

УДК 631.3

**АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННЫХ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА  
ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Сергей Иванович Бабкин**

Магистрант

BabkinSerj@mail.ru

**Алексей Александрович Бахарев**

кандидат технических наук, доцент

BakharevAlex@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрен анализ широко распространенных способов изготовления деталей из полимерных материалов. Выявлены основные недостатки каждого способа не позволяющие эффективно производить запасные части для сельскохозяйственной техники.

**Ключевые слова:** печать, деталь, полимер, изготовление.

Детали из полимерных материалов, которые можно найти в составе с/х техники обладают многообразием форм и размеров, вследствие чего известно немало технологий для их получения. Выбор конкретной технологии зависит от изделия, которое необходимо получить, а также от количества деталей в партии. [1, 2] К примеру, мелкие запасные части из полимеров наиболее рентабельно производить с помощью технологии – литье под давлением, а крупные детали более эффективно получать методами горячего прессования или формования (таблица 1).

Таблица 1

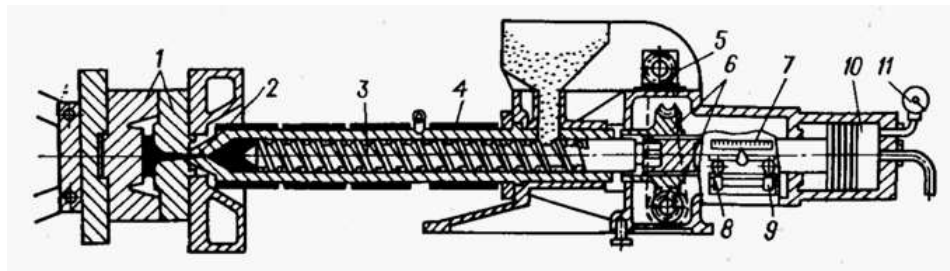
Зависимость методов производства от эффективного объема.

Способ переработки	Объем производства, шт.
Механическая обработка	1-100
Термоформование	100-1000
Свободное литье	500-1000
Ротационное формование	500-1000
Прессование	1000-2000
Экструзия	1000-3000
Экструзия с раздувом	3000-10 000
Литье под давлением	10 000 – 100 000

Для получения одних и тех же деталей очень часто рационально применять различные методы производства при этом выбор наиболее эффективного способа будет зависеть от экономической оценки в каждом конкретном случае. Другими словами если оборудование и оснастка, в каком то конкретном случае достаточно дорогие, то и эффективным он будет только при производстве крупных партий изделий из полимерных материалов. [3]

*Литье под давлением.* Практически самым высокопроизводительным способом получения деталей из полимерных материалов считается литье под давлением. Во время этого процесса (рисунок 1) полимер находящийся в состоянии твердых гранул пластифицируется проходя через подогреваемый цилиндр устройства для литья и двигаясь при этом к инжекционному выходу с

помощью постоянно вращающегося червяка (рисунок 2).



1 – основание; 2 – выходное отверстие; 3 – шнек; 4 – электрические тэны; 5 – гидромотор; 6 – червячная передача; 7 – устройство регулировки подачи; 8,9 – концевики; 10 – гидравлический цилиндр; 11 – прибор измерения давления

*Рисунок 1* – Устройство агрегата применяемого для изготовления изделий методом литья под давлением.

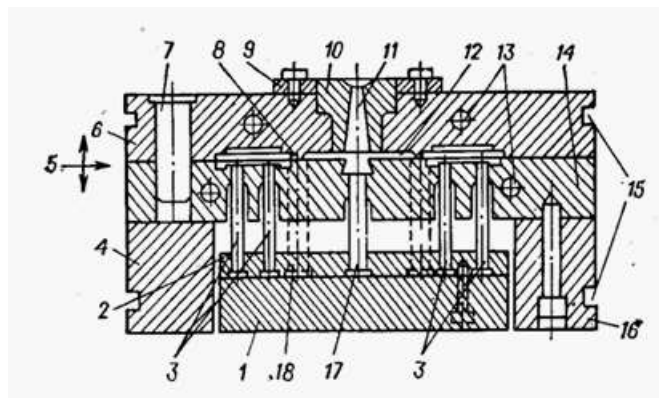


*Рисунок 2* – Термопластавтомат - агрегат для изготовления изделий методом литья под давлением

«Жидкий» пластик после выхода из машины для литья попадает в специальные пресс-формы где и приобретает свой конечный вид (рисунок 3). Устройство для литья и пресс-форма имеют достаточно сложные конструкции из-за необходимости применения специальных каналов для подогрева и охлаждения, а также необходимости выдерживать достаточно большое давление во время работы. Это сказывается на конечной цене оборудования. К примеру, одна пресс-форма может стоить до 600 тысяч рублей. Это позволяет сделать вывод, что данная технология может экономически эффективно применяться только при крупном или массовом производстве.

Положительной же стороной данного метода является возможность

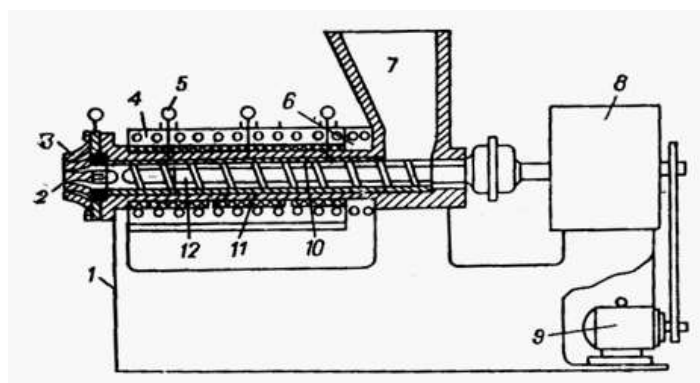
изготовления деталей любых форм и размеров, а также абсолютно любых масс.



1,2 – детали для соединения механизма толкания; 3-дщетали служащие для выталкивания частей формы; 4,16- регулировочные прокладки; 5-место разбора; 6-копир формы; 7-штифт для направления полуформ; 8-место впуск полимеров; 9- кольцо для направления полуформ; 10-бронзовая втулка; 11-канал для литья; 12-канал для разъема; 13-охлаждающий механизм; 14-пуансон; 15-система крепежа полуформ; 17-главный выталкивающий механизм;

Рисунок 3 – Обычная форма для литья полимера

**Экструзия** Экструзией называется процесс постоянного продавливания пластичного полимера через специальную форму с каналом строго определённого сечения на конце. Схема данного устройства представлена на рисунке 4.



1 – основание; 2 – сопло; 3 – насадка; 4 – механизм подогрева; 5 – прибор измерения температуры; 6 – механизм охлаждения; 7 – горловина для загрузки сырья; 8 – зубчатая передача; 9 – двигатель; 10 – гильза главного цилиндра; 11 – цилиндр для нагрева; 12 – шнек

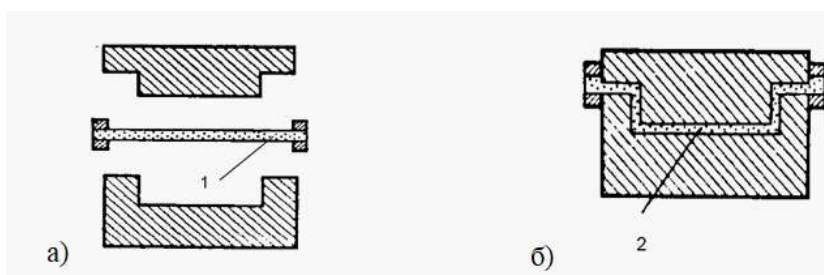
Рисунок 4 – Общий вид экструдера с одним червяком

Вовремя этого процесса твердые полимерные гранулы попадают в

цилиндр с подогревом и подаются в зону выдавливания находящимся внутри цилиндра червяком. Цилиндр и находящийся в нем червяк делят на три рабочие зоны: 1) зона для загрузки в которой поступившие гранулы уплотняются; 2) зона в которой за счет тепла подведенного из вне и тепла внутреннего образующегося за счет силы трения происходит расплавление, пластификация и сжатие полученной массы; 3) зона в которой происходит дозирование пластического материала.

Данный способ достаточно широко применяют для получения изделий с постоянным сечением – трубы, пленки, листы и т.п.

*Прессование.* Суть метода в следующем, материал из полимера в виде листа устанавливается в пресс-форме и принимает его конфигурацию в следствие действия придаваемой нагрузки и подведенного тепла (рисунок 5). Такой метод чаще применяют при изготовлении изделий из реактопластов, при этом для термопластов этот метод менее рентабелен, кроме случаев изготовления крупных или массивных деталей.



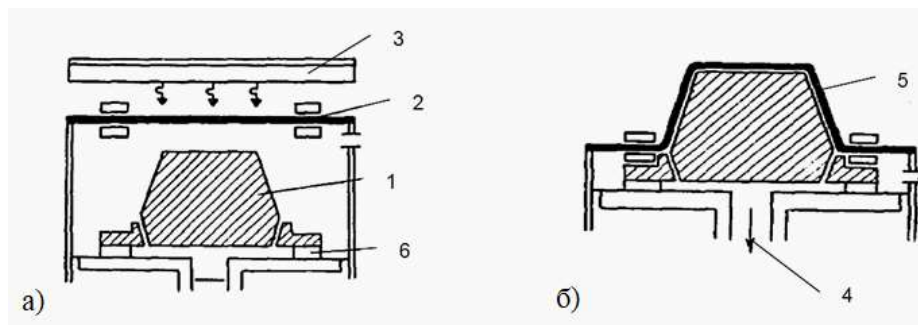
1 – заготовка которую заранее нагрели; 2 – заготовка после прессования

Рисунок 5 – Схема изготовления деталей из полимеров методом прессования до (а) и после (б) прессования

Пресс-форма в данной технологии очень схожа с пресс-формами, применяемыми при использовании метода литья под давлением. Все они изготавливаются из высокопрочных марок сталей, выдерживающих большое давление и не теряющих своих свойств при сильном нагревании.

В целом можно сделать вывод что прессование применяется при изготовлении тонкостенных изделий, с низкими требованиями к поверхностным характеристикам и площадью до 3...4 м<sup>2</sup>.

*Вакуум- и пневмоформование.* В отличие от метода описанного выше в данном применяется маленькое давление на квадратный метр составляющее примерно 1 атмосферу (рисунок б). Так лист, из полимерного материала используемый в качестве заготовки принимает определенную форму за счет создания разряжения (вакуума) между формируемым листом и самой формой (вакуумформование) или за счет создания избыточного давления сжатого воздуха действующего на лист полимера (пневмоформование).



1 – форма; 2 – заготовка из полимера; 3 – механизм нагрева; 4 – механизм отвода горячего воздуха; 5 – изделие; 6 – рама

*Рисунок б* – Процесс начала (а) и окончания (б) при получении изделия из полимерной заготовки по технологии вакуумформования

Данный способ можно использовать только для производства изделий с равной толщиной сечения – корпус, заслонка, крышка. При этом данный метод достаточно часто применяется при производстве деталей мелкими сериями, так как оборудование и используемая оснастка относительно дешевы по сравнению с другими методами.

*Свободное литье.* Этот способ характерен тем что полимерный материал поступает не в твердом виде, а в виде жидкой композиции самотеком или в определенных случаях прикладывается небольшое давление в форму, а затем уже процесс твердения вылитой массы проходит без давления. Больше всего в настоящее время для получения изделий по технологии свободного литья распространены машины вакуумно-литьевые. В таких машинах качества конечного продукта значительно выше, чем в других машинах. Это происходит из-за того, что и перемешивания и дозирование и заливка полимера в форму

происходит в вакууме (рисунок 7).



*Рисунок 7 – Общий вид агрегата для технологии свободное литье*

Главным ограничением на использование данной технологии является исходное сырье. Связано это с тем что сырье должно обладать низкой вязкостью например пластизоли и олигомерные композиции.

Первый материал применяется в виде дисперсии различных полимеров в органических жидкостях – поливинилхлорид. В твердое состояние такие полимеры переходят при температуре 90-110 °С из-за процесса желатинизации. [4]

Второй материал представляет собой смесь двух веществ: олигомера выступающего в качестве основы и определенной добавки играющей роль отвердителя. Плюс данного материала в том, что отверждение его происходит за счет химической реакции происходящей между двумя вышеупомянутыми компонентами и протекает она в не зависимости от температуры окружения. В настоящее время можно встретить обширное применение таких олигомеров как кремнийорганические смолы, эпоксидные смолы, фенолформальдегидные смолы, полиэфирные смолы и многие другие.

Так как данный метод не зависит от высокого давления и высоких температур, оборудование и оснастка для него достаточно дешевы, а учитывая опыт изготовления форм для литья с применением метода 3D-печати рентабельность данного метода остается на высоком уровне даже при

мелкосерийном производстве.

*Механическая обработка.* Большинство материалов из полимеров свободно обрабатываются на стандартном оборудовании для резки металла, при этом такая обработка чревата появлением в изделии остаточных напряжений и образованием мелких трещин в верхнем слое, поэтому метод механической обработки материалов из полимеров необходимо рассматривать как вероятный, но не рекомендованный для получения деталей из полимерных материалов.

Для изготовления полимерных деталей применяются точно такие же операции механической обработки, как и для деталей из металлов, например шлифование, точение или фрезерование. Поэтому можно использовать, как и стандартные станки, так и стандартное режущее оборудование. При этом существует отличие процессов обработки изделий из полимеров от изделий из металлов и заключается оно в большом разогреве изделий из полимеров в процессе обработки, что в свою очередь ведет к ухудшению физических свойств полимеров. Вследствие этого во время обработки полимерных деталей механическим способом необходимо применять большее охлаждение и менее производительные режимы работы (малая подача, как на глубину, так и на ход).

Также значительным недостатком применения процесса механической обработки деталей из полимерных материалов является невозможность или затрудненность получения изделий сложной формы в отличие от методов рассмотренных выше.



### Список литературы:

1. Дьячков С.В., Бахарев А.А., Урюпин А.А. Применение системы компас-3d для решения научных задач в агроинженерии // Наука и образование. 2019. Т.2. №2. С. 201
2. Борzych Д.А., Бахарев А.А. Пути снижения трудоемкости работ по ремонту двигателей в ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий // Наука и образование. 2020. Т.3. №4. С. 22
3. Алехин Р.В., Бахарев А.А. Пути повышения эффективности ремонтов автомобильного транспорта // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 3.
4. Бахарев С.А., Бахарев А.А. Повышение эффективности ремонта тормозного цилиндра 2ТЭ116 // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.
5. Метод расчета установок инфракрасной обработки полимерных покрытий при восстановлении корпусных деталей автотракторной техники / Р. И. Ли, Ю. Н. Ризаева, А. Н. Быконя [и др.] // Наука в центральной России. 2022. № 5(59). С.110-119. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-5-110-119. – EDN YSKYLX.
6. Математическая модель терморadiационной обработки полимерных покрытий при восстановлении корпусных деталей автомобилей / Р. И. Ли, Д. Н. Псарев, А. Н. Быконя, М. Р. Киба // Клеи. Герметики. Технологии. 2021. № 2. С. 29-35. – DOI 10.31044/1813-7008-2021-0-2-29-35. – EDN LICTVO.

**UDC 631.3**

### **ANALYSIS OF COMMON METHODS FOR PRODUCING PARTS FROM POLYMERIC MATERIALS**

**Sergey I. Babkin**

Master student

BabkinSerj@mail.ru

**Alexey A. Bakharev**

candidate of technical sciences, associate professor

BakharevAlex@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The article considers the analysis of widely used methods for manufacturing parts from polymeric materials. The main disadvantages of each method are revealed, which do not allow efficient production of spare parts for agricultural machinery.

**Key words:** printing, detail, polymer, manufacturing.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 15.06.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 15.06.2022; accepted for publication 30.06.2023.