

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

И.И. Осовская, В.С. Антонова

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИКОВ**

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Санкт-Петербург
2017**

ББК 35.71я7
УДК 541.183.2 (075)
О 352

Осовская И.И., Антонова В.С. Основы проектирования и оборудование предприятий производства пластиков. Оборудование для производства и переработки пластических масс: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2017.-63 с.

Содержит теоретический материал для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Переработка и применение полимеров».

В пособии рассмотрены принципы классификации, устройство и применение оборудования для производства пластических масс и их переработки в изделия.

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению 18.03.01, а также студентов магистратуры, обучающихся по направлению 18.04.01.

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии ВШТЭ СПбГУПТД Г.Ю. Бутко.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве учебного пособия.

© Высшая школа технологии и
энергетики Санкт-Петербургского
государственного университета
промышленных технологий и
дизайна, 2017

© Осовская И.И., Антонова В.С.,
2017

Оглавление

Введение.....	5
1. Основные принципы классификации оборудования для производства полимерных изделий.....	6
2. Реакционные аппараты периодического действия	13
3. Реакционные аппараты непрерывного действия	20
5. Валковые машины.....	33
6. Шнековые машины (экструдеры).....	38
7. Литьевые машины	44
8. Машины для таблетирования.....	47
9. Гидравлические прессы	50
10. Машины для штамповки, выдувания и вакуум-формования изделий	54
11. Пропиточные, лакировальные и наносные машины	57
12. Ленточные машины.....	61
Библиографический список.....	64

ВВЕДЕНИЕ

Полимерные материалы перерабатываются в разнообразные изделия: волокна, различные типы эластомеров (резины), пленки и блочные материалы (пластические массы). Интенсивное развитие промышленного производства полимерных материалов обусловлено:

- высокими эксплуатационными характеристиками;
- доступностью сырья;
- возможностью получать изделия с ожидаемыми свойствами;
- разработанной технологией и наличием оборудования для переработки полимерных материалов в изделия технического и бытового назначения при сравнительно небольших энергетических затратах.

В зависимости от способа переработки полимерные материалы подразделяют на три основных класса:

□ *термопластичные полимеры (термопласты)* – наиболее многочисленный класс полимеров, макромолекулы которых имеют линейное или слаборазветвленное строение. В состоянии расплава они легко перерабатываются в изделия литьем под давлением, центробежным литьем, экструзией, прессованием, спеканием;

□ *термореактивные полимеры (реактопласты)*, макромолекулы которых «сшиты». Процесс переработки реактопластов в изделия заключается в дополнительном сшивании макромолекул молекулами отвердителя. После сшивания реактопласты становятся твердыми, неплавкими и нерастворимыми, что исключает возможность их дальнейшей переработки;

□ *эластомеры* представляют собой слабо сшитые полимеры, которые сохраняют высокую эластичность после сшивания и добавления наполнителя в процессе переработки – вулканизации. Для эластомеров технического назначения в качестве сшивающего агента используют серу, а в качестве наполнителя – углеродную сажу. Изделия из эластомеров получают путем вальцевания и каландрирования.

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Классификация машин и аппаратов данной отрасли может быть представлена принципиальной схемой, построенной на следующих признаках:

- ☐ по использованию тех или иных машин в основных стадиях и операциях технологической схемы производства;
- ☐ по их конструктивному оформлению.

По первому признаку целесообразно строить схему в порядке, определяемом последовательностью проведения стадий технологического процесса:

I. Получение полимеров из мономерного сырья или природных полимеров (в некоторых случаях мономерное сырьё также готовится на заводах по производству полимерных изделий);

II. Получение полимерных композиций;

III. Переработка пластических масс в изделия:

а) получение изделий непрерывного цикла (листы, трубы, плёнки, сортовые профили);

б) получение штучных изделий и деталей;

в) обработка и отделка полученных изделий и деталей.

На каждой из перечисленных стадий производства технологические процессы являются, как правило, многооперационными и осуществляются с помощью системы последовательно используемых машин и аппаратов.

В качестве примеров постадийного построения технологического процесса производства полимерных изделий ниже приводятся в сокращённом виде аппаратные схемы производства фенопластов (рис. 1) и полиэтилена высокого давления (рис. 2). На рис. 1 производство представлено в виде трёх стадий:

I. Получение твёрдой новолачной фенолформальдегидной смолы;

II. Производство пресс-порошков путём смешения и гомогенизации смолы с наполнителем;

III. Прессование и обработка деталей.

В условиях крупнотоннажного производства эти три стадии осуществляются в трёх или даже в четырёх цехах: смол, порошков, прессовом и цехе механической обработки. При производстве полиэтилена высокого давления (рис. 2) также выделяются три стадии процесса:

I. Полимеризация этилена;

II. Гранулирование полиэтилена;

III. Экструзия трубных заготовок и выдувание из них полых изделий.

Обобщая полученные на основе схем характеристики стадий производства и переработки пластических масс можно сделать следующие выводы. На стадии I операции полимеризации, поликонденсации, эфиризации и т. п. проводятся в реакционных аппаратах весьма разнообразного исполнения. Для остальных операций (приготовление растворов или эмульсий, выпаривание, фильтрация, сушка и другие термохимические методы выделения образовавшихся полимеров, размол и т.д.) в большинстве случаев используется типовое химическое оборудование – мешалки, сепараторы, отгонные колонны, фильтры, центрифуги, сушилки различных систем, мельницы и просеивающие устройства.

Описание конструкций перечисленных выше типовых машин и аппаратов, методы расчетов и основные соображения по выбору оборудования достаточно подробно приведены в различных руководствах и монографиях. Кроме того, их производство на заводах химического машиностроения осуществляется уже в течение многих лет и, как правило, носит серийный характер (фильтры, центрифуги, ряд типов сушилок). Поэтому целесообразно такие машины исключить из схемы классификации специальных машин по производству и переработке пластических масс.

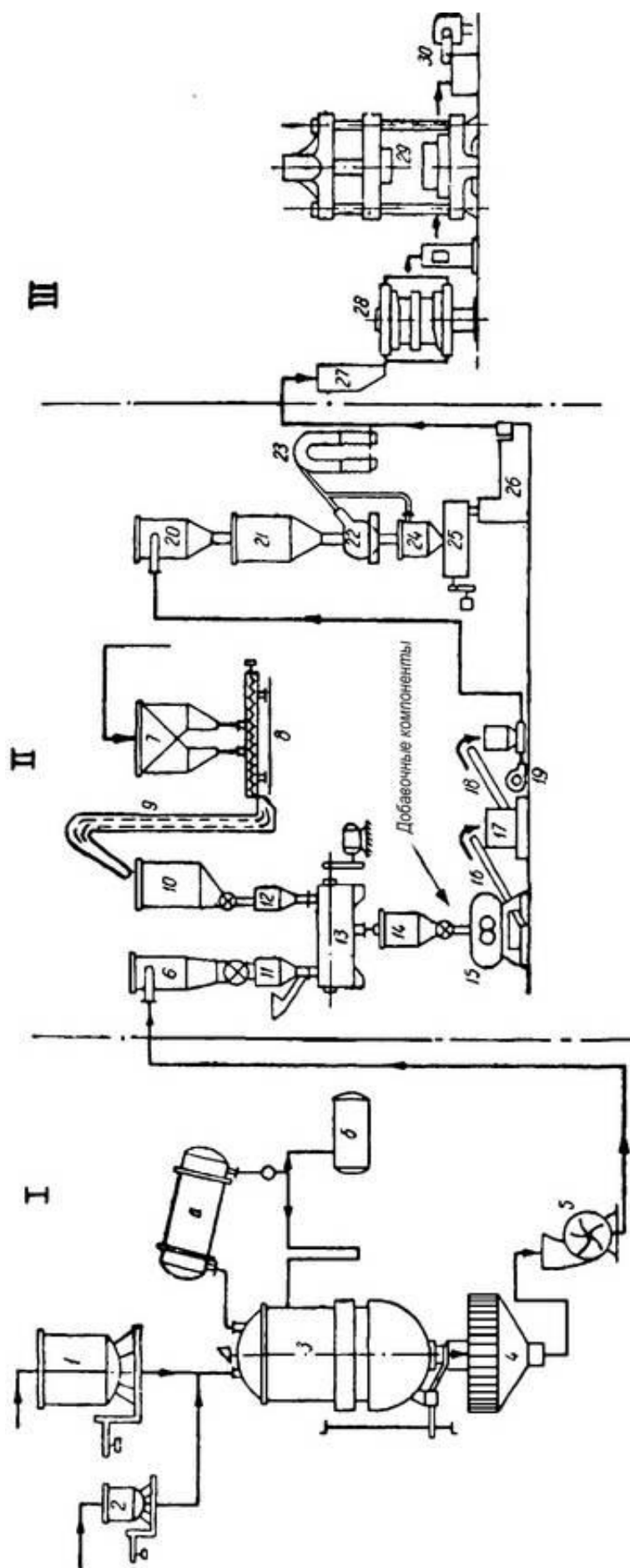


Рис. 1. Упрощенная схема производства фенопластов и изделий из них:

1 – мерник для фенол-формальдегидной смеси; 2 – мерник для соляной кислоты; 3 – моноаппарат (реактор) с холодильником *a* и приемником *б*; 4 – вагон-холодильник; 5 и 17 – дробилки; 6 – бункер для смолы; 7 – бункер для древесной муки; 8 – шнек; 9 – элеватор; 10 – расходный бункер для древесной муки; 11 – бункер-дозатор для смолы; 12 – бункер-дозатор для древесной муки; 13 – смеситель; 14 – бункер-дозатор для смеси; 15 – вальцы непрерывного действия; 16 и 18 – транспортеры; 19 – вентилятор пневмотранспорта; 20 – бункер-разгрузатель (циклон); 21 и 27 – бункеры; 22 – мельница тонкого помола; 23 – аспирационная система; 24 – бункер для пресс-порошка; 25 – смесовой барабан; 26 – расфасовочный аппарат; 28 – таблеточная машина; 29 – гидравлический пресс с нагревателем для таблеток; 30 – шлифовальный станок

Таким образом, объектом изучения и классификации по стадии I производства являются реакционные аппараты периодического и непрерывного действия.

На стадии II производства наиболее часто встречающимися операциями являются смешение сыпучих материалов (порошкообразных полимеров, наполнителей и т. п.), гомогенизация и пластикация паст и пластических композиций.

Эти процессы выполняются на смесительных машинах разнообразных конструкций, как типовых, так и специализированных (для пластмасс, синтетического каучука и резины, лаков и красок). В производстве пластмасс применяются смесительные машины периодического и непрерывного действия – одно- и двухвальные легкого типа, роторные мешатели тяжелого типа, смесовые барабаны, шнековые мешатели и др.

На стадии III(а) производства профильных продуктов типа листов, пленок, лент (в рулонах), труб и различных прутков применяются следующие методы: полив на движущуюся подложку, пропитка, намазка или лакирование ленты-основы, выдавливание через мундштук, либо прокатка через зазоры между вращающимися вальками.

Наиболее распространены последние три метода, осуществляемые с помощью шнековых экструзионных машин, каландров и пропиточно-намазочных машин. Дублирование листов и отделка поверхности выполняются на этажных прессах и специальных каландрах.

На стадии III(б), являющейся основной при переработке пластмасс в штучные изделия, в зависимости от типа пластика и наполнителей, применяются весьма разнообразные операции формообразования и столь же разнообразные машины:

- прессование в пресс-формах на прессах, преимущественно гидравлических;
- литье под давлением термопластов на литьевых машинах;

формование и штамповка плоских деталей на механических прессах и пневмо- или вакуум-формовочных машинах;

- ☐ выдувание полых изделий на выдувных машинах;
- ☐ отливка изделий в формы;
- ☐ намотка втулок и цилиндров на намоточных станках и др.

Следует заметить, что операции, выполняемые на данной стадии производства, в одних случаях осуществляются непосредственно из подготовленных на стадии II паст или пресс-порошков, в других – из листовых и профильных материалов или трубных заготовок, полученных на стадии III(а).

На стадии III(в) осуществляются завершающие операции производства пластмассовых деталей:

- ☐ очистка заготовок от заусенцев и облоя (на очистных барабанах, шлифовальных станках и аппаратах);
- ☐ обработка методом снятия стружки (механическая обработка) отдельных поверхностей деталей, размеры или качество поверхности, которых не могут быть обеспечены непосредственно на стадии III(б);
- ☐ отделка методами полирования, лакирования, раскраски и другими на специализированных станках или вручную.

Таким образом, первым (функциональным) признаком для классификации машин, используемых в процессе производства пластмасс и изделий из них, является место данной машины в технологическом процессе, т. е. стадия и операция.

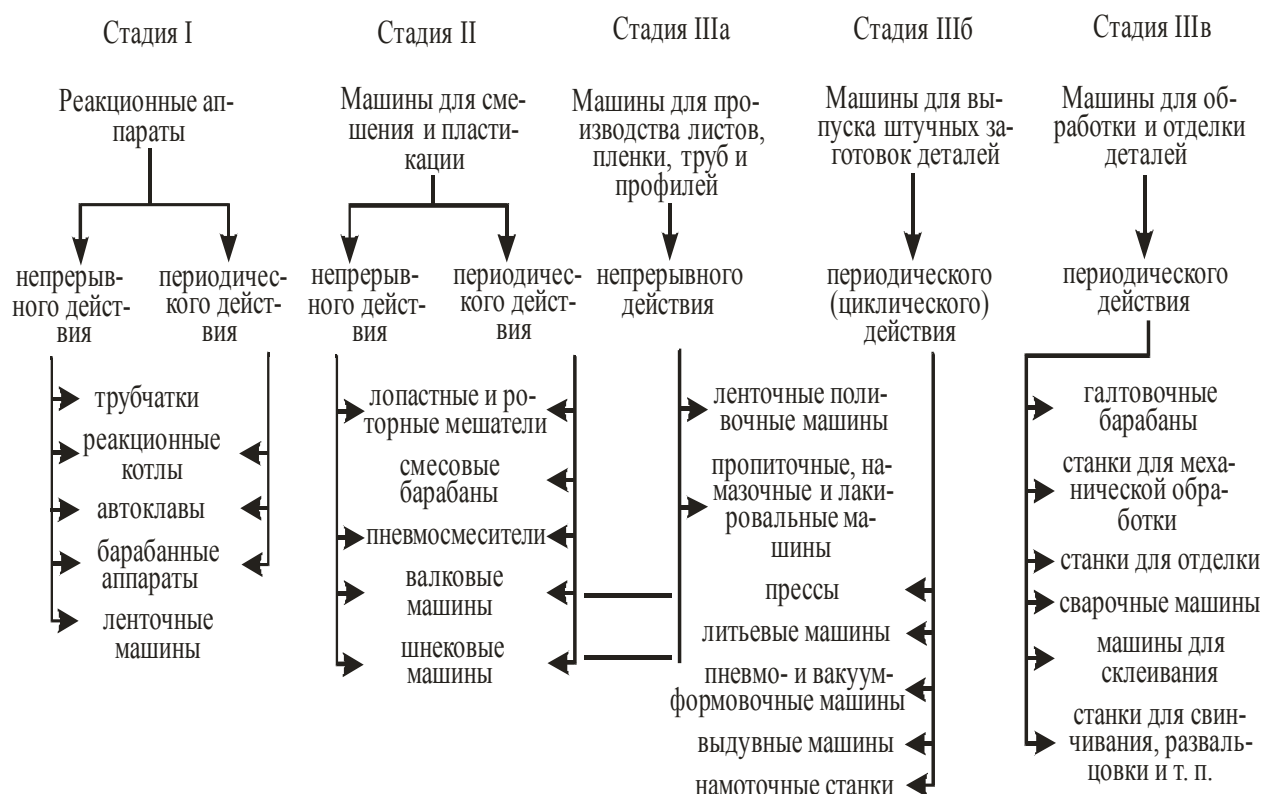
Однако создание классификации только по операционному признаку невозможно, если не пренебречь основной целью, заключающейся в типизации и унификации машин и аппаратов промышленности пластмасс для снижения издержек их проектирования, изготовления и эксплуатации. При самом беглом просмотре перечня машин и аппаратов, применяемых на различных стадиях и операциях производства и переработки пластмасс, можно заметить следующие особенности:

1. На одной и той же операции в производстве разных пластиков часто применяются одинаковые машины и аппараты, так, например, варка почти всех типов конденсационных смол и полимеризация некоторых пластиков (эмульсионный полистирол по периодической схеме, сополимеры стирола и ряд других) производятся в одинаковых или сходных аппаратах с мешалками и рубашками; гомогенизация как термореактивных, так и термопластичных масс может осуществляться на вальцах, в мешателях или шнековых пластикаторах и т. п.

2. На одной и той же (по функциональному назначению) стадии и операции производства даже одного пластика могут применяться конструктивно резко различные машины и аппараты. Так, полимеризация полиэтилена под высоким давлением осуществляется в аппаратах периодического действия, в трубчатках и, наконец, в реакторах с мешалками; гомогенизация композиций в производстве фенопластов – на вальцах и на шнековых машинах, получение пленки – на поливочных и экструзионных машинах и т. п.

3. На разных стадиях и операциях производства как одного и того же, так и различных пластиков, могут применяться конструктивно сходные машины. Так, например, шнековые машины используются для перемешивания, пластикации и грануляции на стадии II производства, для выработки листов, пленок, труб и профилей на стадии III(а) и даже в качестве одного из узлов аппаратов при блочной полимеризации, т. е. на первой производственной стадии.

Эти обстоятельства указывают на необходимость учета в схеме классификации также признака конструктивной общности машин.



2. РЕАКЦИОННЫЕ АППАРАТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В настоящем разделе рассматриваются реакционные аппараты периодического действия, применяемые в производствах пластических масс, для получения искусственных и синтетических высокомолекулярных веществ на базе мономеров или естественных полимеров, т. е. реакторы для поликонденсации, полимеризации, сополимеризации и для проведения реакций в цепях полимеров.

Вследствие малотоннажности ряда производств пластических масс, а также сложности некоторых из них аппаратное оформление таких производств, особенно в начальные периоды развития этой отрасли промышленности, решалось с использованием типовых реакторов периодического действия. Простота конструкции и возможность перехода непосредственно от лабораторных к промышленным масштабам, остаются основными причинами применения их и в настоящее время. Одни и те же

типы реакторов могут быть использованы для ведения самых разнообразных реакционных процессов.

Устройство и классификация реакционных аппаратов периодического действия

Различия в конструкции этих реакторов определяются требованиями технологии процесса и свойствами обрабатываемых материалов, которые отражаются на решении их отдельных узлов и деталей (развитие поверхностей нагрева, в том числе с применением внутренних греющих элементов, различные типы перемешивающих устройств, применение стойких в условиях коррозионных сред материалов и защитных покрытий), а также в оснащении этих реакторов дополнительными вспомогательными аппаратами (обратные холодильники, конденсаторы, приемники и т. п.).

В большинстве производств по периодической схеме емкости реакторов удерживаются в пределах $5 - 10 \text{ м}^3$, так как при дальнейшем их укрупнении затрудняется отвод реакционного тепла и снижается эффективность перемешивания. В каждом конкретном случае принятые размеры аппарата должны быть проверены расчетом поверхности теплообмена, производимым по отдельным этапам реакционного процесса в соответствии с кинетической кривой «концентрация – время».

Современные реакторы периодического действия, как правило, оснащаются перемешивающими устройствами, развитой поверхностью теплообмена типа рубашек и змеевиков, обратными холодильниками, приборами автоматического контроля давлений и температур (а в некоторых случаях также концентрации и вязкости).

В качестве конструкционных материалов применяются малоуглеродистая сталь Ст. 3, эмалированная сталь, кислотостойкие стали X18H9T, X20H12M3T и другие, двухслойная сталь Ст. 3 – X18H9T, алюминий и сравнительно редко никель и медь (табл. 1).

Таблица 1. Рекомендуемые конструкционные материалы для изготовления реакторов

Продукт	Марка
Феноло-формальдегидные новолачные смолы	1X18H9T (ЭЯ1Т), X18H14M2Б (ЭИ403), X18H12M3Т (ЭИ432), никель, двухслойный металл: Ст. 3 – медь и Ст. 3 – никель
Те же, резольные	Ст. 3 и двухслойный металл Ст. 3 – 1X18H9T при повышенных требованиях к содержанию в продукте железа
Мочевино-формальдегидные смолы	IX18H9T, двухслойный металл Ст. 3– IX18H9T, Ст. 10 эмалированная, алюминий
Полиэфирные смолы	1X18H9T
Эпоксидные смолы	IX18H9T, Ст. 10 эмалированная
Полихлорвиниловая смола	Двухслойный металл Ст. 3 – 1X18H9T
Полиметилметакрилат (эмульсия)	Ст. 10 эмалированная, никель
Полистирол	Алюминий (для форполимеризации) 1X18H9T (для полимеризации)
Поливинилацетали и поливиниловый спирт	Ст. 10 эмалированная, 1X18H9T, алюминий (для поливинилового спирта)
Этилцеллюлоза	IX18H9T, двухслойный металл Ст. 3 – 1X18H9T
Ацетилцеллюлоза	IX18H9T, бронза Бр. ОФ-4-02

Для обеспечения заданного температурного режима в большинстве случаев необходимо нагревание для завязывания реакции и охлаждение для съема тепла при ее экзотермичности. Одни и те же теплообменные поверхности и устройства в некоторых случаях могут использоваться как для

нагрева, так и для охлаждения. При использовании разных агентов для нагрева и охлаждения (например, вода и органические теплоносители) эти устройства выполняются отдельно. В качестве теплообменных поверхностей обычно используются наружные поверхности аппаратов. При недостаточности наружных поверхностей аппарата для размещения требуемых по условиям технологии процесса греющих элементов или невозможности и нецелесообразности такого решения, по конструктивным соображениям, последние размещаются внутри аппарата в виде цилиндрических и спиральных змеевиков или стаканов (рис. 3). Однако при высокой вязкости исходных и конечных продуктов или при образовании осадка, например, при конденсации эпоксидных смол в растворе толуола, применение внутренних поверхностей нагрева нежелательно.

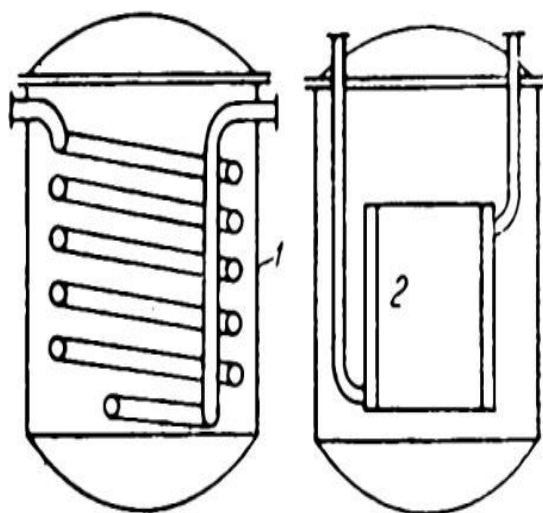


Рис. 3. Внутренние поверхности теплообмена реакторов:
1 – змеевик; 2 – внутренний стакан

Конструктивное оформление внешних поверхностей нагрева или охлаждения определяется величиной давления паров теплоносителей, в качестве которых применяются: вода при температурах реакции в аппарате до 340 К (70 °С), насыщенный пар в интервале температур 340 – 420 К (70 – 150 °С), а при более высоких температурах – перегретая вода, насыщенный пар повышенного давления (200 – 250 н/см²) или

органические теплоносители в жидком или парообразном состоянии.

При давлении теплоносителя до 80 н/см² (7 ати) в качестве внешних греющих устройств применяются обычные гладкие рубашки (рис. 4, а), при давлениях до 260 н/см² (25 ати) – приварные змеевики из углового проката (рис. 4, в), а также рубашки со штампованными и отбортованными отверстиями (вмятинами) (рис. 4, г). Стенки вмятин привариваются к

корпусу реактора, образуя анкерные связи между ним и рубашкой. При этом не только может быть уменьшена толщина стенок рубашки, но и еще большей степени – стенки корпуса, за счет увеличения ее устойчивости, чем достигается экономия металла. При более высоких давлениях теплоносителя (применяются редко) приварные змеевики выполняются из труб (рис. 4, б).

Применение высококипящих органических теплоносителей (ВОТ) позволяет, как правило, снизить давление в рубашках и змеевиках до атмосферного (теплоноситель в жидкой фазе) или несколько повышенного (в паровой фазе до $60 - 70 \text{ н/см}^2$) и, следовательно, сокращает расход металла

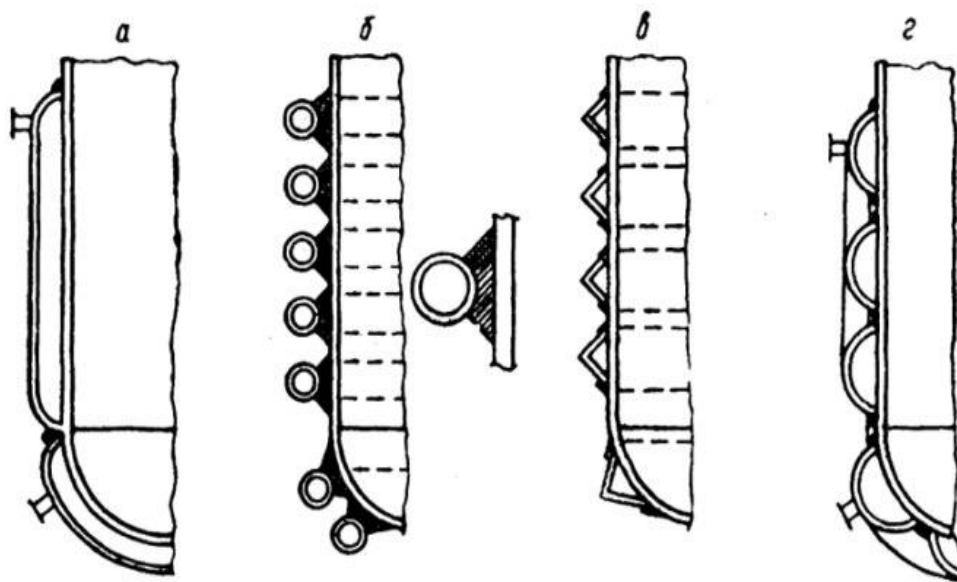


Рис. 4. Внешние поверхности теплообмена реакторов:
а – рубашка; *б* – приварной змеевик из труб; *в* – приварной угловой змеевик;
г – рубашка с вмятинами

на изготовление аппарата. Вместе с тем использование ВОТ связано с дополнительными начальными и эксплуатационными расходами на комплектующее оборудование, например, парокотельную установку ВОТ, либо циркуляционную систему с нагревателями, холодильниками, насосами и расширительным сосудом.

Поэтому при проектировании установки в составе одного или нескольких реакторов малой емкости может оказаться более рентабельным прямое электрообогревание аппаратов, без промежуточного теплоносителя, т. е. за счет омического сопротивления внешних электронагревательных

спиралей или же индукционного сопротивления стенки самого аппарата, окруженного снаружи индуктором. Второй вариант электрообогревания является более прогрессивным, так как при этом повышается коэффициент теплопередачи к реакционной массе (тепло генерируется в стенке реактора), снижается опасность местных перегреваний, уменьшаются теплотери и облегчается (при необходимости) взрывобезопасное исполнение электросхемы.

Вследствие повышенной стоимости единицы тепла, полученного электрическими методами нагревания, возможна комбинация дешевого теплоносителя (водяной пар, вода) в период низкотемпературного нагревания с электронагреванием при дальнейшем подъеме температуры. Обратные холодильники кожухотрубного или змеевикового типа применяются для комплектования аппаратов, в которых необходимы конденсация и возврат паров растворителей или других летучих компонентов, образующихся в процессе реакции. Отбор тепла испарения при конденсации летучих в обратных холодильниках равнозначен охлаждению реакционной массы в котле и, таким образом, эти вспомогательные аппараты играют роль дополнительной поверхности теплоотвода в период реакции.

Перемешивание реакционных смесей осуществляется с помощью мешалок различных типов, в зависимости от характера процесса (гомогенный или гетерогенный) и вязкости смесей. Чаще других используются:

- пропеллерные и турбинные мешалки – при обработке растворов и суспензий;
- лопастные мешалки – для тех же целей, но при больших реакционных объемах;
- якорно-лопастные мешалки – при образовании вязких полимеров, склонных к налипанию на стенках корпуса реактора.

Для большей интенсификации перемешивания в отдельных случаях применяется установка перегородок, ножей и диффузоров.

Для герметизации места прохода через крышку аппарата валов мешалок применяются сальниковые или так называемые торцовые уплотнения. Классификация реакционных аппаратов периодического действия для получения высокомолекулярных материалов может быть представлена схемой (рис. 5).

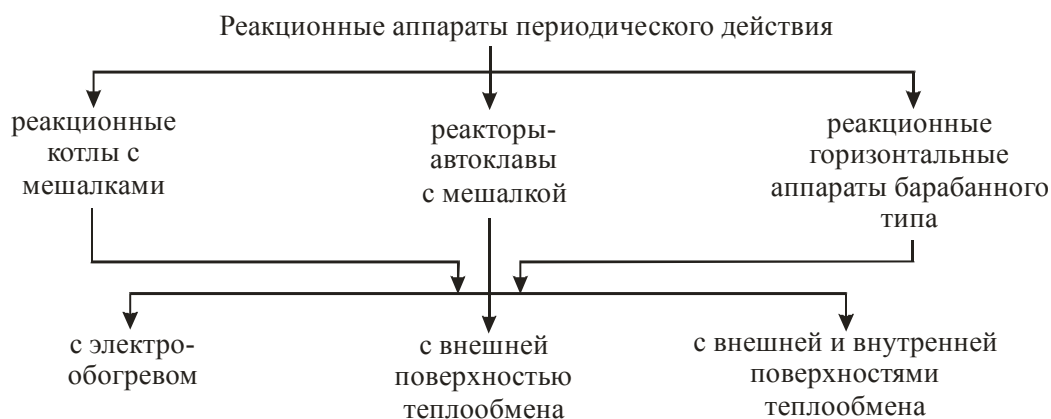


Рис. 5. Классификация реакционных аппаратов периодического действия

Применение различных типов реакторов периодического действия

Реакционные котлы с мешалками

Широко применяются в ряде производств конденсационных (фенольно-формальдегидных, мочевино-формальдегидных, эпоксидных и полиэфирных смол, глифталевых смол и лаков) и полимеризационных смол (поливинилацетата, поливинилацеталей, эмульсионного полистирола, полиакрилатов).

Могут снабжаться двумя мешалками при варке смол в тех случаях, когда по условиям технологического процесса необходимо интенсивное перемешивание и непрерывное удаление плёнки или осадков, образующихся на его внутренних поверхностях.

Для варки феноло-формальдегидных смол применяются так называемые моноаппараты – в которых осуществляется сразу два и более процессов (в частности – варка и сушка смолы).

В зависимости от масштаба производства реакционные котлы имеют ёмкость от 0,5 до 10 м³.

Реакторы-автоклавы

Автоклавы находят применение для ряда периодических процессов, проводимых при повышенных давлениях: полимеризации хлорвинила по суспензионному методу, хлорвинилидена, этилена по циклическому методу, фторопластов, капролактама и других, а также эфиризации (этилцеллюлоза, метилцеллюлоза) и некоторых процессов поликонденсации. В этих случаях используются преимущественно автоклавы вертикального типа с мешалками и рубашками.

Реакторы барабанного типа

Горизонтальные реакционные барабаны с вращающейся внутри барабана мешалкой или дырчатой корзиной применяются в производстве ацетилцеллюлозы (триацетата и диацетата) и иногда в некоторых полимеризационных процессах (например, для полимеризации хлорвинила в периодическом процессе на некоторых зарубежных заводах).

Применение для ацетилирования целлюлозы аппаратов барабанного типа объясняется, главным образом, необходимостью тщательной многократной пропитки ацетилирующими смесями больших объёмов рыхлого волокнистого сырья. Для этого требуются мощные перемешивающие приспособления или циркуляционные пропиточно-отжимные устройства, установка которых в аппарате вертикального типа большой ёмкости встречает конструктивные затруднения.

3. РЕАКЦИОННЫЕ АППАРАТЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В современных условиях резкого роста продукции высокополимеров всех типов, сохранение реакторов периодического действия становится тормозом технического прогресса, а поэтому переход на непрерывные методы производства является одной из самых актуальных задач.

В различных отраслях промышленности пластических масс и смежных производств переход к непрерывным процессам уже осуществлен. Так, непрерывно действующие реакторы находят применение в производствах полистирола по блочному методу и его сополимеров (например, каучуков

типа СКС), полихлорвинильных смол по эмульсионному методу, полиизобутилена в растворе жидкого этилена, полиэтилена высокого давления, полиэтилена низкого давления, новолачных феноло-формальдегидных смол и других продуктов.

Непрерывные методы проведения реакционных процессов наиболее рациональны в тех случаях, когда ими обеспечивается не только улучшение качественных показателей процесса, но и снижение удельного объема аппаратов. Длительность реакции в заданных пределах превращений (т. е. конверсия) с переходом на непрерывный процесс сокращается не в силу самого факта непрерывности, а лишь при условии одновременной интенсификации реакции, путем подбора наивыгоднейших условий ведения отдельных стадий процесса в различных зонах одного аппарата или в ряде последовательно установленных аппаратов. Если условия интенсификации не будут обеспечены, непрерывный процесс может оказаться длительнее периодического и соответственно вызовет увеличение удельных объемов аппаратуры.

По совокупности трудностей, возникающих при переходе на непрерывные методы работы, реакционные процессы могут быть расположены в следующей последовательности:

- 1) с высокой скоростью реакции во всем интервале концентраций мономера и полимера;
- 2) с высокой скоростью реакции только при низкой степени превращения и вытекающей отсюда необходимостью в регенеративном цикле;
- 3) с малой скоростью превращений.

К первым двум видам процессов относятся главным образом реакции поликонденсации, к третьему и частично ко второму процессы полимеризации. Непрерывные процессы полимеризации и поликонденсации и поликонденсации могут осуществляться в аппаратах «идеального

вытеснения» и «идеального смешения», а также в реакторах комбинированного типа (рис. 6).

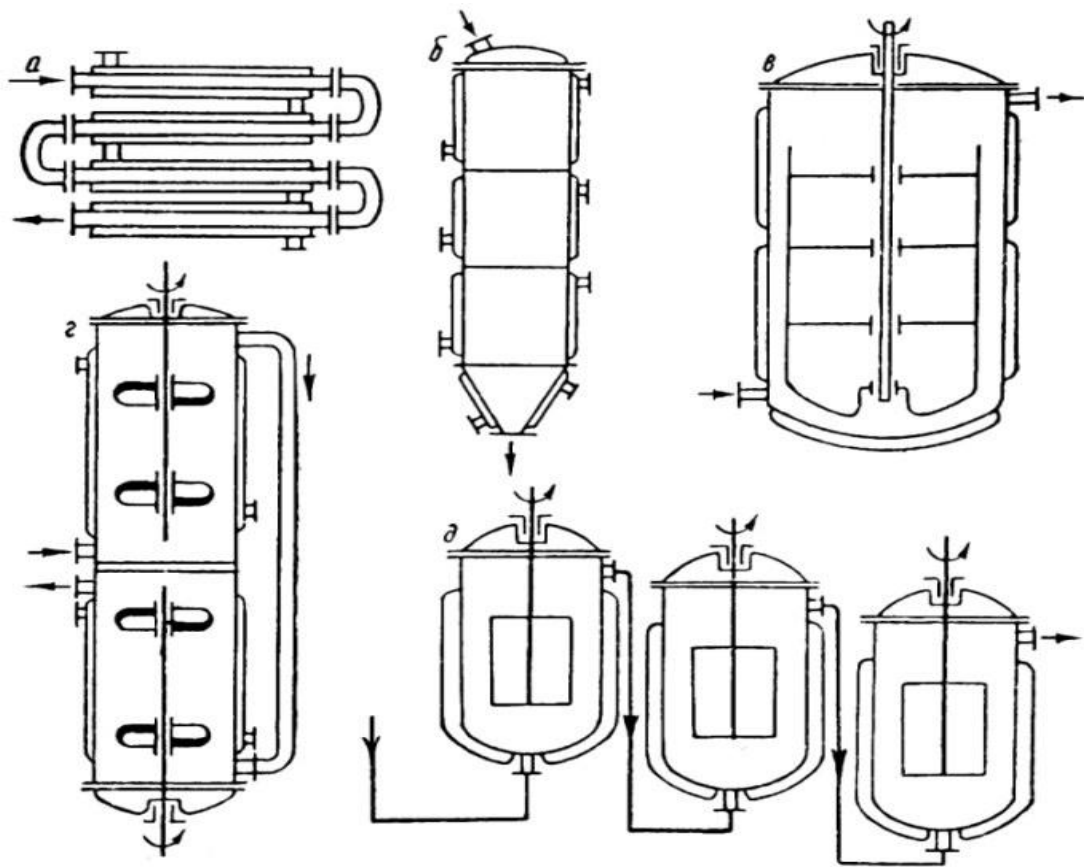


Рис. 6. Схемы реакторов непрерывного действия: а и б – аппараты вытесняющего действия (а – трубчатка, б – колонна); в – аппарат «идеального смешения» (котёл с мешалкой); г и д – комбинированные аппараты (г – секционная колонна, д – каскад реакционных котлов)

Устройство и классификация реакционных аппаратов непрерывного действия

Типичным аппаратом «идеального вытеснения» является змеевик, или трубчатка, с одного конца которого подводится мономер (или смесь мономеров), а из другого выводится полимер, содержащий некоторое количество непрореагировавшего мономера. Состав реакционной массы (мономер-полимер) непрерывно изменяется по длине аппарата и соответственно непрерывно изменяются скорость реакции, интенсивность тепловыделения и другие параметры процесса. Использование для таких процессов змеевика с рубашками (типа «труба в трубе») позволяет наивыгоднейшим образом конструктивно оформить отдельные секции

аппарата. Так, легко осуществимы изменения (по секциям) интенсивности теплообмена, расчленение подачи различных регуляторов реакции (при применении окислительно-восстановительных систем), изменение скорости продвижения реакционной массы за счет соответствующего изменения диаметров труб.

Таким образом, аппараты «идеального вытеснения» не только обеспечивают возможность перехода от периодических процессов к непрерывным, но и способствуют интенсификации этих процессов. Коэффициент полезного действия по времени – это отношение времени пребывания исходного вещества в реакционной зоне периодически действующего аппарата к необходимому времени пребывания его в зоне реакции аппарата непрерывного действия той же емкости (при одинаковой степени превращения). Для аппаратов «идеального вытеснения» он не должен быть меньше 1. При условии надлежащего использования отмеченных выше их конструктивных преимуществ это значение может оказаться значительно больше 1.

Широкому применению аппаратов «идеального вытеснения» типа змеевиков в основном препятствуют два обстоятельства:

1. При небольшой средней скорости движения реакционной массы в аппарате (ламинарном характере течения), градиент скоростей по сечению трубы весьма значителен (рис. 7, а). Поэтому этому внешние слои потока проходят весь путь по длине аппарата в течение большего периода времени, нежели его ядро. Такое неравенство времени пребывания в реакционной зоне неизбежно приводит к одновременному образованию продуктов с различными свойствами.

Переход к турбулентному режиму движения (рис. 7, б) улучшает эпюру скоростей в сечении и, следовательно, сокращает колебания свойств смеси выходящих полимеров, но одновременно вызывает усложнение конструкции аппарата, Турбулизацию потока можно обеспечить как путем увеличения скорости подаваемой в аппарат массы, так и установкой между отдельными

секциями дробящих поток диафрагм, сопел-ускорителей и других средств, однако не всегда эффективных (например, при образовании в процессе реакции высоковязких продуктов).

2. При осуществлении процессов в гетерогенных условиях (суспензионная и эмульсионная полимеризация, гетерогенная эфировизация) возникает опасность постепенного осаждения полимеров на стенках змеевика или даже полного забивания прохода в трубах. Забивание сечения не исключается также при проведении процессов блочной полимеризации и полимеризации в растворителях, если конечный продукт (расплав) при рабочей температуре отличается высокой вязкостью.

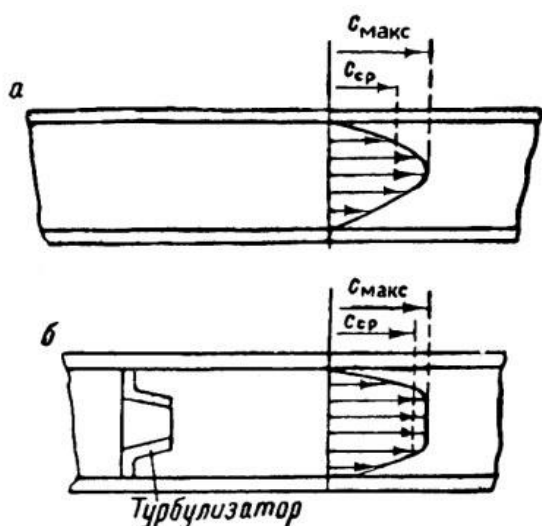


Рис. 7. Эпюры скоростей в сечении трубы:
а – ламинарный поток;
б – турбулентный поток.

Таким образом, трубчатые аппараты «идеального вытеснения» нельзя рассматривать в качестве универсальных реакторов непрерывного действия. Их можно рекомендовать для ведения процессов полимеризации в стойких водных эмульсиях и в некоторых случаях для полимеризации и поликонденсации в растворах.

Принцип идеального вытеснения может быть аппаратно оформлен не только в виде трубчатки, но и в виде колонн, ленточных полимеризаторов и т. д. Однако эти формы встречаются реже и в какой-то мере сочетаются с аппаратами смешения.

Типичными аппаратами «идеального смешения» являются реакционный котел и автоклав с мешалкой при достоянном питании исходной реакционной смесью и непрерывном отборе готового продукта. При достаточно интенсивном перемешивании и правильном соотношении объема и производительности состояние реакционной массы в аппарате будет установившимся во времени и объеме как по концентрации

действующих масс, так и по температуре, удельной поверхности фазового контакта и другим факторам. Объем такого аппарата должен быть относительно велик (по сравнению с заданной объемной производительностью), так как только при соблюдении, этого условия процесс в аппарате будет протекать с постоянной концентрацией и заданной степенью превращения, причем в любой точке реакционного объема концентрации реагентов будут равны их конечным значениям.

Схема классификации реакционных аппаратов непрерывного действия для полимеризации, поликонденсации, эфиризации и др. процессов представлена на рис. 8.

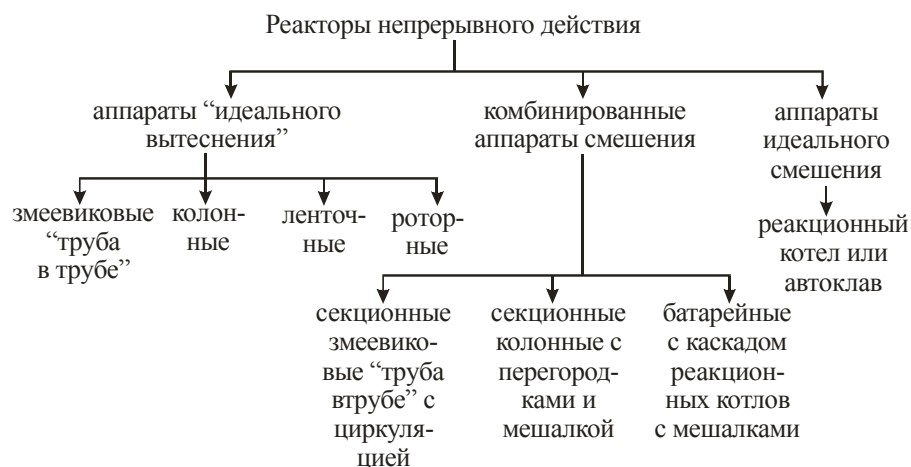


Рис. 8. Классификация реакторов непрерывного действия

Применение различных типов реакторов непрерывного действия

Трубочатка (идеального вытеснения)

Применяется для полимеризации этилена высокого давления. Этилен под давлением $13000 - 15000 \text{ н/см}^2$ ($1300 - 1500 \text{ ат}$) непрерывно поступает во внутреннюю трубку аппарата типа «труба в трубе», нагревается в верхних секциях до $160 - 170^\circ\text{C}$, полимеризуется сначала в средних и далее в нижних секциях при $180 - 200^\circ\text{C}$ с выделением тепла, отводимого перегретой водой. На выходе незаполимеризованный этилен выводится в систему очистки и возврата, а полимеризат – в приёмник, откуда выходит в виде жгута.

Колонные аппараты (идеального вытеснения)

Находят также применение в процессах непрерывной полимеризации стирола и капролактама и встречаются нескольких модификаций. Могут

состоять как из одной колонны, так и из трёх вертикальных колонн, соединённых между собой по принципу сообщающихся сосудов.

Ленточные реакционные аппараты (идеального вытеснения)

Ленточные реакционные аппараты можно также отнести к числу аппаратов вытесняющего типа. Проведение процессов полимеризации, поликонденсации или эфиризации на непрерывно движущейся ленте возможно лишь при наличии ряда особых условий, редко встречающихся при подобных операциях. К числу таких своеобразных реакционных процессов относятся полимеризация изобутилена в растворе этилена, гетерогенная эфиризация целлюлозы (ацетилирование), и некоторые другие процессы (например, получение полиуретановых пенопластов). В последнем случае ленточная (так называемая «разливочная») машина используется не только для реакции взаимодействия полиэфирной смолы с изоцианатом, но и для формообразования ленты из пенопласта.

Полимеризация изобутилена с образованием высокомолекулярного полиизобутилена ведется в растворе жидкого этилена (1:1) при весьма низких температурах (163 – 173 К).

Раствор указанного состава вместе с катализатором непрерывно подается при атмосферном давлении на вогнутую (в поперечном сечении) движущуюся ленту.

Изобутилен полимеризуется чрезвычайно энергично на первом же коротком участке ленты при одновременном испарении этилена, обеспечивающим отвод тепла реакции (до 42 000 кДж/кг). Таким образом, этилен является в данном процессе не только растворителем, но и хладагентом. К выходному концу ленты на ней остается только губчатая масса изобутилена, содержащая некоторое количество газообразного этилена, направляемая затем в шнековый мастикатор для выделения остатков этилена.

Форполимеризатор (идеального смешения)

Применяется для непрерывной блочной полимеризации стирола. Представляет собой типичный реакционный котёл с рамной мешалкой и двухсекционной рубашкой. Стирол непрерывно поступает в верхнюю часть аппарата, выпуск раствора полимера в мономере происходит через штуцер в днище котла.

Секционный колонный реактор (комбинированный)

Применяется для непрерывной полимеризации новолачных смол. Аппарат смешения, может быть образован тремя-четырьмя последовательными секциями. Реакционная смесь поступает в нижнюю часть верхней секции и после частичной полимеризации непрерывно перетекает через верхний штуцер этой секции в нижнюю часть средней секции и т. д.

Каскад реакторов смешения

Используются в крупнотоннажных производствах дивинилстирольных каучуков. Представляют собой котлы ёмкостью 10 – 20 м³ с мешалками, устанавливаемые каскадом. Выполняются из нержавеющей стали, снабжаются рубашкой со спиральным ходом хладагента и внутренним стаканом или змеевиком, а также мешалкой.

4. СМЕСИТЕЛИ

В большинстве производств пластических масс, а также при их переработке – для смешения исходных материалов или полупродуктов и для усреднения партий полученного продукта – необходимо проводить перемешивание материалов на различных стадиях технологического процесса. В одних случаях подвергаются смешению сыпучие компоненты различных композиций, например, измельченная синтетическая смола и наполнители (древесная мука, барит, каолин, линтер и др.), в других – порошкообразные, гранулированные или волокнистые материалы и жидкие пластификаторы, или красители, в третьих – пластические материалы. Иногда механическое смешение совмещается с физико-химическими процессами пластикации.

Смесительные машины, применяемые в промышленности пластмасс, можно условно разделить на следующие группы:

Валковые (главным образом периодического действия) и шнековые машины (непрерывного действия), как правило, используются для глубокого смешения (гомогенизации) и пластикации уже предварительно замешанных пластических материалов. Барабанные, барабанно-лопастные и частично лопастные служат для смешения сыпучих, гранулированных и волокнистых материалов.

В данном разделе будут рассмотрены смесители: барабанные, лопастные и комбинированные, а также пневматические.

Валковые и шнековые смесители-пластификаторы будут рассмотрены совместно с валковыми и шнековыми машинами иных назначений.

Механические смесители для сыпучих материалов

Смешение сыпучих материалов производится главным образом в барабанных, барабанно-лопастных, или лопастных смесителях, принципиальные схемы которых приведены на рис. 9.

Барабанные смесители (а – д) пригодны для смешения любых сыпучих компонентов и применяются исключительно в качестве машин периодического действия.

Лопастные одновальные (е) и двухзальные (ж) смесители изготавливаются для периодических и непрерывных процессов; в первом случае они снабжаются реверсивным приводом и используются для смешения любых компонентов, во втором – без чрезмерного увеличения длины машины, только для смешения материалов, не отличающихся резко по плотностям.

Комбинированные смесители (з) периодического и непрерывного действия имеют такую же длину, как и смесители *е* и *ж*, и обеспечивают более интенсивное перемешивание.

Центробежные смесители (и) представляют собой высокоинтенсивные машины, обеспечивающие в короткие сроки смешение

компонентов, сильно отличных по плотностям и дисперсности как в периодическом, так и в непрерывном процессах.

Пневматические смесители для сыпучих материалов

Кроме описанных выше конструкций аппаратов для смешения материалов, в которых этот процесс осуществляется путем непосредственного воздействия на перемешиваемый материал различного рода механизмами, в последнее время начинают применять смесители с использованием кинетической энергии воздуха или инертных газов, если по своим физико-химическим свойствам перемешиваемые материалы исключают возможность присутствия кислорода.

Такие смесители работают на принципе создания «кипящего слоя» или псевдооживленного состояния порошковых материалов, широко применяемого в промышленности для проведения различного рода физико-химических процессов.

Для перевода порошковых материалов в псевдооживленное состояние необходимо пропускать через их слои, лежащие на перфорированном днище аппарата (решетки, колосники, пористая плита и т. п.), газ в направлении снизу-вверх. При этом возникает взаимодействие кинетической энергии газа и силы тяжести зерен порошка. При малых скоростях газа последний будет фильтроваться, проходя через неподвижный слой порошкового материала, так как сила трения о зерна газа, обусловленная кинетической энергией последнего, будет уравниваться силой тяжести зерна. При увеличении скорости газа неподвижность слоя нарушается и будет наблюдаться движение самих зёрен. Дальнейшее увеличение скорости газового потока повлечёт унос зёрен в виде взвеси, т. е. переход системы в состояние соответствующее пневмотранспорту.

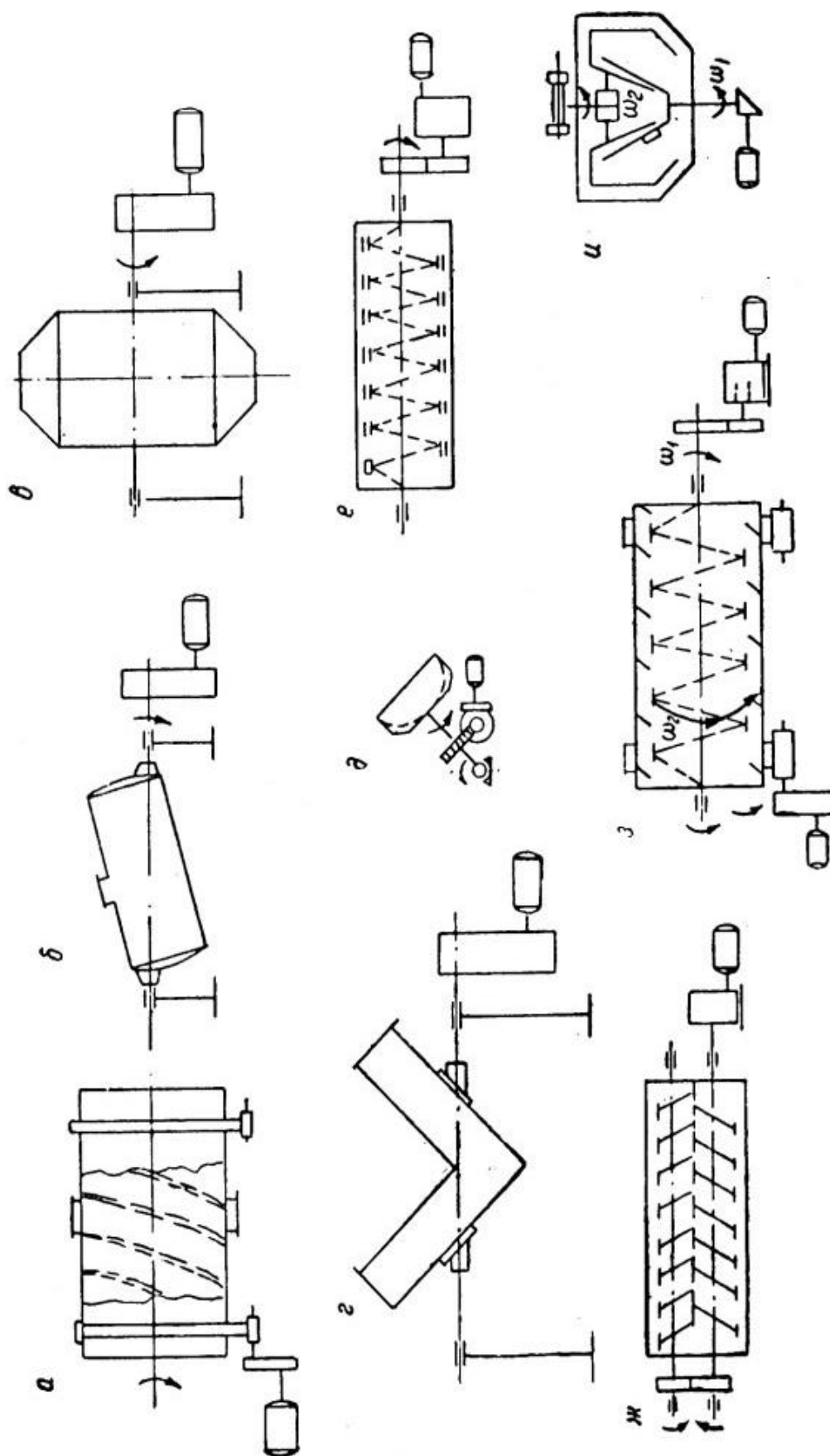


Рис. 9. Схемы смесителей для сыпучих материалов: а – смесовой барабан; б – «пьяная бочка»; в – биконический смеситель; г – угловой смеситель; д – наклонная чаша; е – лопастной одноосный смеситель; ж – двухосный смеситель; з – комбинированный смеситель; и – центробежный смеситель; у – биконический смеситель.

Мешатели пластических масс

Перемешивание исходных сыпучих, волокнистых или иных материалов с пластификаторами и доведение получаемой массы до комкообразного или тестообразного состояния производится в лопастных мешателях периодического действия более тяжелых моделей, чем для приготовления смесей, сохраняющих сыпучесть до конца операции.

Помимо значительного повышения мощности перемешивающих органов и придания корпусам машин большей жесткости, при конструировании мешателей рассматриваемого назначения необходимо дополнительно решать задачи теплоотвода, механизации загрузки и выгрузки, чистки и др.

В настоящее время в промышленности пластических масс находят применение двухвальные смесительные машины без давления, называемые обычно просто мешателями, и машины с постоянным давлением на массу, обеспечивающим поджатие массы к перемешивающим органам, называемые пластосмесителями. Первые характеризуются значительной емкостью смесительной камеры (100 – 1000 л), небольшой интенсивностью и большей длительностью цикла перемешивания, вторые – меньшей емкостью камеры (40 – 300 л), коротким циклом и значительной мощностью (до 700 кВт).

Мощные пластосмесители используются для пластикация полиэтилена с полиизобутиленом и успешно, с большей эффективностью, начинают применяться при переработке полихлорвиниловых масс вместо мешателей простейшего типа.

На рис. 10 показаны различные лопастные валы, устанавливаемые в двухвальных мешателях.

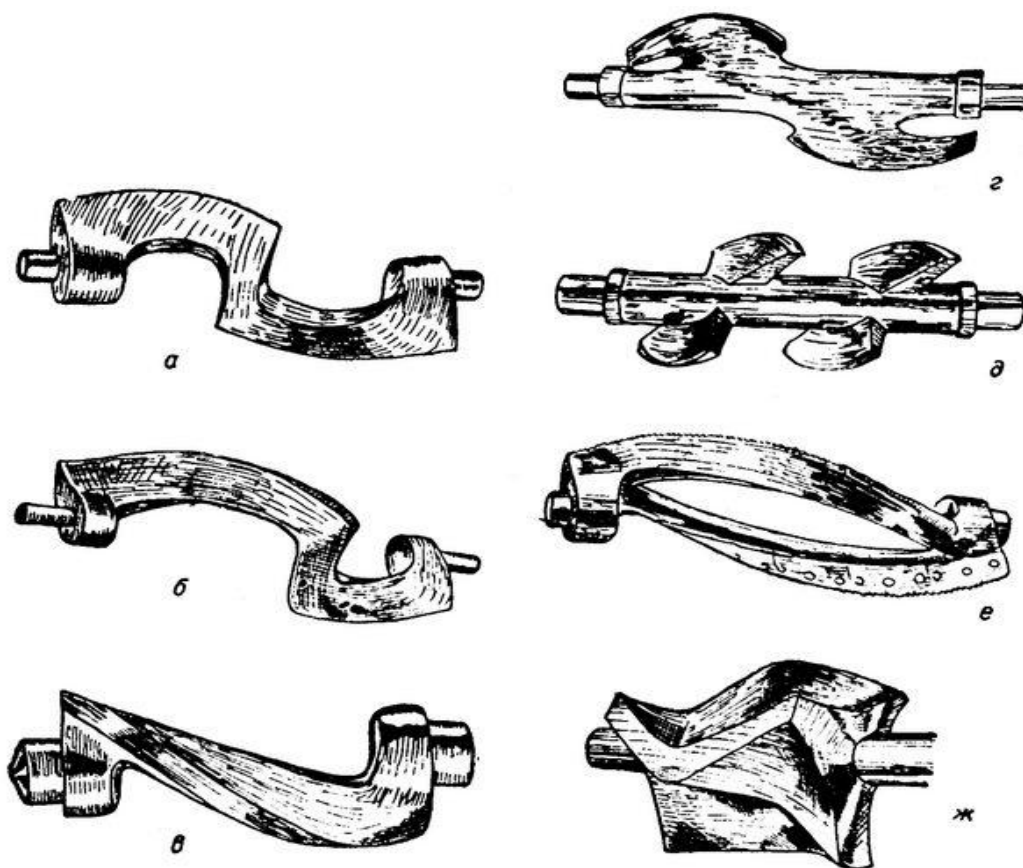


Рис. 10. Формы лопастей двухвальных мешателей: *a - z* — для перемешивания масс умеренной вязкости; *e* — для перемешивания масс с волокнистыми компонентами; *d* и *ж* — для перемешивания тяжёлых вязких масс

Смесители для паст и синтетических замазок

Синтетические пластические материалы типа паст являются обычно полупродуктами, используемыми затем для намазки на ткань (полихлорвиниловые пасты), формования изделий (сырая фаолитовая масса, водные акрилатные пасты и др.), приготовления волокнистых прессовочных композиций (волокнит) и т. п.

В зависимости от плотности и вязкости паст, получаемых смешением порошков с пластификаторами и наполнителями, либо эмульсий с наполнителями операция перемешивания осуществляется в мешателях или в. смесительных машинах более легкой конструкции.

Для получения паст небольшой вязкости и клеев используют якорные, планетарные и вихревые мешалки различных конструкций. Для полихлорвиниловых паст с большим содержанием пластификаторов

(отношение смолы к пластификатору $\leq 1:1$), следовательно, с лучшей текучестью, можно применять центробежные смесительные машины, которые обладают большой производительностью. Эти типы машин изготавливаются емкостью от 1 л и до нескольких тонн пасты. Перемешивание паст средней вязкости может производиться на облегченных лопастных мешателях с опрокидывающимся корытом или с нижним сливным штуцером.

5. ВАЛКОВЫЕ МАШИНЫ

Валковые машины представляют собой ряд массивных вращающихся валков (от 2 до 5), горизонтальные оси которых параллельны друг другу; цапфы валков опираются на подшипники, размещенные в станине, причем валки приводятся во вращение от общего или отдельных электродвигателей через соответствующие передачи. Окружная скорость всех валков может быть одинаковой либо их отношение в каждой паре валков, называемое фрикцией F , колеблется, в зависимости от назначения машины, в пределах от $F = 1 : 1$ до $F = 3 : 1$. Загружаемый на валки материал затягивается в зазор между ними, деформируется, прилипает к валкам и срезается с одного из них по окончании обработки.

В промышленности пластических масс валковые машины находят применение:

- для интенсивного перемешивания, гомогенизации компонентов сырой смеси (синтетических или искусственных полимеров, наполнителей, пластификаторов и др.) и пластикации, т. е. внедрения пластификаторов между макромолекулами полимеров;
- для получения листов или пленки из провальцованной или иначе обработанной массы.

В первом случае используются горизонтальные двухвалковые машины (вальцы), во втором – многовалковые (каландры).

К вспомогательным машинам того же класса валковых машин относятся:

□ краскотерочные трехвалковые машины для предварительной обработки (перетир) паст, в состав которых входят жидкие компоненты смеси (пластификаторы и т. п.) и красящие вещества (пигменты);

□ дробильные вальцы для размола или расщепления некоторых видов сырья (линтер, барит, каолин и т. п.), полупродуктов или отходов.

Обрабатываемые на вальцах и каландрах полупродукты при их проходе через зазоры между валками находятся в пласто-эластическом состоянии, причем на некоторых стадиях обработки преобладают пластические свойства (вальцевание, начало каландрирования), на других – эластические (каландрирование с получением листов, дублирование пластиков с тканью или бумагой, тиснение и печатание узоров). В процессе обработки на валках масса интенсивно нагревается как в результате внутреннего трения (вязкости) ее слоев, так и в большинстве случаев вследствие дополнительного нагревания теплоносителем, циркулирующим в полости валков.

Таким образом, обработка на валках представляет собой сложный процесс термомеханического воздействия на пласто-эластичный материал.

Материал подается на валки в виде отдельных кусков (например, полиэтилен, целлулоидная масса), порошкообразных или рыхлых волокнистых масс (фенопласты, аминопласты, этрол, полихлорвиниловые композиции и т. п.). Вследствие трения и адгезии загружаемый материал затягивается в зазор между валками и по выходе из него прилипает к одному из валков (в зависимости от разности температур поверхности валков и фрикции). Процесс гомогенизации и пластикации требует многократного пропуска массы через зазор и осуществляется циклически или непрерывно.

На вальцах циклического (периодического) действия после загрузки (одновременно одной или последовательно несколькими порциями сырья) прилипающая к одному из валков масса в течение времени τ повторно

проходит через зазор и в это же время дополнительно перемешивается вследствие неравенства окружных скоростей валков и дополнительной подрезки массы на отдельных участках по длине валка.

После многократных пропусков через зазор, число которых. Определяется произведением времени τ на число оборотов в минуту, провальцованная масса срезается отдельными полосами либо сразу по всей длине валка и сматывается в рулон (рис. 11).

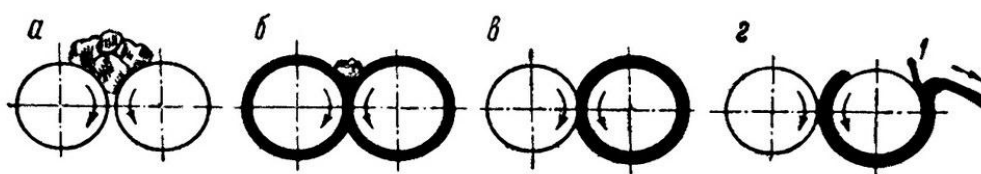


Рис. 11. Схема обработки массы на вальцах периодического действия:
а – загрузка навески; б – вальцевание; в – переход массы на один валок;
г – срез массы

На вальцах непрерывного действия материал подается с одного торца или в середине валков непрерывно, проходит между валками в течение τ мин, одновременно совершая вращательное и поступательное движения вдоль

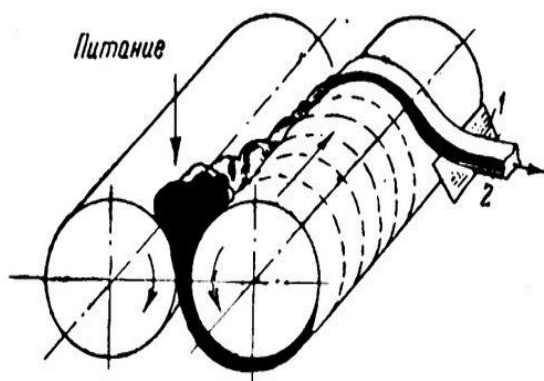


Рис. 12. Схема обработки массы на вальцах непрерывного действия:
1 – нож; 2 – срезаемая непрерывная лента массы

валка, т. е. перемещается к другому торцу (или к обоим торцам) по винтовому пути и непрерывно срезается в виде узкой ленты. Процесс непрерывного вальцевания с односторонней подачей сырья изображен на рис. 12.

Технология непрерывного вальцевания является несомненно прогрессивной, так как при этом исключается непроизводительная работа

вальцов во время загрузки, выгрузки и между циклами, и облегчается решение задачи механизированной подрезки массы для интенсификации ее перемешивания. В настоящее время непрерывное вальцевание внедрено для

обработки все расширяющейся номенклатуры марок пластмасс (например, фено- и аминопласты).

В зависимости от вида перерабатываемой массы и принятой технологии вальцы дооборудуются соответствующими приспособлениями:

- ☐ продольным ножом, подвешенным на кронштейнах к станинам, для срезания материала;
- ☐ фигурным верхним ножом, закрепляемом на валике или винте над передним валком, для периодической подрезки массы;
- ☐ комплектом ножей для непрерывной срезки ленты материала и транспортером для ее удаления;
- ☐ фартуком, т. е. вертикально замкнутым транспортером для возврата просыпающегося материала в зазор между валками.

Все пластикационные вальцы снабжаются вентиляционными колпаками с отсосом, а в случае выделения большого количества легколетучих компонентов полностью капселируются.

Разновидности каландров, применяемые в промышленности пластических масс, довольно многочисленны и могут быть классифицированы по различным признакам:

По функциональному назначению:

- ☐ универсальные каландры для выработки калиброванных листов и пленки;
- ☐ тиснильные каландры для образования рельефных узоров на листовом материале;
- ☐ печатные каландры для нанесения на пленку цветных рисунков;
- ☐ дублировочные каландры для получения двухслойных материалов (пластик на бумажной или текстильной основе).

По количеству и схеме размещения валков:

- ☐ трех- или четырехвалковые каландры (в редких случаях так же и пятивалковые);
- ☐ Г-, L-, I-, Z- и S-образные каландры (рис. 13).

По типу привода:

- каландры с одним общим приводом и передаточными шестернями на валках;
- то же, но с передаточными шестернями, выделенными в отдельный блок и соединяемыми с валками при помощи шарниров;
- каландры с индивидуальными фланцевыми электродвигателями и редукторами к каждому валку.

По характеру давления валков на материал:

- с регулируемым давлением валков и изменяемым при помощи нажимных устройств зазором между ними (универсальные каландры);
- с постоянным давлением валков и переменным, автоматически меняющимся зазором в зависимости от толщины материала (специальные каландры – дублировочные, тиснильные).

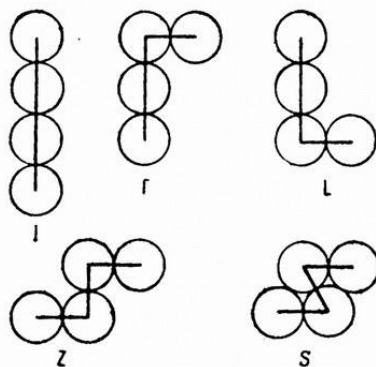


Рис. 13. Схемы каландров

Каландры в настоящее время зачастую комплектуются со шнековыми экструзионными машинами (рис. 14). Лента бумаги или ткани и пленка, экструдированная шнековой машиной, поступают одновременно в зазор приемных валков каландра и дублируются. Для отделки листовых пластиков или пленок применяются тиснильные и печатные каландры.

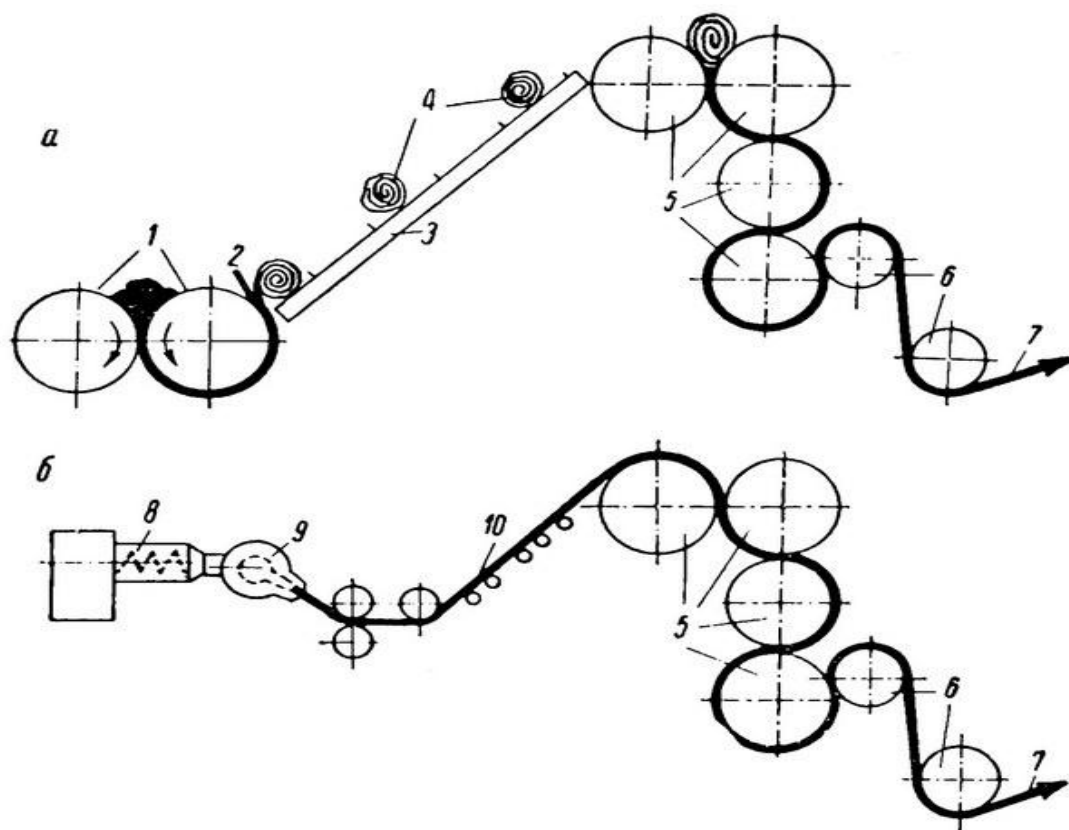


Рис. 14. Каландры:

a – с питанием от валцов циклического действия;

б – с питанием от шнековой машины с щелевой головкой:

- 1 – валцы;
- 2 – нож;
- 3 – транспортёр;
- 4 – рулоны вальцованной массы;
- 5 – каландр;
- 6 – охлаждающее устройство;
- 7 – готовый листовой пластик;
- 8 – шнековая машина;
- 9 – щелевая головка;
- 10 – лента пластика

6. ШНЕКОВЫЕ МАШИНЫ (ЭКСТРУДЕРЫ)

К экструдерам относятся разнообразные по назначению и по деталям конструктивного исполнения машины, главным рабочим органом которых является массивный винт (шнек). Любая шнековая машина состоит из одного

или нескольких шнеков, цилиндра, загрузочного устройства и экструзионной головки.

Шнек, получающий вращение от главного привода, продвигает расплав перерабатываемого материала вдоль цилиндра и создает давление, необходимое для его выдавливания через головку. За время своего пребывания в цилиндре, материал перемешивается и разогревается. В большинстве случаев перемешивание и нагревание материала являются необходимыми и полезными для завершения операций, проводимых в таких машинах. Шнековые машины применяются при переработке полимеров, в основном, в качестве рабочих машин, выполняющих некоторые специфические технологические операции, а также для смешения вязких и сыпучих материалов.

Шнековые машины технологического назначения стали применяться в промышленности в середине XIX в. для производства макаронных изделий, а в 70-х годах того же столетия в качестве перемешивающих, фильтрующих и формовочных машин для переработки резины. С начала 30-х годов XX в. эти машины используются в ряде производств синтетических полимерных материалов.

В производстве пластических масс машины этого типа первоначально применили в производстве галалитовых прутков. Особенно широко их начали использовать в этой отрасли промышленности с 40-х годов XX в., главным образом, благодаря резкому увеличению выпуска термопластических материалов. В настоящее время шнековые машины применяют в промышленности пластмасс для проведения следующих операций:

- предварительного и глубокого смешения (гомогенизации, желатинизации, пластикации) высокополимеров с пластификаторами, наполнителями, красителями, стабилизаторами и т. п. в производствах феноло-формальдегидных пресс-порошков (шнек-процесс), а также полихлорвиниловых, полиэтиленовых и других

термопластических композиций, с выпуском для дальнейшей переработки в виде крошки, порошка или гранул;

□ дегазации (и, частично, гомогенизации) при производстве полимеров из газообразного сырья (полиэтилен, полиизобутилен);

□ формовки профильных, листовых и пленочных материалов из самых разнообразных термопластических композиций, а в некоторых частных случаях и из термореактивных порошков. Машины этого типа получили название экструзионных.

Принцип шнекования также используется в питательных узлах, комбинированных экструзионно-выдувных (производство полиэтиленовых флаконов и т. п. изделий) и шнеково-литьевых машин. Шнековые машины применяют и для переработки в гранулы обрезков пленки и других отходов, фильтрации и экструзии паст.

Таким образом, из машин, применяемых в процессах переработки пластических масс, шнековые машины являются наиболее универсальными и поэтому их используют все шире.

В зависимости от назначения, шнековые машины комплектуются специальными загрузочными узлами (бункеры с мешалками, вибрационные питатели, питающие шнеки, подающие валки) и разгрузочными устройствами. Классификация шнековых машин по конструктивному признаку представлена в виде схемы на рис. 15.

Питание шнековых машин в большинстве случаев производится порошкообразным или гранулированным холодным материалом. При продвижении вдоль оси шнека материал перемешивается, пластицируется и постепенно размягчается до вязко-текучего состояния. Интенсивность и глубина пластикации зависят от теплового режима машины и величины давления в ее цилиндре. Величина давления в цилиндре машины определяется сопротивлением, оказываемым выдавливаемой через мундштук разгрузочной головки массе. Эта величина зависит от размеров и формы каналов в мундштуке (т. е. эквивалентного диаметра и эквивалентной их

длины), вязкости, плотности, коэффициента трения продукта о стенки каналов и скорости выдавливания. Если сопротивление разгрузочной головки недостаточно для качественной пластикации массы, оно может быть повышено. Для этого вводят добавочные сопротивления – устанавливают дроссельные решетки, торпеды и т. п.

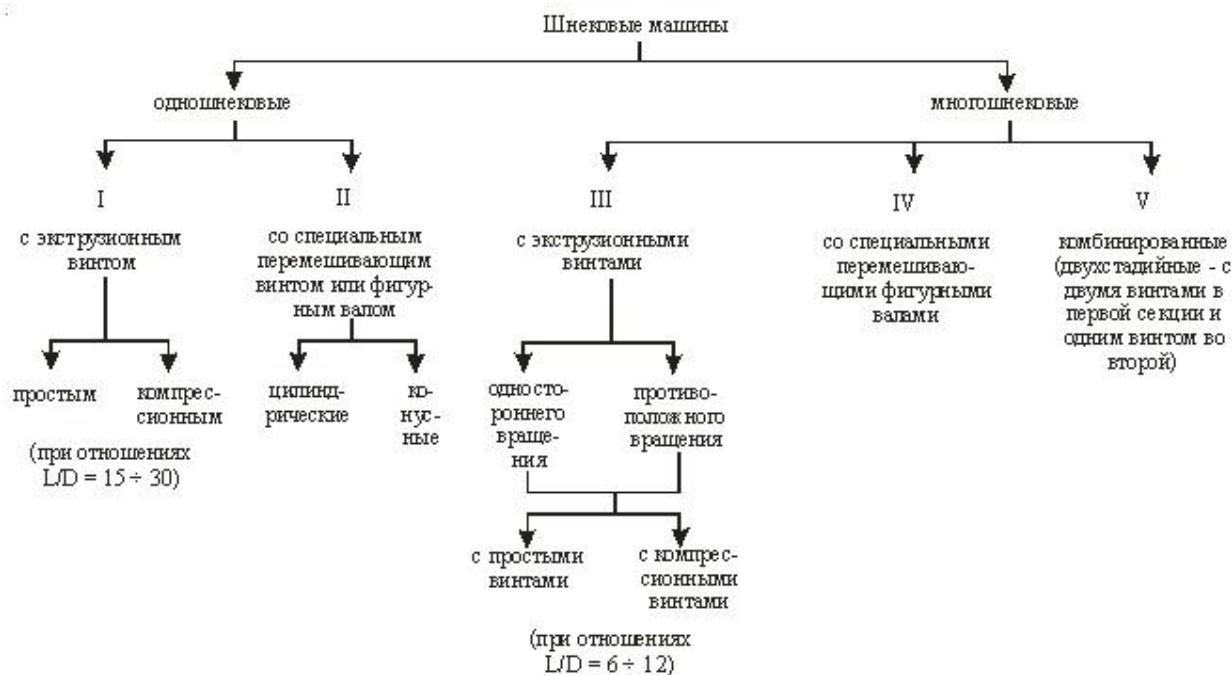
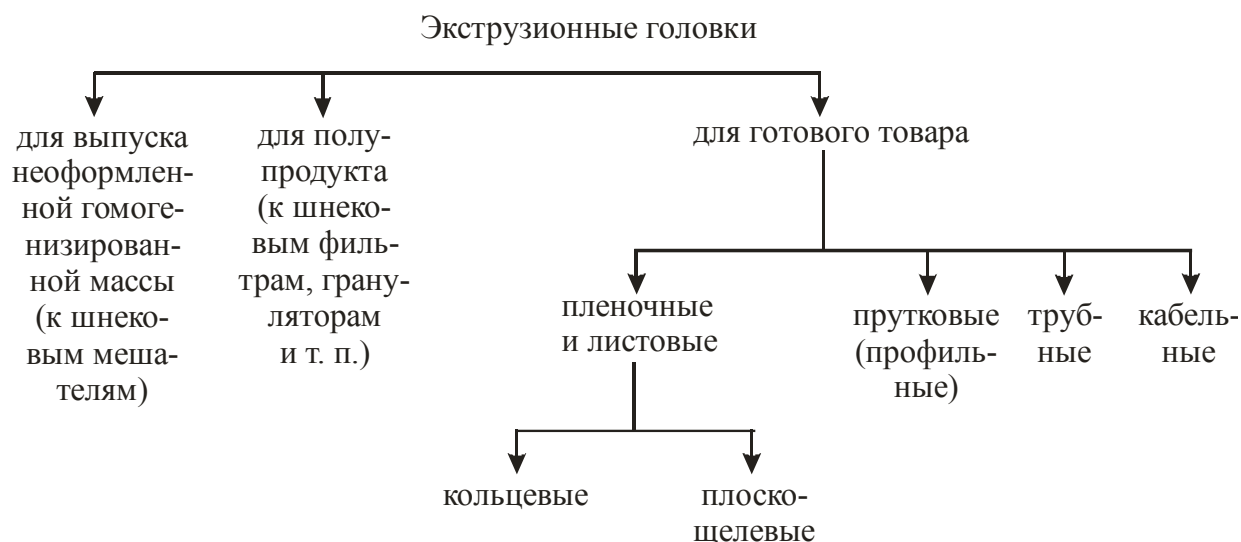


Рис. 15. Классификация шнековых машин

Шнековые машины могут выполнять функции смесителя, пластикатора и формообразующей машины. Это позволяет в ряде случаев использовать одну экструзионную червячную машину для всего комплекса операций, т. е. смешения, пластикации и формообразования. При требованиях лучшей гомогенизации и более глубокой пластикации необходимо устанавливать в потоке несколько шнековых машин или применять комбинированную двухстадийную червячную машину.

Соответственно многообразию функций шнековых машин разработано большое количество различных конструкций головок, классификация которых приводится в следующей схеме:



Шнековые мешатели непрерывного действия

Перемешивание полимерного сырья с наполнителями, пластификаторами и другими добавками, и частичная пластикация композиции в течение многих лет осуществлялось в мешателях периодического действия, описанных ранее. Увеличивающийся из года в год объем продукции пластиков поставил на очередь вопрос о новом аппаратном оформлении технологических процессов с учетом перехода на непрерывно-поточный метод производства.

Мешатели периодического действия, несмотря на все введенные в их конструкцию усовершенствования, затрудняют решение указанной задачи вследствие необходимости установки промежуточных емкостей.

Кроме того, агрегатное состояние полупродукта после мешателей (резиноподобные, волокнистые или комкующиеся массы) не способствуют их бункерованию и непрерывному питанию последующих аппаратов.

Существует несколько разновидностей шнековых мешателей непрерывного действия, с помощью которых можно успешно проводить перемешивание вязких, тяжелых в переработке масс.

В отечественной и зарубежной практике наметилось несколько путей развития конструкций шнековых мешателей, отличающихся как по форме цилиндров, так и по числу рабочих роторов. По этим признакам и приведена их классификационная схема:



Кроме того, применяют двухстадийные агрегаты, комплектуемые двумя последовательно расположенными мешателями.

Гомогенизаторы для термореактивных прессовочных композиций

Шнековые гомогенизаторы применяются в производстве пресс-порошков под названием «шнек-машины» и служат для глубокого смешения конденсационных смол с наполнителями и другими ингредиентами под давлением и при подогревании. Предварительно уже смешанная в определенной пропорции шихта окончательно гомогенизируется в шнек-машине и превращается после остывания в куски твердой ломкой массы, подвергаемые затем размолу. Длительность пребывания и температура шихты в цилиндре шнек-машины строго ограничиваются во избежание перехода смолы в последующие стадии отверждения и снижения текучести конечного продукта, т. е. пресс-порошков. Поэтому шнек-машины конструируются с коротким винтом (шнеком) при относительно высокой скорости вращения. Время пребывания массы в цилиндре не должно превышать приблизительно 0,5 мин, в том числе в зоне нагревания – нескольких секунд.

Двухстадийные шнековые мешатели-пластикаторы

Принципиально возможное совмещение в одной шнековой машине при удлиненном винте нескольких технологических операций: смешения сыпучих компонентов или их перемешивания с жидкостными добавками, пластикации, оформления продукта в виде гранул и т. п., во многих случаях, и особенно при трудно гомогенизирующихся массах, вызывает ряд серьезных трудностей по конструктивному оформлению таких машин. Решением является так называемая двухстадийная переработка с разделением перечисленных выше операций между двумя, реже, тремя

последовательно соединенными шнековыми машинами, каждая из которых по своей конструкции приспособлена для проведения только определенной операции.

При двухстадийной переработке на первой машине ведется перемешивание всех компонентов, а на второй пластикация и грануляция. При трехстадийной переработке на первой машине осуществляется предварительное смешение сыпучих компонентов, на второй их перемешивание с остальными ингредиентами, входящими в данную композицию, и на третьей пластикация и грануляция.

7. ЛИТЬЕВЫЕ МАШИНЫ

Одним из самых распространенных методов переработки термопластов является метод литья. Повышенная вязкость этих продуктов и высокие требования к качеству литья обуславливают целесообразность ведения этого процесса под давлением. Типичными литьевыми пластиками, переходящими в вязко-текучее состояние при сравнительно низких температурах (440–540 К), являются полистирол, композиции на его основе, сополимеры полистирола, ацетилцеллюлозный этрол, полиэтилен, поликапролактан (капрон) и другие полиамиды, пластифицированный полихлорвинил и т. п.

К методам литья термопластов под давлением в широком смысле этого слова относятся «центробежное литье», при котором относительно небольшое давление создается в самой литьевой форме, и собственно «литье под давлением» (до 15 000 н/см²) с помощью специальных литьевых машин, снабженных прессующим органом – поршнем или шнековым винтом.

Литье под давлением применяется также при переработке реактопластов, однако преимущественно не с помощью литьевых машин, а на специальных литьевых прессах.

Область применения метода центробежного литья и соответствующих машин ограничена формой изделий (полые тела вращения – кольца, трубы, втулки, и т. п.) и небольшими значениями минимально необходимого

давления на материал в процессе его охлаждения и отверждения (не более 40 – 50 н/см²).

В технике производства изделий из полимерных материалов центробежное литье следует рекомендовать преимущественно при изготовлении толстостенных деталей типа втулок, труб, венцов шестерен и т. п. из относительно низковязких расплавов, например из полиамидов различных марок. Конструируемые для этой цели машины обычно состоят из двух отдельных узлов – плавителя-дозатора и собственно центробежной машины горизонтального или вертикального типа, в патроне или на планшайбе которой устанавливается форма для заливки расплава. Как заливка, так и последующее охлаждение отливки ведутся во время вращения формы при некотором экспериментально подобранном числе оборотов.

Конструктивные схемы литьевых машин включают ряд сходных по функциональному признаку узлов:

- 1) узел дозирования литьевого пластика (порошка или гранул);
- 2) узел нагревания и расплавления пластика до вязко-текучего состояния;
- 3) узел впрыскивания его в форму;
- 4) узел формы с механизмом для ее замыкания и размыкания и устройствами для выталкивания изделий;
- 5) привод.

Первые три узла образуют конструктивно единый блок впрыскивания, четвертый – блок замыкания форм. В основном применяют однопозиционные однорядные литьевые машины, оснащенные одним блоком замыкания форм и одним блоком впрыскивания.

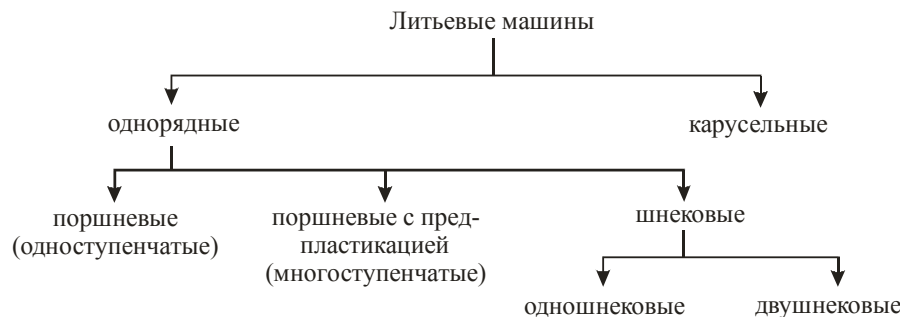
Многопозиционные литьевые машины с роторным механизмом смыкания форм предназначены преимущественно для литья толстостенных изделий с длительным периодом охлаждения (осуществляемым последовательно на нескольких позициях поворотного стола). Также создана конструкция машины карусельного типа для пресс-литья, с размещением по

окружности вращающегося горизонтального стола узлов дозирования, замыкания формы, впрыскивания (заполнения формы), охлаждения, размыкания и выталкивания.

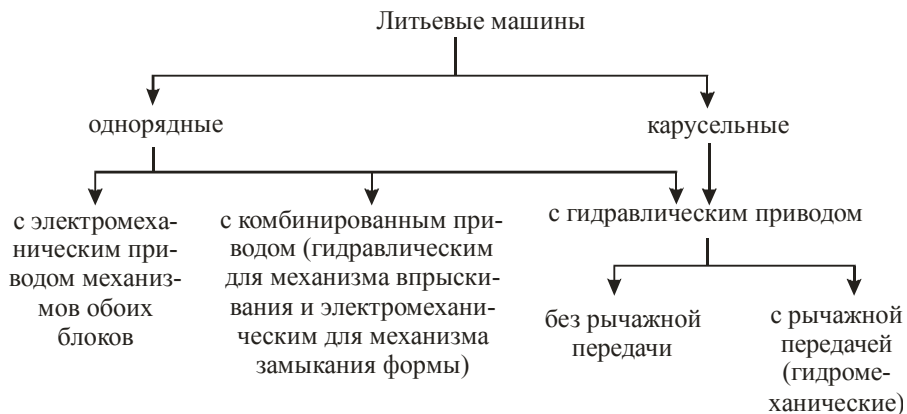
Однорядные машины представлены в промышленности следующими тремя разновидностями (по узлу впрыскивания):

- ☐ поршневые;
- ☐ поршневые с предпластикаторами;
- ☐ шнековые.

Классификацию литьевых машин по принципу действия блока впрыскивания можно представить в виде следующей схемы:



Кроме того, по приводу машины разделяют на электромеханические, гидравлические, гидромеханические:



По взаимному расположению блоков впрыскивания и замыкания форм различают горизонтальные, вертикальные и угловые машины (рис. 16).

Вертикальные машины

Применяются чаще при литье изделий в съемных формах, перемещение которых при принятой в этих машинах компоновке блоков облегчается. При конструировании крупных моделей этого типа высота их

значительно возрастает, что усложняет обслуживание таких машин и требует соответственного увеличения высоты производственных помещений для их установки. По указанным выше причинам вертикальные машины изготавливаются в основном небольших моделей.

Угловые машины

Сочетают достоинства обоих основных типов машин (экономия производственных площадей и удобство обслуживания) и применяются преимущественно для литья крупных изделий.

8. МАШИНЫ ДЛЯ ТАБЛЕТИРОВАНИЯ

Таблетирование порошков является предварительной операцией в процессе производства изделий из пластмасс, проводимой в целях повышения производительности пресса, улучшения качества изделий, снижения потерь пресс-материалов и уменьшения пыления на рабочих местах.

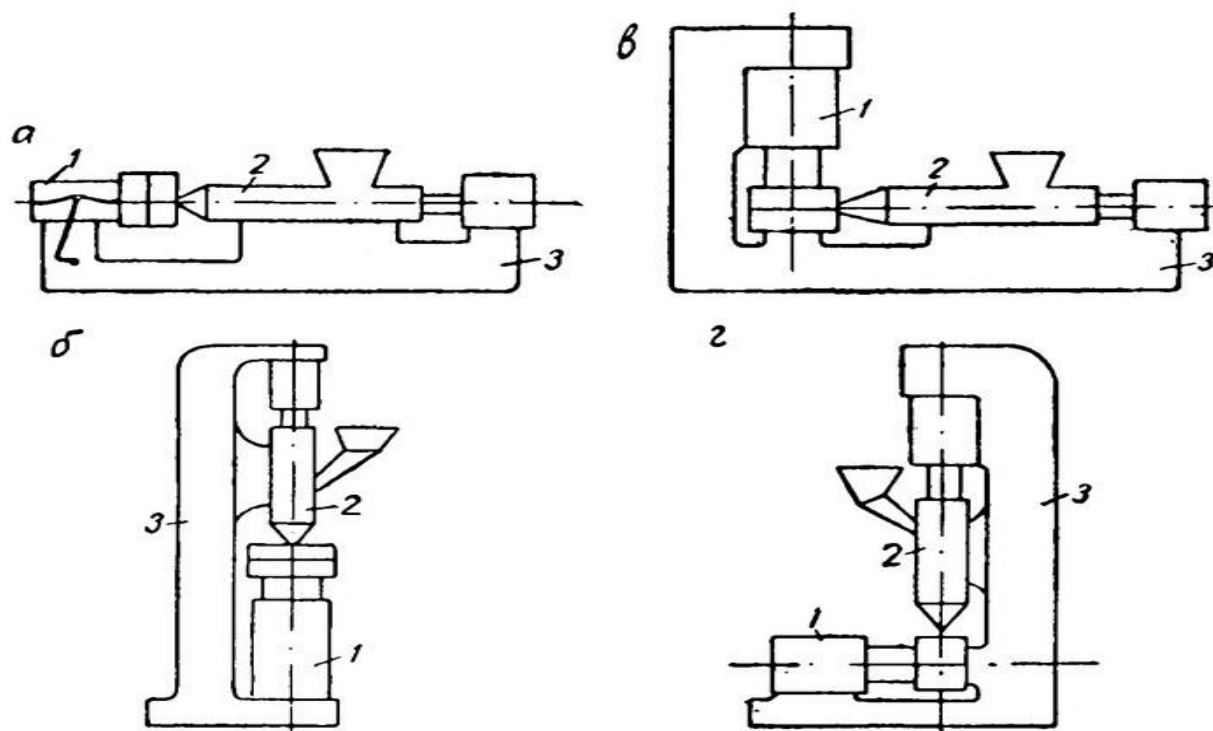


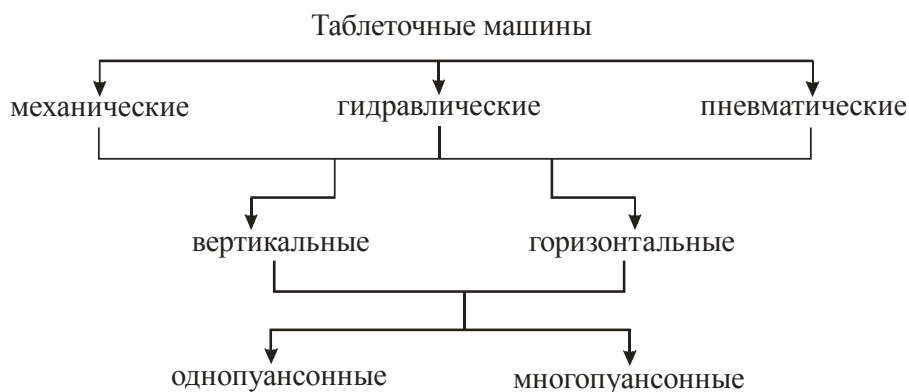
Рис. 16. Типы литьевых машин по расположению осей блоков в пространстве: *а* – горизонтальные; *б* – вертикальные; *в* – угловые с вертикальным блоком замыкания форм; *г* – угловые с горизонтальным блоком замыкания форм; 1 – блок замыкания форм; 2 – блок впрыскивания; 3 – станина.

Таблетки весом от нескольких грамм до 1 – 2 кг изготавливаются холодным прессованием под давлением от 5000 до 15000 н/см² при кратковременной выдержке (в течение нескольких секунд для крупных таблеток и долей секунды для мелких). При этом объем порошка уменьшается, как правило, в 2 раза, что позволяет уменьшить объемы загрузочных камер пресс-форм; таблетирование снижает содержание воздуха и повышает теплопроводность пресс-материалов, сокращая длительность подогревания и прессования таблеток при изготовлении из них изделий.

Указанные выше режимы прессования таблеток варьируют в зависимости от марки пресс-порошка и типа таблеточных машин.

В большинстве случаев получают таблетки цилиндрической формы с отношением высоты к диаметру <1 , но могут изготавливаться таблетки прямоугольного сечения, шаровые, а также более сложных форм.

Таблеточные машины, применяемые в настоящее время в промышленности пластмасс, различаются между собой типом привода, расположением оси прессования в пространстве, числом гнезд т. е. пресс-форм, и могут быть сведены в следующую схему:



Наиболее распространенной является механическая вертикальная многопуансонная машина с ротационным (карусельным) столом, которую используют для массового выпуска мелких таблеток диаметром от 10 до 60 мм, весом до 50 г. В последнее время для выпуска таких таблеток начинают применять также гидравлические и пневматические машины. Гидравлические машины в основном применяют при производстве крупных

таблеток с большим весом. При относительно ограниченном тираже используют однопуансонные машины вертикального механического типа.

Механические однопуансонные машины

Выпускаются для производства таблеток диаметром от 8 до 100 мм, высотой от 15 до 200 мм, что соответствует весу одной таблетки от 1 г до 1 кг. В отверстии стола крепится матрица, в которую из бункера автоматически дозируется порошок. После загрузки порошок прессуется пуансоном, которому сообщается возвратно-поступательное движение от главного вала с помощью шатуна. От того же вала с помощью эксцентриков передается движение выталкивателю и загрузочному устройству. Главный вал приводится в движение от электродвигателя. Стадии работы однопуансонной машины схематически представлена на рис. 17.

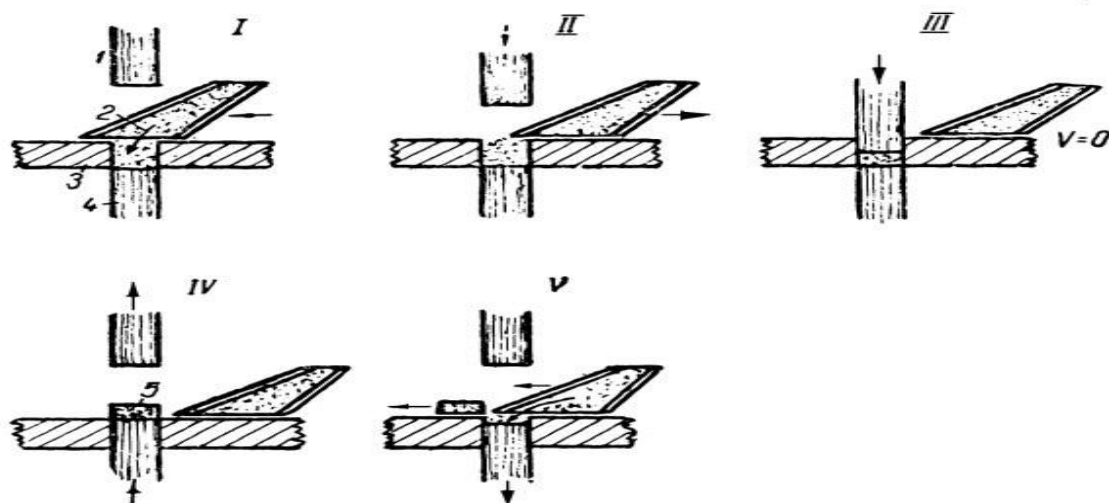


Рис. 17. Схема работы однопуансонной таблеточной машины: I – V – стадии рабочего процесса; 1 – пуансон; 2 – загрузочное устройство; 3 – стол с матрицей; 4 – выталкиватель; 5 – таблетка

Многопуансонные ротационные машины

Рассчитаны на выпуск таблеток нескольких меньших диаметров (обычно до 70 мм), чем однопуансонные. Соответственно и тоннаж их лежит в пределах от 2,5 до 100 т, а производительность составляет от 60 до 1500 шт/мин при количестве гнезд от 10 до 30.

Гнезда форм размещаются по окружности медленно вращающегося стола машины. Над столом и под ним, с той же угловой скоростью, вращаются диски, направляющие верхние и нижние пуансоны, причем количество пар пуансонов равно количеству гнезд. Возвратно-поступательное движение пуансонов управляется профильными кулаками, называемыми верхней и нижней горками. В течение одного цикла каждое гнездо загружается, порошок спрессовывается, и таблетка выталкивается. В машинах простого действия, у которых цикл равен обороту стола, производительность равна произведению числа оборотов стола на количество гнезд.

Гидравлические машины для таблетирования

Представляют собой специализированную разновидность гидравлических прессов, применяемых для прессования изделий. Иногда для целей таблетирования волокнита и некоторых других материалов применяют обычные гидравлические прессы. Отсутствие на этих прессах приборов контроля и управления значительно снижает их производительность, хотя принципиальные возможности для ее повышения заложены в самом принципе холодного прессования таблеток, не требующем выдержки.

В настоящее время конструируют преимущественно горизонтальные таблеточные прессы одно- и многопуансонного типа мощностью 12 – 140 т) для изготовления таблеток диаметром от 20 до 230 мм и производительностью от 250 до 25000 шт/ч.

Из этих данных видно, что производительность таких машин для крупных таблеток выше, чем эксцентриковых механических. При изготовлении таблеток малого диаметра производительность гидропрессов хотя и несколько ниже, но ими обеспечивается более высокое качество.

9. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРЕССЫ

В связи с освоением производства термопластов прессование в известной мере утратило свое монопольное положение; наряду с этим методом переработки пластмасс стали широко применяться литье под

давлением, экструзия на шнековых машинах, пневмо- и вакуум-формование и другие процессы. Необходимо подчеркнуть, что и поныне переработка многих марок пластиков производится в основном на прессах, которые в настоящее время находят применение в следующих производствах:

- ☐ изделий из пресс-порошков, главным образом на основе фено- и аминопластов;
- ☐ листовых слоистых пластиков (текстолит, стеклотекстолит, древпластик, гетинакс и т. п.);
- ☐ листов (а частично и труб) из винипласта, целлулоида, фторопласта и др.;
- ☐ целлулоида и ацетатцеллюлозного этрола – для фильтрации масс и на других операциях;
- ☐ порошков – для получения пластин и блоков;
- ☐ некоторых видов изделий из стеклопластиков и некоторых марок текстолита (так называемое повторное прессование);
- ☐ ряда изделий из некоторых марок термопластов (так называемое «ударное прессование» винипласта);
- ☐ некоторых выдувных изделий (например, целлулоидных изделий), причем в ряде случаев прессование сочетается с пневмо- или вакуумформованием.

Важнейшими характеристиками прессов являются: прессующее усилие (тоннаж) в килоньютонах, размеры и площадь стола, ход стола или подвижных плит и предельно возможное число ходов в единицу времени. Как правило, тоннаж пресса и площадь его стола являются величинами взаимозависимыми, исключение в этом смысле составляют прессы для штампования крупногабаритных изделий из листа. Важнейшим классификационным признаком для прессов является система передачи энергии от двигателя к прессующему органу. По этому признаку прессы разделяются на механические (эксцентрикковые, винтовые, рычажные),

пневматические, паровые, гидравлические и комбинированные (паро- или пневмогидравлические, рычажно-гидравлические и т. п.).

Выбор системы передачи энергии диктуется сочетанием многих требований, определяемых назначением пресса – абсолютной величиной тоннажа и хода, числом циклов в единицу времени, структурой цикла прессования и пределами регулирования всех этих величин.

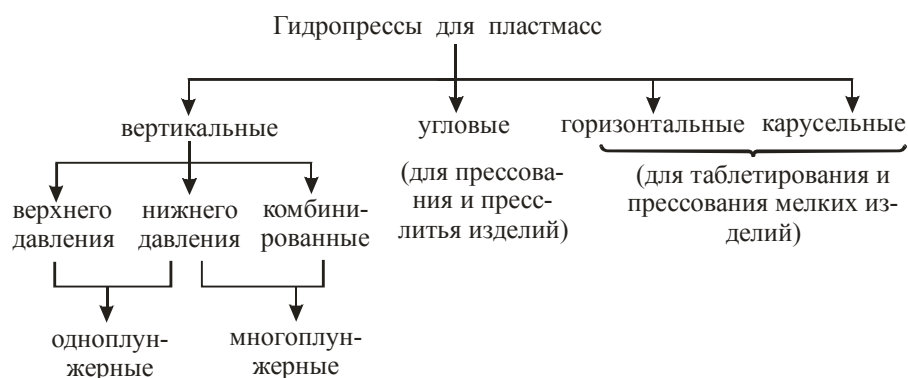
Для большинства применяемых в производствах пластмасс прессов характерными параметрами являются: тоннаж более 500 кН, сравнительно большая длительность цикла (более 1,5 мин) с широким диапазоном ее регулирования. Этому сочетанию параметров в наибольшей степени удовлетворяют гидравлические прессы.

Прессы с механическим (кривошипным, фрикционным, винтовым и т. п.) приводом находят лишь ограниченное применение в основном для предварительного таблетирования пресс-порошков, штамповки неглубоких изделий из листовых термопластов, а в последнее время также для прессования малых изделий из пресс-порошков на основе термореактивных пластиков и для ударного прессования деталей простой конфигурации из некоторых видов термопластов.

Классификация и конструкция гидропрессов

Многообразие применяющихся в производстве пластмасс типов гидропрессов требует в целях систематического изучения применения классификации их по важнейшим признакам.

Исходя из функционального назначения (областей применения), гидравлические прессы можно классифицировать следующим образом:



По конструкции каркаса различают колонные и рамные прессы, а по способу осуществления обратного хода подвижного стола – прессы без гидравлического возврата (только в исполнении с нижним давлением), прессы с особыми возвратными цилиндрами и прессы с дифференциальным главным плунжером.

Угловые прессы служат для прессования сложных изделий, извлечение которых из пресс-формы возможно только при разъёме формы по двум взаимно-перпендикулярным плоскостям. Такие прессы имеют верхний и боковые цилиндры, из которых второй служит только для замыкания формы, а первый является собственно прессующим. Угловые прессы могут применяться также для пресс-литья изделий в формы с вертикальным разъемом и с размещенной над формой загрузочной камерой (тиглем). В этом случае боковой цилиндр работает на смыкание формы, а верхний – на впрыскивание.

Горизонтальные прессы (штранг-прессы) с возвратно-поступательным движением вытесняющего органа, работающие полунепрерывно, применяются в производствах пластмасс в весьма ограниченных масштабах, в основном для экструзии труб и прутков, а также для прессования крупных таблеток. Проводившаяся ранее на этих прессах экструзия термопластов полностью переведена на шнековые машины непрерывного действия, за исключением переработки трудно экструдированных масс (фторопластов и некоторых терморезистивных фено- и аминопластов).

Карусельные прессы используются при прессовке мелких изделий. На многопозиционном карусельном столе с шаговым, т. е. прерывным его вращением, размещено 10 – 15 пресс-форм. На первой позиции происходит загрузка раскрытой пресс-формы, на второй – ее замыкание и, если необходимо, также подпрессовка. На нескольких последующих – выдержка, но без применения прессующего инструмента за счет прижатия пружинами, на предпоследней – размыкание, проводимое при помощи другого прессы облегченного типа, и на последней – выталкивание изделия.

Таким образом, при указанном числе позиций, прессующие устройства задерживаются только на двух позициях и, следовательно, коэффициент их использования резко возрастает. Вследствие необходимости установки большого количества пресс-форм, находящихся на каждом карусельном прессе в единовременном пользовании, область применения их ограничена.

10. МАШИНЫ ДЛЯ ШТАМПОВКИ, ВЫДУВАНИЯ И ВАКУУМ-ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ

Изделия открытого типа плоского и глубокого ассортимента выполняются с помощью разнообразных формовочных машин и прессов. Под «плоским» ассортиментом изделий подразумеваются здесь и дальше детали с малой глубиной вытяжки (двери холодильников, тарелки, кюветы, крышки банок и т. п.), а под «глубоким» – детали с большой глубиной вытяжки. Изделия закрытого типа с замкнутыми полостями производят на выдувных машинах и специальных прессах.

Прессы для штамповки

Механические прессы малой мощности (50 – 200 кН) применяются для штамповки плоских (прокладки, шайбы, пуговицы) и неглубоких полых изделий из органического стекла (полиметилметакрилата), тонкого текстолита, гетинакса, поступающих на эту операцию в виде листовых заготовок – планшет. При штамповке этих материалов необходимо подогревание (за исключением некоторых вырубных изделий из текстолита и гетинакса), поэтому прессы снабжаются нагревательными ваннами, плитами или шкафами.

Винтовые и эксцентриковые прессы, применяющиеся для штамповки изделий, не имеют никаких существенных отличий от подобных универсальных машин, используемых на металлоштамповочных и других заводах, и оснащаются простыми или комбинированными штампами.

Выдувные машины для выпуска полых изделий

Для выработки полых глубоких изделий (флаконов, бутылок и т. п.) из полиэтилена, ПВХ-пластиката и других термопластов могут быть

использованы экструзионные машины, литьевые машины и прессы в комплекте с ротационными либо возвратно-поступательными столами – формодержателями. Подобного рода агрегаты могут быть в большей или меньшей степени автоматизированы и превращены в экструзионно-выдувные, инъекционно-выдувные, или инъекционно-сварочные полуавтоматы.

Подача сжатого воздуха внутрь трубы-заготовки в момент замыкания формы может производиться:

- а) через мундштук (рис. 18, а);
- б) через боковой канал в самой форме (рис. 18, б);
- в) через центральную трубку снизу формы при перевернутом размещении в ней изделия (рис. 18, в).

Последние две схемы позволяют сократить время контакта формы и мундштука, так как операция выдувания может продолжаться после отрезания заготовки от выдавливаемой трубы.

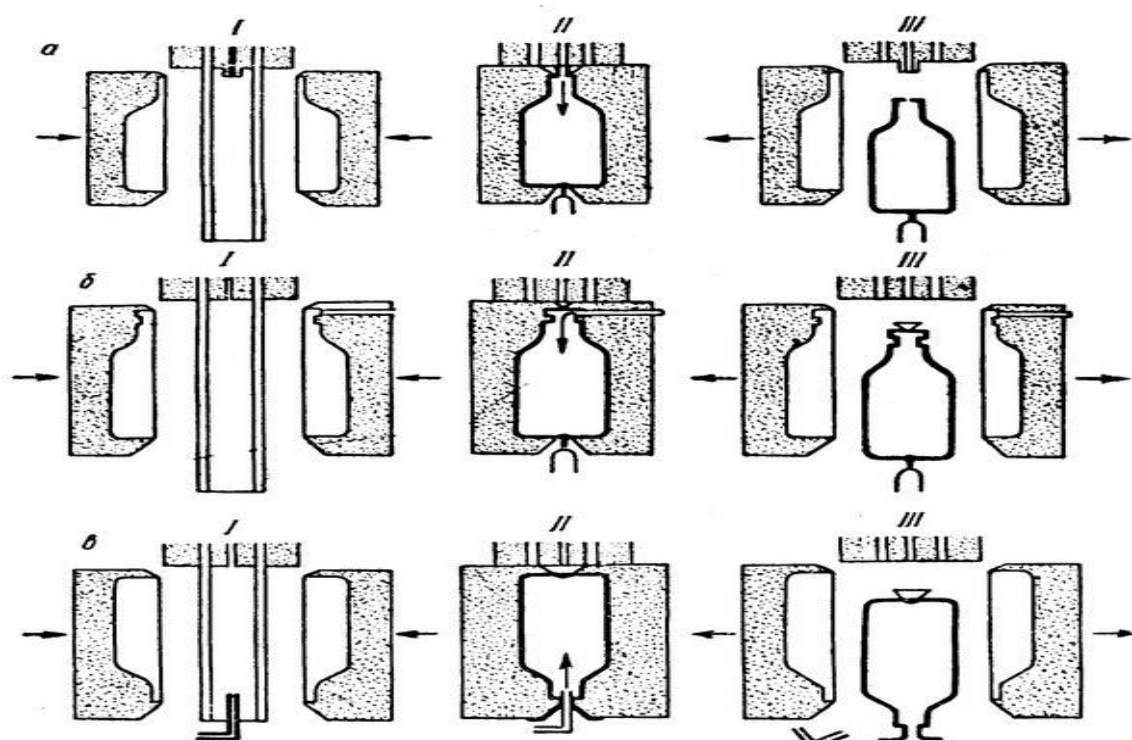


Рис. 18. Схемы подачи воздуха на раздувание изделия в форме: а – через мундштук; б – через боковое отверстие в форме; в – через нижний центральный ввод; I – замыкание; II – раздувка и охлаждение; III – размыкание формы

Вакуум-формовочные машины

Формование изделий из листовых заготовок может производиться сжатым воздухом или за счет создания вакуума по двум схемам – негативной и позитивной, причем работа по последней схеме требует применения дополнительного пуансона. Возможно также комбинирование давления и вакуума.

В негативной схеме оформление изделия происходит в матрице (без пуансона) под действием сжатого воздуха давлением 30 – 60 н/см² или вакуума на разогретую заземленную заготовку. В ряде случаев негативное формование простых изделий (например, сфер) может производиться без матрицы или внутри простейшего каркаса. При формовании по любому из этих вариантов происходит большее или меньшее утонение материала от периферии к центру, в особенности интенсивное при применении негативной схемы.

Это обстоятельство исключает возможность использования негативного формования при соотношениях глубины изделия к его диаметру более 1,5 – 2. Позитивная схема формования также может осуществляться как под действием сжатого воздуха, так и с помощью вакуума, причем предварительная стадия формования производится подвижным или неподвижным пуансоном.

Комбинированные схемы (негативно-позитивные) находят применение главным образом при формовании сосудов усложненной геометрической формы или при большой глубине изделия.

При проектировании процессов штамповки или выдувания изделий из пластиков и конструировании машин должны быть решены следующие вопросы:

- ☐ степень утонения стенок изделия по сравнению с толщиной заготовки и закон его изменения;
- ☐ размер заготовки;

- ☐ необходимое усилие (или разность давлений) для заданного формоизменения;
- ☐ скорость формоизменения;
- ☐ минимально необходимая длительность нагревания заготовки и максимально допустимая его интенсивность;
- ☐ необходимая длительность охлаждения изделия под давлением (вакуумом).

11. ПРОПИТОЧНЫЕ, ЛАКИРОВАЛЬНЫЕ И НАНОСНЫЕ МАШИНЫ

Основа (тканевая, бумажная или волокнистая) для производства слоистых пластиков подвергается пропитке синтетическими полимерами и последующей термообработке. Для этой цели применяют специальные машины, обобщающим признаком которых является:

- ☐ последовательное соединение ряда технологических операций своеобразным транспортирующим устройством непрерывного действия;
- ☐ построение большинства входящих в состав каждой машины узлов на базе однотипных деталей – валков и роликов.

Типовыми узлами таких машин являются:

- ☐ устройство для пропитки или нанесения на основу соответствующего полимерного связующего;
- ☐ камера для термообработки, иногда заменяемая обогреваемым контактным телом;
- ☐ намоточно-натяжной механизм.

Различия в конструкции каждого из этих узлов, в особенности же пропиточно-наносного устройства, являются основанием для разделения машин данного класса на три группы.

Пропиточные машины используют для сквозной пропитки основы пластика расплавом, раствором, эмульсией или суспензией полимеров (жидкая бакелитовая смола, спиртовой лак, водный раствор мочевиноформальдегидных смол, полиэфирные смолы, полихлорвиниловый

латекс и т. п.). Узел пропитки оформляется в виде ванны, называемой часто джиггером.

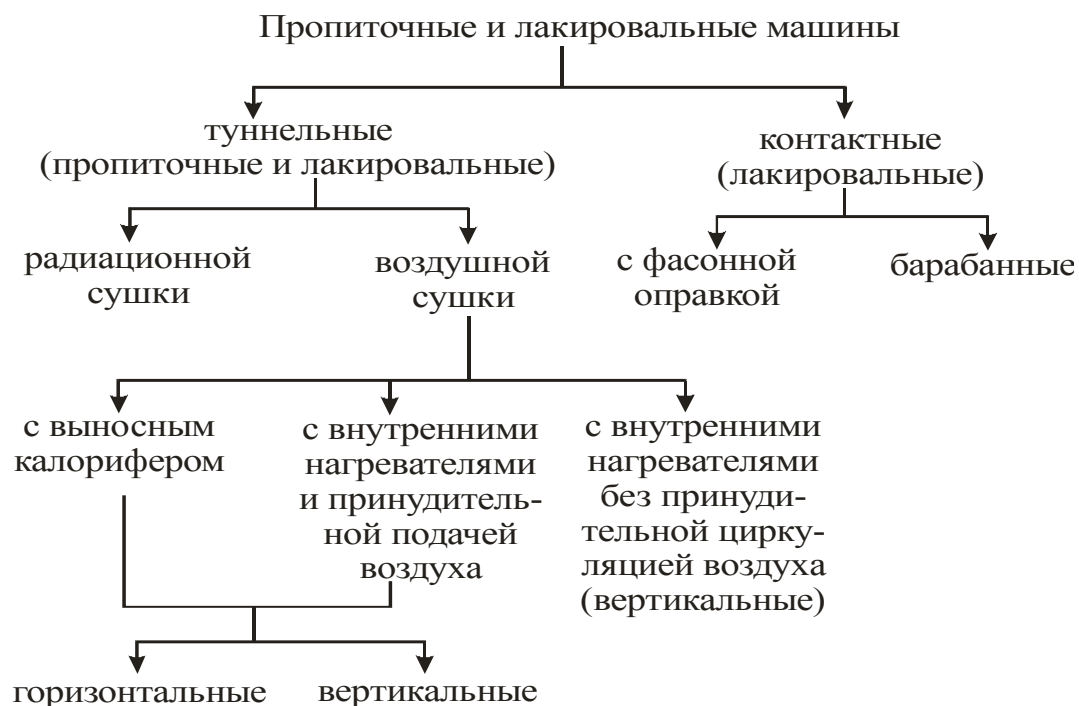
Машины этой группы наиболее широко применяются в производстве слоистых пластиков конструкционного и электроизоляционного назначений.

Лакировальные машины применяют для одностороннего покрытия основы пластика относительно низковязкими композициями (жидкая бакелитовая смола, бакелитовый лак). Узлы пропитки, помимо ванны, комплектуются лакирующими валиками или щетками.

Наносные машины служат для одно- или многопроходной намазки основы вязкой полимерной пастой, содержащей часто большой процент наполнителей (нитроцеллюлозная мастика, полихлорвиниловая паста, паста на основе высокопроцентного раствора мочевино-формальдегидных смол и т. п.). Наносное устройство выполняется по типу грунтовального станка, снабженного специальным втирающим пасту ножом («раклей»).

Наносные машины применяются в производстве различных заменителей кожи на тканевой основе – текстовинита, павинола, автобима (нанесение полихлорвиниловой пасты), гранитоля (нанесение нитроцеллюлозной мастики), мофорина (нанесение пасты на основе мочевиноформальдегидной смолы) и др.

В промышленности пластмасс и в производстве электроизоляционных материалов (гетинакса, эскапона и т. п.) находит применение пропиточное и лакировальное оборудование разнообразной конструкции. По способу термообработки ткани или бумаги и направлению движения существующие машины могут быть представлены в виде следующей схемы:



Кроме приведенных в этой схеме машин, существуют:

□ камерные пропиточные машины с петлевым или спиральным ходом материала, используемые для пропитки и вулканизации тканей каучуковым латексом, но пока еще не применяемые в производствах слоистых пластиков;

□ специализированные машины для пропитки стекловолокна и стекломатов, кратко описываемые в главе.

Выбор типа машины для заданного технологического процесса пропитки или лакирования должен базироваться на следующих положениях:

□ Туннельные (равно как и камерные) машины характеризуются универсальностью применения для всех рассматриваемых процессов пропитки, лакирования и намазки. Контактные машины, в которых лента обрабатываемого материала непосредственно прилегает к теплопередающей поверхности нагревателя, пригодны только для целей лакирования.

□ Машины с радиационным обогреванием материала рефлекторными инфракрасными лампами или темными электронагревателями и без создания в туннеле вынужденного потока воздуха характеризуются, по сравнению с машинами воздушной сушки (при прочих равных условиях), меньшим временем термообработки. Такие

машины применяются главным образом при переработке тканей или бумаги, пропитываемых водными растворами или эмульсиями смол (жидкая, не полностью обезвоженная бакелитовая смола, водный раствор мочевиноформальдегидных смол, эмульсия полихлорвиниловой смолы); при использовании в качестве связующего спиртовых лаков необходимы в этом случае особые противопожарные мероприятия. Однако имеется полная возможность использования комбинированных радиационно-воздушных машин и при пропитке лаками, если концентрация в них растворителей может быть ограничена безопасными пределами.

□ Горизонтальные туннельные машины более универсальны в отношении перерабатываемых материалов и связующих, так как собственный вес ленты материала в этом случае сказывается в меньшей степени на ее прочности во время движения, нежели в вертикальных машинах.

Однако эта разновидность машин в современном исполнении имеет некоторые дефекты, как, например, налипание связующего на поддерживающие валики и большие габариты.

Вертикальные же машины, будучи более компактными, не являются вполне универсальными в указанном выше смысле и пригодны только для пропитки прочной, во все время нахождения в машине, основы (текстильная ткань, стеклоткань и т. п.).

Пасты высокополимеров (чаще полихлорвиниловые композиции), в состав которых, помимо синтетической смолы, входят в различных соотношениях пластификаторы, разбавители, минеральные наполнители и красители, находят в настоящее время широкое применение в производстве заменителей кожи (например, текстовинита).

Для этой цели паста наносится на текстильную основу и желатинируется на ней. В зависимости от сорта ткани и требуемой толщины покрытия производится однократное или многократное нанесение пасты с промежуточной термообработкой, высушиванием и другими операциями.

При большом выпуске продукции технологический процесс текствинита и аналогичных материалов может быть оформлен в виде непрерывной поточной линии машин с последовательным проведением на них операций по подсушке ткани, нанесению пасты «с лица», т. е. на одну сторону ткани, термообработке, выглаживанию, тиснению рисунка и сматыванию в рулон. Вследствие значительной вязкости паст, применяемых в производстве текствинита, намазка ее производится на грунтовочном станке с ножевой «раклей».

12. ЛЕНТОЧНЫЕ МАШИНЫ

Обобщающим конструктивным признаком ленточных машин (и том числе и ленточных полимеризаторов) является применение в качестве рабочего органа бесконечной бегущей ленты, натянутой на два концевых барабана, один из которых является приводным.

При переработке пластиков ленточные машины применяют и качестве поливочных – для выпуска пленки, разливочных – для производства толстолистовых пенопластов (поролон, мипора) с последующей резкой на плиты, для пропитки стекломатов и других назначений, машин для спекания и образования пористой сепаратной ленты, лентоотливочных машин, завершающих процесс выделения каучукоподобных полимеров из латекса (полиакрилонитрил, стирольные каучуки и т. п.), ленточных прессов и т. п.

В зависимости от назначения машины, лента может быть выполнена из тонкого листового металла (машины для спекания, поливочные и ленточные прессы), резины (разливочные машины), металлической сетки (лентоотливочные машины), ткани и т. п.

Лентоотливочные машины применяются для промывки и формования в ленту каучукоподобных полимеров, образующихся при латексной полимеризации и последующем высаждении в виде зерен. Такая машина входит в состав поточной линии, предназначенной для получения обезвоженной полимерной ленты, сворачиваемой (после сушки) в рулон, либо подвергающейся дроблению для получения крошки. Ленточная машина

является основной частью установки для получения пенопласта путем смешения полиэфирной смолы с активатором и диизоцианатом, налива этой смеси на ленту и термообработки. Пенопласты на основе полиэфиризоцианатов могут быть получены на ленточных машинах в виде отдельных штучных изделий (блоков и др.), или непрерывного полотна, разрезаемого затем на плиты нужной величины.

Поливочные машины применяются для получения тонких и армированных пленок из растворов полимера, так называемого коллодия. В настоящее время этот метод отливки пленок в основном применяется в производствах кинофотопленок на целлюлозной основе, но сохраняет значение в некоторых специальных производствах пластиков.

Ленточная машина состоит из двух барабанов диаметром 1 – 1,5 м, на которые натянута тонкая металлическая бесконечная лента развернутой длиной до 30 м. Движение этой ленте сообщается от электродвигателя через редуктор и один из барабанов. Скорость ленты в зависимости от толщины пленки выбирается в пределах 1 – 3 м/мин.

Для улавливания паров растворителей, выделяющихся в процессе сушки, применяют две системы рекуперации: конденсационную и адсорбционную.

Коллодий или лак, применяемые для отливки пленок, содержат до 80 % растворителей, способных образовывать в определенных границах концентраций в воздухе взрывоопасную смесь, поэтому выбор системы сушки определяется не только соображениями эффективного прогревания материала и обеспечения качества пленки, но и противопожарными требованиями. При применении замкнутой конденсационной системы концентрация растворителей может оказаться в недопустимых пределах. Для предотвращения возможности возникновения взрыва (при сохранении этого выгодного в других отношениях принципа кондиционирования смеси) при работе с низковязким коллодием, содержащим высокий процент растворителей, применяют полностью герметизированные машины с

заполнением всего газового объема азотом; в этом случае место выхода пленки из кожуха также должно быть герметизировано с помощью гидравлического затвора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крыжановский В. К., Кербер М.А., Бурлов В.В. Производство изделий из полимерных материалов. СПб.: Профессия. 2004. 464 с.
2. Шварц О., Эбелинг Ф.В., Фурт Б. Переработка пластмасс. СПб.: Профессия. 2005. 320 с.
3. Оссвальд Т., Турнг Л.-Ш., Грэманн П.Дж. Литье пластмасс под давлением. СПб.: Профессия. 2005. 712 с.
4. Раувеидаль К. Экструзия полимеров. СПб.: Профессия. 2006. 800 с.
5. Козулин Н. А., Шапиро А. Я., Гавурина Р. К. Оборудование для производства и переработки пластических масс Л.: Химия. 1967. 783 с.
6. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия. 1973. 750 с.

Учебное издание

Осовская Ираида Ивановна
Антонова Вероника Сергеевна

**Оборудование для производства и переработки
пластических масс**

Учебное пособие

Редактор и техн. редактор Л.Я.Титова

Темплан 2017, поз. 136

Подп. к печати 15.12.17. Формат 60х84/16. Бумага тип №1. Печать офсетная.
4,0 уч.-изд. л.; 4,0 печ. л. Тираж 25 экз. Изд. № 136.

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского
государственного университета промышленных технологий и дизайна,
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4