



«Технологія виготовлення изделий из порошків и пластмас»

Лекція 13

Способы обработки

пластмас в твёрдом состоянии

Lec_13_TIIPR_MC41_LNA_03_05_2017

Лалазарова Н.А.

Содержание

- ★ 13.1. Методы твёрдофазной технологии переработки полимеров
- ★ 13.2. Твердофазная плунжерная экструзия.
- ★ 13.3. Листовая штамповка термопластов в твёрдой фазе.
- ★ 13.4. Разделительная штамповка
- ★ 13.5. Сварка и склеивание пластмасс
- ★ Контрольные вопросы
- ★ Задания для самостоятельной работы
- ★ Список литературы

13.1. МЕТОДЫ ТВЁРДОФАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

Традиционные методы переработки полимеров в изделия включают достаточно длительные технологические операции, связанные с переводом материала сначала в расплавленное, а затем в твёрдое состояние.

Формование в твёрдой фазе имеет существенное преимущество за счёт сокращения стадий нагрева и охлаждения.



Твёрдофазные технологии позволяют получать готовые изделия с физико-механическими характеристиками,

не достигаемыми при традиционных технологиях, включающих стадию перевода материала в расплавленное состояние. Это осуществляется путём создания **ориентированной структуры**, обеспечивающей значительное улучшение целого ряда эксплуатационных характеристик.

Методы твердофазной технологии



СВС-экструзия



СВС-электроды
для
электроискрового
легирования
из твердых сплавов



Твердофазная
штамповка и
прессование



Уплотнительные
кольца,
шестерни,
стержни из
фторопласта



Твердофазная
экструзия



Стержни
из термо-
чувствительных
материалов на
основе теллурида
висмута



МЕТОДЫ ТВЁРДОФАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

Качественные показатели, которые достигаются при переработке в твёрдой фазе полимерных материалов:

– повышенные технологические показатели (низкая технологическая усадка, ниже, чем у литьевых изделий подобной формы и размеров и, соответственно, высокая размерная точность изделия); повышенные показатели текучести расплава и другие реологические показатели;

– повышенные эксплуатационные характеристики: прочностные показатели при различных схемах нагружения выше исходного материала (в одном случае – в 1,5–2,0 раза, в другом – в десятки раз); теплостойкость, величина ориентационной усадки, уровень внутренних остаточных напряжений, размерная стабильность – не ниже литьевых изделий;

- повышенные экономические и экологические показатели: резкое снижение материальных и энергетических затрат в результате сокращения или исключения стадий нагрева и охлаждения материала в технологическом цикле формования изделий; снижение вредных выбросов, улучшение условий труда;

МЕТОДЫ ТВЁРДОФАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

- возможности применения существующего прессового оборудования для переработки пластмасс и использование более дешёвой оснастки по сравнению с традиционными способами существенно увеличивают экономическую эффективность процессов в твёрдофазной технологии переработки полимеров;

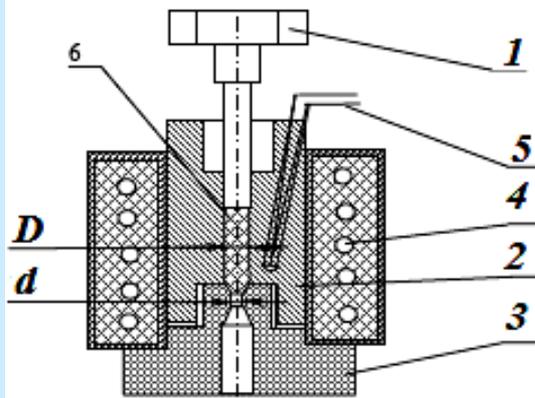
- повышенные эстетические характеристики: в результате применения твёрдофазной технологии устраняются поверхностные дефекты литья (коробление, утяжки, раковины, стыки). Изделия получают с глянцевой поверхностью, в отличие от литьевых изделий, которые, как правило, все-таки матовые;

- возможность использования методов твёрдофазной технологии для переработки термически нестабильных полимеров, полимеров сверхвысокомолекулярной массы и высоконаполненных композиционных полимеров, которые чрезвычайно трудно или практически невозможно перерабатывать традиционными методами формования.

13.2. ТВЁРДОФАЗНАЯ ПЛУНЖЕРНАЯ ЭКСТРУЗИЯ

Твёрдофазная плунжерная экструзия (ТФЭ) термопластов заключается в выдавливании материала через соответствующую матрицу (фильеру), конфигурация канала которой определяет форму, напряжённо-деформированное состояние и уровень физико-механических показателей конечного продукта.

К достоинствам ТФЭ относят возможность переработки полимерных материалов с разным химическим строением,



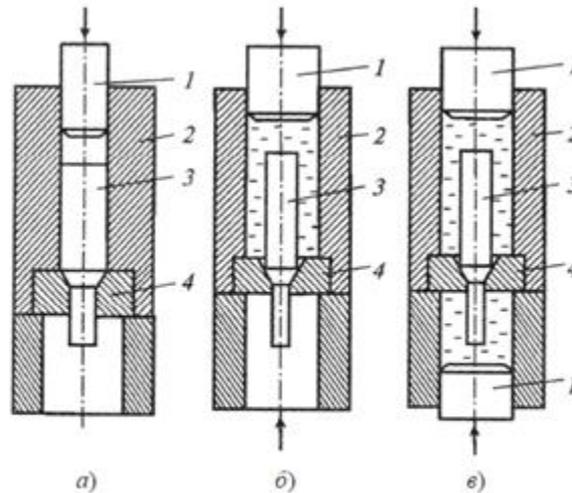
возможность изменения в широких пределах параметров технологического процесса (т-ры, давления), что позволяет обрабатывать материалы с низкой пластичностью

Испытательная ячейка для твёрдофазной плунжерной экструзии термопластов: 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – фильера; 4 – нагреватель; 5 – термопара; 6 – заготовка термопласта

ТВЁРДОФАЗНАЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКАЯ ЭКСТРУЗИЯ

При **гидростатической экструзии**, в отличие от плунжерной, полимерная заготовка пропускается через фильеру под действием высокого давления, создаваемого жидкостью. Давление создаётся с помощью гидравлического компрессора.

Такой метод ТФЭ имеет преимущество перед плунжерной ТФЭ, поскольку исключается трение материала заготовки о стенки камеры высокого давления,



Схемы процесса плунжерной экструзии (а), гидростатической экструзии (б), гидростатической экструзии с противодавлением (в):
1 – плунжер; 2 – контейнер; 3 – заготовка; 4 – матрица

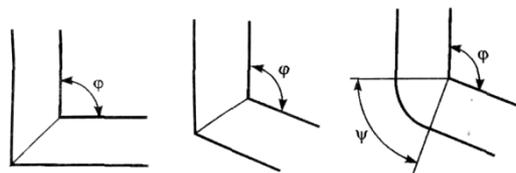
а трение между полимером и фильерой сильно снижается вследствие проникновения в зазор между ними тонкой плёнки жидкости.

Кроме того, при гидростатической экструзии в существенной степени реализуется эффект пластификации материала, обусловленный действием высокого давления, что позволяет деформировать хрупкие полимеры и композиты. Ещё в большей степени указанные преимущества достигаются при использовании гидростатической экструзии с противодавлением

ТВЁРДОФАЗНАЯ ЭКСТРУЗИЯ БЕЗ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПОЛИМЕРА

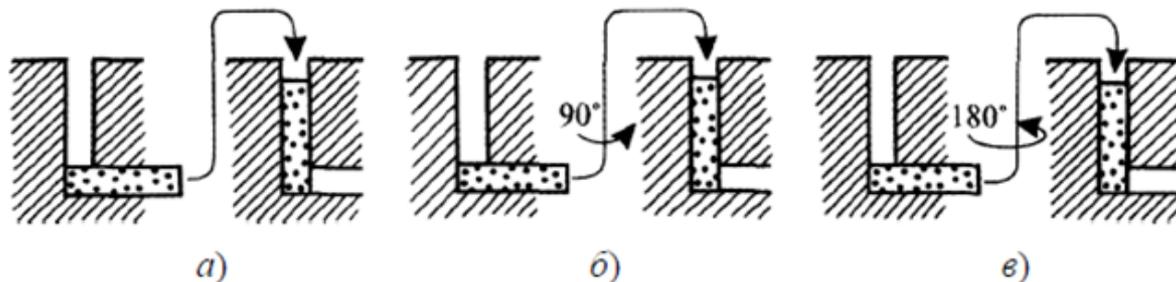
Равноканальная угловая твёрдофазная экструзия (РКУЭ). РКУЭ во многих случаях может выступать альтернативой для других методов ТФЭ – плунжерной и гидростатической. Рассматриваемый технологический процесс позволяет управлять и обеспечивать контролируруемую молекулярную

ориентацию полимера путём многократного экструдирования одного и того же образца



Схемы процесса РКУЭ

При реализации РКУЭ заготовка продавливается через два канала с одинаковыми поперечными сечениями, пересекающимися под углом $\phi = 90^\circ$ или под другими углами.



Варианты РКУЭ:

a – маршрут А; *б* – маршрут В; *в* – маршрут С

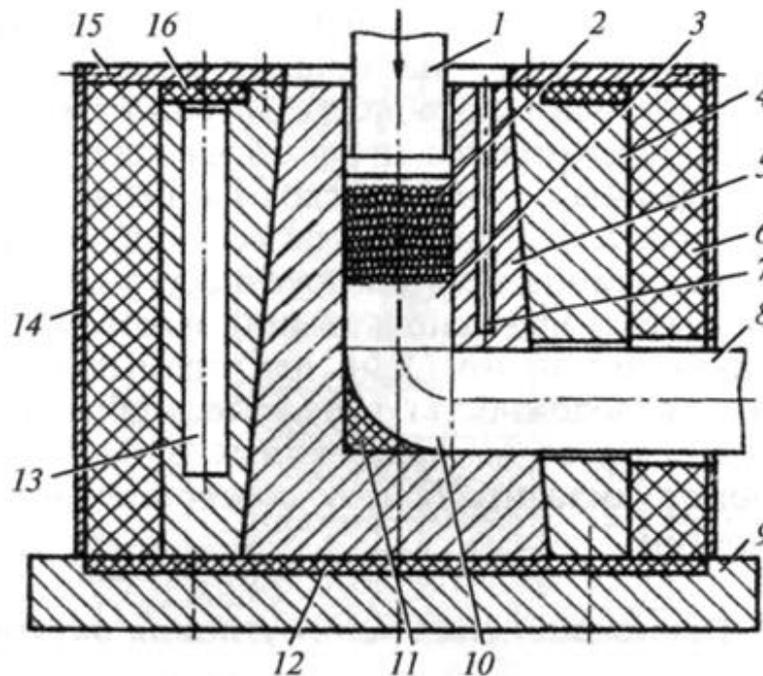


Схема пресс-формы для РКУЭ:

- 1 – пуансон; 2 – перерабатываемый порошок; 3 – допрессованный материал;
 4 – бандаж; 5 – рабочая вставка; 6, 12, 16 – теплоизоляция; 7 – отверстие для термопары; 8 – экструдат; 9 – плита; 10 – область сдвига;
 11 – застойная зона; 13 – электронагреватели; 14 – кожух; 15 – крышка

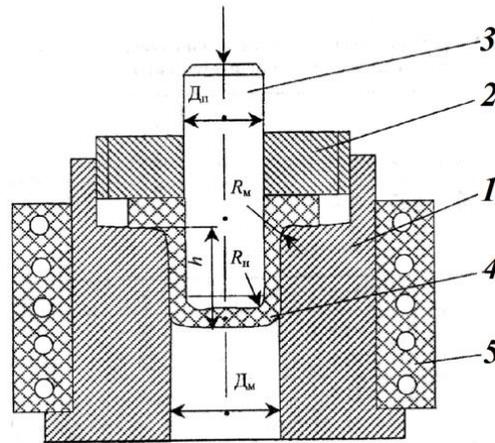
Схема пресс-формы для изготовления пруткового материала.

Метод РКУЭ позволяет получать упрочнённые экструзионные изделия из полимерных материалов, трудно перерабатываемых известными традиционными методами, включающими стадию плавления.

13.3. ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА ТЕРМОПЛАСТОВ В ТВЁРДОЙ ФАЗЕ

Экономическая эффективность листовой штамповки термопластов в твёрдой фазе заключается в коротком цикле формования, в малой разнотолщинности штампуемых изделий и возможности получать заготовки для штамповки с малыми затратами.

Характерной особенностью процесса листовой штамповки является равномерность толщины изделия,



которая равна толщине заготовки, чем холодная листовая штамповка отличается от штамповки в высокоэластическом состоянии,

где толщина листа в процессе формования изменяется. Для осуществления процесса листовой штамповки можно использовать различные прессы. Подходят также прессы для металлообработки давлением.

ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА ТЕРМОПЛАСТОВ В ТВЁРДОЙ ФАЗЕ

Для листовой штамповки применяются заготовки, вырубленные из листов толщиной 0,2 – 1 мм; штамповка ведётся при 293 – 313 К, лишь листы толщиной более 6 мм нагреваются до 363 – 373 К. Величина давления для вытяжки термопластов примерно равна 0,1 величины давления для вытяжки металлов.

Необходимое усилие вытяжки для пластмасс при одинаковых изделиях составляет около 40...80% усилия для металла.



Для листовой штамповки термопластов большое значение имеют не только технологические параметры процесса, такие как скорость вытяжки,

температура заготовки, толщина листа, давление вытяжки, геометрия формы, вид смазки, но и физико-механические свойства материала: модуль упругости, вязкость, деформируемость и прочность.

МЕТОДЫ ТВЁРДОФАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

Листовая штамповка с глубокой вытяжкой в твёрдой фазе представляет интерес для термопластов, имеющих определённые трудности при переработке их в изделия по традиционной технологии.

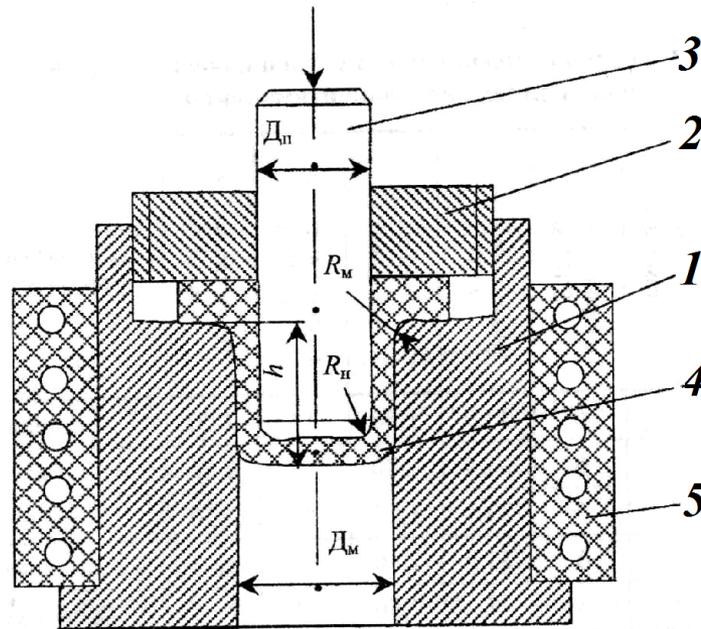


Схема экспериментальной пресс-формы
для листовой штамповки с глубокой вытяжкой термопластов:
1 – матрица; 2 – прижимная шайба; 3 – пуансон; 4 – изделие;
5 – электронагреватель

13.4. РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ ШТАМПОВКА

Этим способом получают разнообразные изделия из листовых материалов для радиотехнических, электронных и других приборов. Листовые пластмассы раскраивают ножницами различных конструкций или распиливают специальными пилами с применением особых фрез и карборундовых абразивных кругов.

Фрезами и абразивными кругами режут толстолистовые материалы (S больше 2,5 мм). Листы толщиной до 2,5 мм раскраивают ножницами и разрезными штампами.

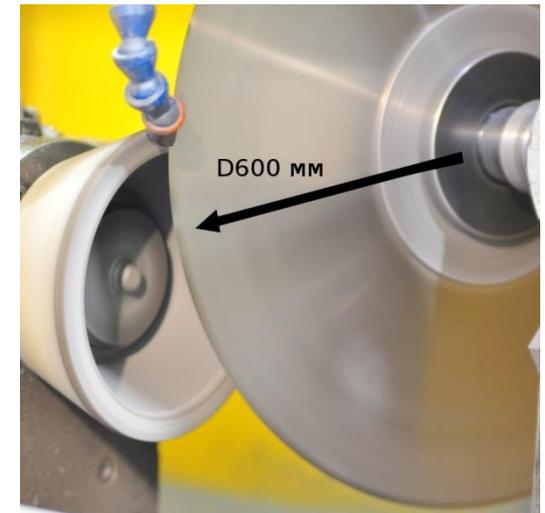


Технология вырубки, пробивки, зачистки и других разделительных операций отличается от технологии резки металлических материалов.

при резке материалов повышенной и средней хрупкости (органическое стекло, текстолит и др.) для уменьшения дефектов и улучшения поверхности среза применяют специальную форму режущих кромок ножа и сильный прижим материала по контуру среза.

РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ ШТАМПОВКА

Специальная форма режущих кромок (заостренный передний угол) позволяет концентрировать давление на небольшой площади, уменьшая тем самым возможность появления трещин. Чтобы получить качественную поверхность, детали вырубают с припуском для зачистки поверхности среза в специальных зачистных штампах.



Мягкие и упругие волокнистые материалы разрезают на деревянных или фибровых подкладках с помощью контурных ножей (просечек), имеющих конфигурацию, соответствующую форме вырубаемой детали. При этом нож должен входить в материал до соприкосновения с подкладкой.

РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ ШТАМПОВКА

Штамповка изделий состоит из следующих операций: прижима заготовки; вырубки (вырезки) изделия из заготовки; выталкивания изделия из штампа; съёма отходов заготовки со штампа. Не все виды и размеры полимерных заготовок можно обрабатывать штамповкой. Технологический процесс изготовления конкретных деталей может выполняться следующим образом:

без подогрева материала и инструмента; без подогрева материала, но с подогревом инструмента;



с подогревом материала, но без подогрева инструмента; с подогревом материала и инструмента.

Процесс разделения материалов при штамповке состоит из трёх стадий: упругого деформирования; интенсивного образования зон предварительного разрушения; хрупкого разрушения. Пуансоны штампа могут быть многоступенчатыми, что позволяет исключить такую операцию, как сверление отверстий и полыми, что предотвращает образование поверхностных дефектов в процессе штампования деталей.

РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ ШТАМПОВКА

Разделительной штамповкой осуществляют следующие операции: отрезка, вырубка, пробивка, подрезка, разрезка, обрезка, зачистка. Отрезка характеризуется полным отделением одной части материала от другой при изготовлении труб, полос и лент. Вырубка представляет собой полное отделение материала по замкнутому (наружному) контуру, когда отделяемая часть является изделием.

В качестве операции листовой штамповки вырубка получила наибольшее применение.



Пробивка предназначена для полного отделения одной части материала от другой по замкнутому (внутреннему) контуру,

для образования отверстий или пазов. При этом отделяемая часть является отходом. Подрезка – операция, в процессе выполнения которой производится неполное (частичное) отделение одной части материала от другой для образования выступов или упоров.

РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ ШТАМПОВКА

Разрезка необходима для разделения заготовок или деталей (прессованных, отформованных или гнутых) на большее число. Применяется для упрощения штамповки при изготовлении несимметричных деталей в виде козырьков, обрамлений и др.

Обрезка производится для полного отделения неровных краёв, припусков или излишнего материала снаружи или внутри плоских, полых или объёмных деталей и изделий.



Выполняется в отдельных (обрезных) штампах или в заключительной стадии процесса формования деталей.

Зачистка – полное отделение в штампах небольших припусков или излишков материала после вырубки, пробивки для получения более точных размеров, улучшения чистоты поверхности среза по контуру или стенкам отверстия.

13.5. СВАРКА ПЛАСТМАСС

Неразъёмные соединения пластмассовых изделий получают сваркой и склеиванием. Сварка применяется для соединения термопластичных материалов, склеивание – для получения неразъёмных соединений разных пластмассовых изделий и соединений пластмассовых изделий с деталями из других конструкционных материалов.

Сварка нагретым газом

используется для соединения толстостенных листовых материалов (трубы, ванны для травления, химическая аппаратура).

Этот вид сварки напоминает газовую сварку металлов, но открытое пламя горящего газа заменяют воздухом (азотом, аргоном, углекислым газом), нагретым до 220–250 °С.

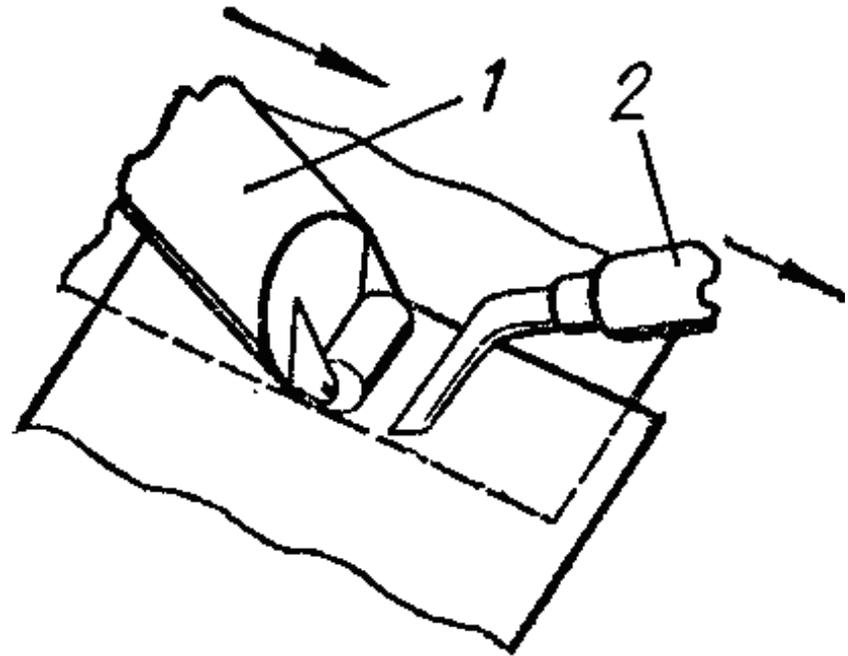
Кромки свариваемых листов скашивают в зависимости от вида шва, зачищают и накладывают присадочный пруток. Под воздействием потока горячего воздуха они становятся пластичными и при некотором сжатии образуют однородное соединение.

СВАРКА ПЛАСТМАСС НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Сварку нагретым инструментом производят соприкосновением свариваемых частей труб, пленок и листов с нагретой плитой, пластиной, лентой или паяльником.

Различают такие виды сварки:

– сварка наконечником (а). По месту соединения проводят нагретым наконечником (паяльником) 2, за которым перемещается прижимной ролик 1.

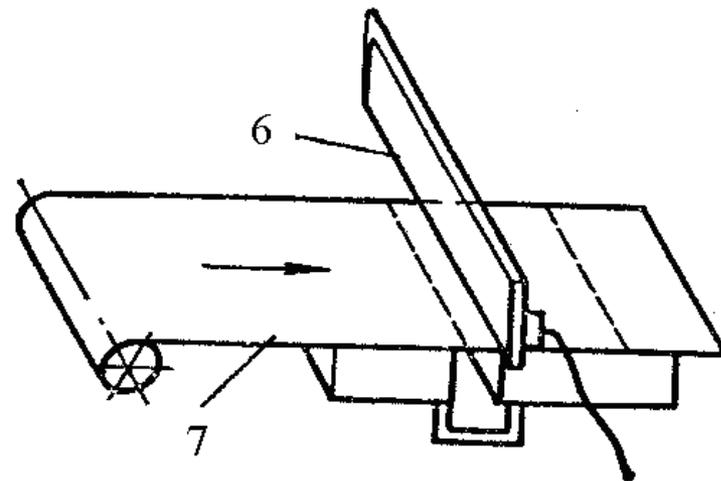
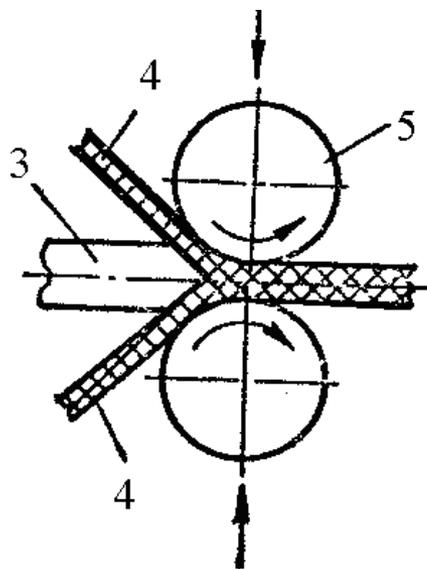


Обеспечивается плотная непрерывная сварка тонких пленок и листов внахлестку;

СВАРКА ПЛАСТМАСС НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

– *сварка горячим клином (б).* Суть её заключается в том, что нагретый электрическим током клин 3 располагают между плёнками 4, которые протягиваются по нему и обжимаются роликами 5 или валиками. Этот метод используют для сварки плёнок из полимеров;

– *сварка проволокой (в).* Этот метод применяют для изготовления пакетов и мешков из полиэтиленовой плёнки.

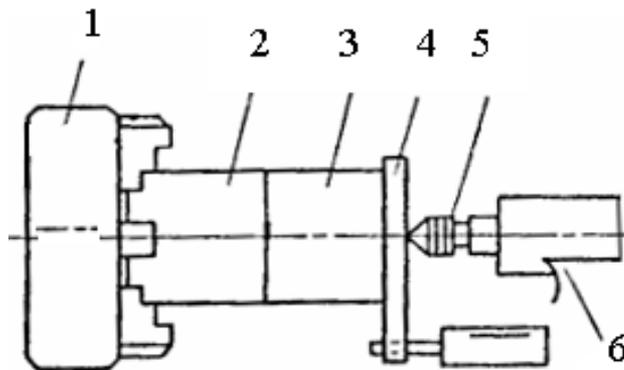


В этом случае одновременно сваривается и разрезается полотно 7 нагретой проволокой 6 (рис. 10.7, в).

СВАРКА ПЛАСТМАСС ТРЕНИЕМ

Сварка трением основана на низком коэффициенте теплопроводности термопластов. Сварку производят на специальном оборудовании. Одно изделие 2 закрепляют в патроне 1, а другое 3 удерживают в задней бабке 6 станка при помощи приспособления 4 и вращающегося заднего центра 5

При трении соединяемых частей выделяется тепло, материал нагревается и расплавляется.



После этого поверхности сжимают и образуется однородное соединение. Сварку трением используют для соединения толстостенных изделий, имеющих форму тел вращения.

Необходимость обеспечивать давление для сварки позволяет применить этот способ лишь для жестких термопластов. Можно проводить сварку вибротрением за счет колебательных движений. Таким способом сваривают несимметричные детали любой конфигурации. Для сварки трением характерно высокое качество сварного соединения, возможность сваривать разнородные полимеры, малая затрата энергии.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СВАРКА

Ультразвуковая сварка пластмасс заключается в том, что листовые пластины 2 размещаются между прижимом 3 и волноводом 1 магнитострикционного вибратора. При прохождении через обмотку вибратора тока колебания усиливаются волноводом, передаются на свариваемый материал и трансформируются в теплоту.

Ультразвуковая сварка разделяется на *прессовую* и *непрерывную*.
Прессовой сваркой получают точечные, прямолинейные и замкнутые швы разного контура

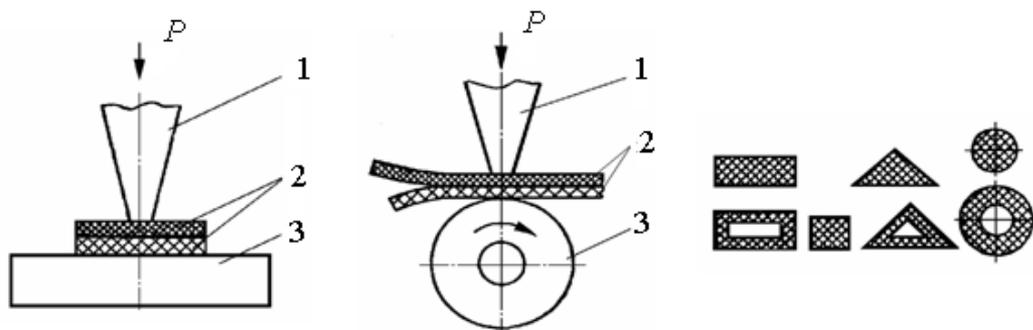


Схема ультразвуковой сварки

Непрерывной сваркой получают непрерывные швы за счет относительного перемещения волновода и сварного изделия (б).

СВАРКА ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Свариваемые детали нагревают в высокочастотном электрическом поле. После разогрева кромок до пластического состояния их сдавливают для получения соединения. Этот способ очень экономичен и широко распространен в промышленности.

Наибольшее применение получила сварка высокочастотным током изделий из поливинилхлоридных пластмасс.



Например, для сварки винипласта применяют токи частотой 60–75 МГц. Производительность сварки в 5–10 раз выше рассмотренных ранее способов.

Сварка ТВЧ обеспечивает быстрый и локальный нагрев соединяемых поверхностей без проплавления всего объема материала.

При сварке ТВЧ прочность сварного соединения приближается к прочности основного материала. В последние годы разработан способ сварки полимеров на сверхвысоких частотах.

СВАРКА ЭКСТРУЗИЕЙ

Сварка экструзией заключается в том, что расплавленный присадочный материал поступает из экструдера 1 и под давлением подаётся в зазор между поверхностями свариваемых деталей 2, нагревает их до температуры сварки, сплавляет, образуя сварной шов

Различают *бесконтактную* и *контактную* сварку экструзией. При бесконтактной сварке расплавленный присадочный материал,

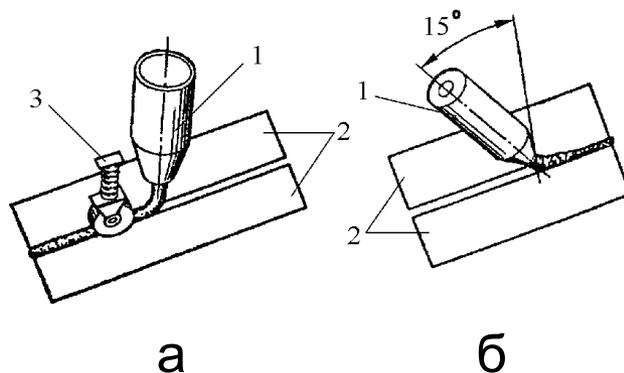


Схема бесконтактной (а) и контактной (б) сварки экструзией

Выходя из мундштука, поступает в зону шва и прижимается роликом 3 к кромкам свариваемых деталей (а).

В случае контактной сварки мундштук экструдера контактирует с кромками деталей, заполняя зону шва расплавленным присадочным материалом (б). Сварка экструзией характеризуется высокой производительностью процесса и высококачественными сварными соединениями листов и плёнок.

СКЛЕИВАНИЕ ПЛАСТМАСС

Склеиванием получают соединения изделий из однородных и неоднородных по химической структуре пластмасс, а также с металлами и другими материалами. Для этого используют клеи, в состав которых входят полимеры, растворители, отвердители и наполнители.

Поверхности, подлежащие склеиванию, должны быть чистыми и слегка шероховатыми.



Их обезжиривают, высушивают и сразу покрывают 1–2 раза тонким слоем клея, просушивают, чтобы растворитель полностью испарился.

[<https://www.yaplakal.com/forum2/topic1214660.html>]

Затем поверхности соединяют и выдерживают под давлением в определённых условиях. Склеивание без подогрева проводят клеями ВИАМ 5-3, ВК-5, ПУ-2, а с подогревом – клеями БФ-2, БФ-4, ВК-3, ВС-10Т и др. Пластмассы хорошо склеиваются с помощью клеев, представляющих собой раствор данного полимера в соответствующем растворителе.

Контрольные вопросы

1. В суть способов твердофазной переработки пластмасс?
2. В чём суть листовой штамповки термопластов в твёрдой фазе.
3. В чём суть разделительной штамповки термопластов в твёрдой фазе.
4. Как осуществляется склеивание пластмасс?
5. Как осуществляется сваривание пластмасс?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить методы сваривания пластмасс.

Список литературы

1. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов : учебное пособие /В.Е. Галыгин, Г.С. Баронин, В.П. Таров, Д.О. Завражин. –Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 180 с.

2. Гаврилова В.В. Основы технологии формообразования заготовок изделий / авт.-сост.: В.В.Гаврилова, М.В. Ищенко, В.А. Струк, Е.В. Овчинников. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 224 с.



Кафедра технології металлов и матеріалознавства

Лалазарова Наталиа Алексеевна

**г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М
Tel.(8-057)707-37-92**