охлаждения и объемной скорости охлаждающей жидкости. Поэтому охлаждающие каналы в пресс-формах следует про-

ектировать так, чтобы площадь контакта воды с охлаждаемой поверхностью была как можно больше. Не менее важно регулирование объемной скорости. Для этого холодильники снабжают мощными помпами. Рекомендуемое давление воды – 0.4-0.6 МПа. Считается, что охлаждение хорошо отрегулировано, если разница температур на входе и на выходе холодильника составляет не более 2-3°C. Необходимую холодопроизводительность системы охлаждения пресс-форм (кдж/час) можно оценить, умножив часовую производительность машины (кг/час) на 600 (для полиэтилена и полипропилена).

Представим себе, что зона загрузки экструдера (место, где шнек захватывает твёрдые гранулы полимера), не охлаждается. Тогда за счет высокой теплопроводности металла шнека и корпуса в зоне загрузки быстро нагреваются до превышения температуры плавления полимера. Гранулы, попадая из бункера на эти горячие поверхности, мгновенно подплавляются, образуя жидкую прослойку между гранулами и рабочими поверхностями экструдера. В результате на входе в экструдер образуется вращающаяся пробка, которую шнек не может протолкнуть дальше вдоль оси экструдера и которая не пускает новые порции холодных гранул в зону загрузки. В этом случае технологи говорят, что «пропадает насосный эффект пары шнек-цилиндр». Для таких полимеров, как полиэтилен и полипропилен, охлаждение зоны загрузки обязательно, а когда перерабатывают полистирол на машинах большой мощности, как правило, применяют ещё и специальные шнеки с охлаждаемой внутренней полостью.

В «горячих» зонах экструдера температура поддерживается мощными электронагревателями. Инерционность этих устройств велика и, поэтому, на хороших машинах в каждой «горячей» зоне устанавливают воздушные вентиляторы, либо предусматривают водяное охлаждение, либо применяют и то и другое вместе. Этим достигается точное задание и поддержание необходимых температурных режимов в каждой зоне подогрева экструзионной машины.

Для всей системы охлаждения экструдера достаточно воды с температурой 25°C. Такая же температура достаточна для охлаждения масла гидросистемы узла смыкания прессформ.

В этом разделе уместно упомянуть и термостаты – устройства для подогрева форм. При формовании каждый полимер требует своей температуры прессформы и, например, для поликарбоната величина этой температуры составляет 80-120°C.

### Сушилки

Полиэтилен мало гигроскопичен. Достаточно хранить сырье в отапливаемых помещениях при относительной влажности воздуха не выше 4°C точки росы. Качественная переработка других полимеров невозможна без подсушки сырья. В простейшем случае полимер рассыпают на поддон тонким слоем и помещают в термошкаф. Время выдержки и температура для разных термопластов отличаются. На высоко автоматизированных крупнотоннажных производствах полимеры сушат, продувая через них горячий воздух. В случае переработки полиэтилентерефталата или поликарбоната обязательна предварительная подсушка воздуха в адсорберах.

Общая схема сушки показана на рисунке.

Снизу в бункер-емкость через выходное сопло 1 подается подогретый нагревателем 5 воздух. Отобрав влагу от сырья, воздух через фильтр 3 и холодильник 9 попадает в адсорбер-осушитель 2 и затем снова в бункер. Адсорберов два. Когда один работает, другой регенерируется. На схеме 3 заслонки повернуты так, что рабочий, отбирающий влагу, адсорбер – левый, а регенерируют – правый. Для этого воздуходувкой 8 через фильтр 4 и подогреватель 6 подают в адсорбер горячий атмосферный воздух, который затем выбрасывается через выходную трубу 7. В рабочем контуре датчики непрерывно измеряют степень сухости воздуха – «точку росы». Превышение допустимого значения является сигналом того, что рабочий адсорбер пересыщен, заслонки автоматически переключаются и роль адсорберов меняется.

В таблице приведены рекомендации фирмы «КОХ» по режимам сушки различных полимеров.

### Дозаторы

Как правило, красители добавляют в полимеры в форме заранее приготов-

Рис. Общая схема сушки.

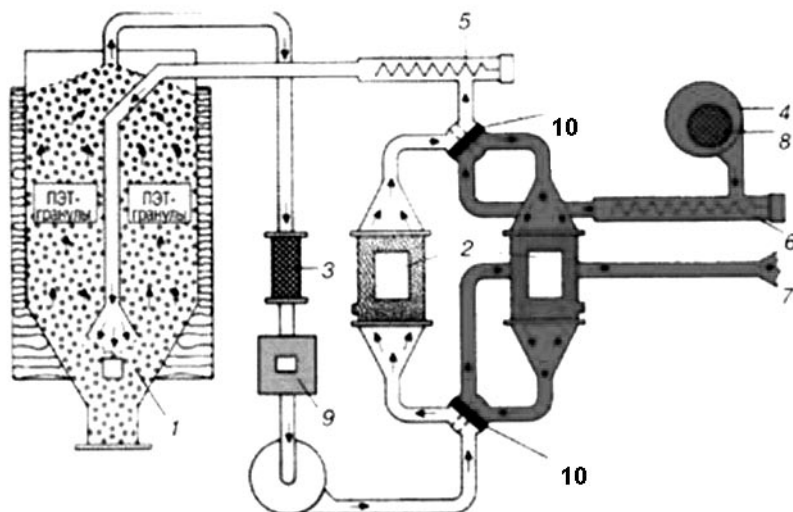


Таблица. Рекомендации по режимам сушки различных полимеров.

Вид материала (аббревиатура)	Насыпной вес кг/дм³	Температура сушки °С	Время сушки час	Объем емкостей (л)			
				12	40	60	100
				Расход материала (кг/час)			
ABS	0,6	80	2-3	2,5	8	12	20
CA	0,5	75	2-3	2,2	7,3	11	17
CAB	0,5	75	2-3	2,2	7,3	11	17
CP	0,6	75	2-3	2,5	8	12	20
Ionomere	0,6	90	3	2,5	8	12	20
PA6	0,65	75	4-5	1,6	5,3	8	13
PA6.6	0,65	85	4-6	1,4	4,6	7	11
PA6.10	0,65	85	4-5	1,6	5,3	8	13
PA11	0,65	100	4-5	1,6	5,3	8	13
PA12	0,65	100	5	1,6	5,3	8	13
PAN	0,6	80	2-3	2,5	8	12	20
PBTP	0,7	120	2-3	2,8	9,3	14	24
PC	0,7	120	2-3	2,8	9,3	14	24
PE schwarz	0,6	85	3	2,5	8	12	20
PE	0,5	85	2	3,2	10,6	16	25
PETP	0,7	160	4	2,2	7,3	11	18
PI	0,6	120	3	2,5	8	12	20
PMMA	0,65	80	3-4	2	6,6	10	16
POM (Delrin)	0,6	100	3	2,5	8	12	20
PP (Xenoy)	0,6	90	2	3,6	12	18	30
PPO (Noryl)	0,5	120	2	3	10	15	25
PS	0,5	80	2	3	10	15	25
PSU	0,5	120	2	3	10	15	25
PUR	0,7	90	3	2,8	9,3	14	24
PVC	0,5	70	1	6	20	30	50
SAN	0,5	80	2-3	2,2	7,3	11	17
SB	0,6	80	2	3,6	12	18	30
Byblend	0,65	120	2-4	2	6,6	10	16

Наличие добавок или высокое содержание влаги могут привести к снижению указанных данных.

ленных на специализированных предприятиях гранулированных маточных смесей (собственно полимера и красителя (masterbatch); для окрашивания ПЭ – с ПЭ, для окрашивания РЕТ – с РЕТ и т. п.). При этом, гранулы концентрата в пределах допусков должны иметь те же размеры и массу, что и гранулы перерабатываемого полимера. В противном случае, из-за неодинаковых условий плавления в зоне загрузки экструдера будут происходить нежелательные явления, описанные выше. Содержание красителя в этих концентратах, как правило, колеблется от 10 до 30% (вес.), а добавляют концентраты в базовый

полимер при переработке в количестве 1% (вес.). Понятно, что при таких малых концентрациях собственно красителя малейшее изменение дозы приводит к изменению интенсивности окрашивания, хорошо заметному невооруженным глазом. Меняется также и однородность окрашивания отдельного изделия.

Простейший прием дозирования красителей таков: базовый полимер и краситель отдельно завешивают на весах в нужной пропорции. Затем, ингредиенты соединяют и перемешивают. Как правило, для этого применяют смесители «Пьяная бочка». Это емкость цилиндрической или прямо-

угольной формы с осью вращения, расположенной под углом к главной геометрической оси емкости. Смесь загружают в устройство, загрузочный люк задраивают, затем вручную или с помощью привода вращают в течение 5-10 минут. Такой приём дозирования распространён в России на производствах малой мощности. В западных странах, даже для малотоннажных процессов применяются специальные дозаторы.

Базовое сырьё из промежуточной емкости, дозировано, с постоянной скоростью, подают в бункер экструдера с помощью гибких шнековых транспортеров или пневмотранспортом. Скорость подачи регулируется путем изменения числа оборотов шнека. Иногда применяют и плоские транспортеры, или дискретную подачу пневмотранспортом так, чтобы сырьё подавалось постоянно маленькими заданными порциями. Над бункером экструдера закрепляют маленький дозатор красителя. Это простейшее устройство представляет собой бункер (как правило, загрузки хватает на 8 часов работы) и подающее устройство. Устройств, в основном, два:

- шнек с регулируемой скоростью вращения – шнековый дозатор,
- вибродозатор – лоток с регулируемым углом наклона относительно горизонта и эксцентриковым или индукционным виброприводом.

Такой способ позволяет наиболее точно и равномерно дозировать красители. Более того, его реализация не намного дороже, чем стоимость весового оборудования и мешалок. Важным дополнительным преимуществом, конечно, является автоматизация процесса.

Иногда в бункер экструдера дополнительно встраивают лопастную мешалку или широкий шнек, который транспортирует смесь снизу вверх – смесь под собственным весом снова осыпается вниз и т. д.

### **Обрезка отходов**

При производстве емкостей методом экструзионно-выдувного формования всегда есть промышленные отходы. Это не брак, просто такова особенность этой технологии. Теоретически обрезки экструдата отделяются от сформованной бутылки сами собой, когда бутылка остывает и падает в накопитель. На практике, особенно при переработке полиэтилена, этого не происходит. Поэтому процесс отделения отходов специально автоматизируют.

Устройств множество – это и специальные захваты, отрывающие отход около дна бутылки («Ходос»), и более сложные захваты-транспортеры («Бекум»). При производительностях порядка 500 бутылок в час можно рекомендовать отрывать отходы вручную, поскольку, как правило, эти устройства дороги и ненадежны.

В случае, когда бутылку выдувают иглой, в технологии обязательно присутствует отход со стороны горлышка, который обрезается специальными вращающимися ножами. В простейшем случае такие устройства обрезки выполняются в виде отдельной машины. Бутылки для обрезки вставляют в эту машину вручную. В дорогих, высокоавтоматизированных агрегатах («Крупп», «Бекум») предусмотрены специальные транспортеры-захваты, подающие готовое изделие в устройство обрезки. Для «жестких» материалов, таких как поливинилхлорид, фирмой «АДС» разработана специальная конструкция прессформы со встроенным обрезным ножом. Количество отходов зависит от способа выдува и от сложности конфигурации бутылки и может достигать 30-40% от общего веса потребляемого сырья. Процесс считается конструктивно правильно построенным, если общее количество отходов не превышает 15%.

При холодноканальном литье образуется большое количество литников. Проблемой является разделение готовых изделий и литников. Для этого применяют разделяющие транспортеры.

### **Устройства утилизации отходов**

Конечно, на дорогостоящих крупнотоннажных производствах отходы автоматически отделяют от готовых изделий, дробят, смешивают с первичным сырьем и пускают снова в производство. Добавлять «вторичное» сырьё в «первичное» всегда плохо. Допускают, что без значимого ущерба для качества изделий возможна добавка 15-20% (вес.) отходов в основной процесс. В настоящее время существует множество фирм, скупающих вторичное сырьё и применяющих его для производства неответственных изделий технического назначения, например, закладных труб для прокладки кабелей. Поэтому, когда выпускаются изделия ответственного назначения, такие, как кос-

метическая тара, иногда выгодно продавать отходы, а не пускать их снова в производство.

Тем не менее, рассмотрим подробно процесс утилизации отходов в основное производство.

Дробят отходы в специальных устройствах – дробилках. Дробилка состоит из корпуса, в котором установлены вращающийся ротор с закрепленными на нем твердыми ножами и неподвижные ножи – статор. Снизу корпуса закреплена сетка с ячейками заданной величины. Через ячейки падают в нижнюю емкость дробленые отходы. Как видно из описания цель устройства – довести величину отходов до размеров близких к размерам гранул, чтобы их можно было хорошо перемешать и загрузить в бункер машины. Отходы не должны быть слишком мелкими и содержать много пыли, чтобы в зоне загрузки не образовалась пробка. Диаметр ячейки сетки при дроблении полиэтилена составляет 6-8 мм.

Дробленые отходы либо продают (конечно, они стоят дороже), либо завешивают, смешивают с первичным сырьем и подают в бункер экструдера. Как бы качественно не была подготовлена смесь, все равно остается опасность образования пробки и зависания смеси в бункере (образование свода). Для того, чтобы избежать этих нежелательных явлений, применяют по крайней мере два приема:

1. В бункере литьевой машины устанавливают дополнительный шнек, который уже действует не как в предыдущем случае снизу вверх, а создает дополнительный подпор сверху вниз.

2. В зоне загрузки экструдера устанавливают рифленую втулку, увеличивающую сцепление гранул с корпусом цилиндра.

### **Контроль изделий**

Нельзя не упомянуть устройства контроля качества изделий. На небольших производствах это специальные калибры, штангенциркули и т.п. На крупных автоматизированных производствах применяют видеоконтроль и автоматические механические измерения.

Итак, за все описанное выше оборудование надо платить. Важнейшим этапом постановки производства является оценка целесообразности организации собственной линии по изготовлению тары. И лишь потом принимается решение о запуске соответствующего оборудования.