

*Д.Е. Кобзев, В.Л. Полуэктов\**

## **ОБРАБОТКА ПОЛИМЕРОВ ДАВЛЕНИЕМ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

В настоящее время в машиностроение внедряются новые, экономичные и технически более совершенные производственные процессы, основанные на использовании электрофизических методов обработки материала, в частности ультразвука. Ультразвуковые, как и механические колебания, часто используют для интенсификации различных технологических процессов. Применение ультразвука связано в основном с двумя его характерными особенностями: лучевым распространением и большой плотностью энергии [1].

К настоящему времени опубликовано значительное количество работ, указывающих на возможности и перспективы практического применения ультразвуковых методов для повышения качества полимерных материалов и интенсификации технологических процессов получения изделий. В настоящей работе для расширения возможностей способов переработки полимерных материалов предлагается дополнительное наложение ультразвукового воздействия на процесс пластической деформации материала в твердом агрегатном состоянии (в частности, экструзии).

Анализ литературных данных показывает, что использование ультразвукового воздействия в ряде случаев может быть особенно эффективным для твердофазной технологии обработки материалов давлением. Сущность технологии заключается в том, что формование изделий происходит в пресс-формах из монолитных заготовок в твердом агрегатном состоянии в условиях высокого гидростатического давления за одну технологическую операцию. Использование этой технологии позволяет решить проблемы сбережения энергии, используемой

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ГОУ ВПО ТГТУ Г.С. Баронина, директора НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии» в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (ГК П219 от 23 апреля 2010 г.).

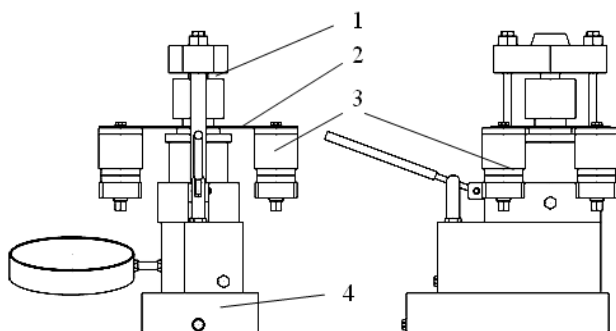
для нагрева материала и получения расплава. Твердофазная технология ведет к сокращению технологического цикла и повышению производительности с увеличением экономии материала, а также решению целого ряда проблем экологического характера, так как данная технология является безотходной [2].

Однако у данной технологии имеются существенные недостатки: необходимость применения высокого давления в процессе формования изделий и связанные с этим большие нагрузки на формирующий инструмент приводят к снижению срока службы технологической оснастки. Изделия часто имеют значительный процент поверхностного брака и высокий уровень остаточных напряжений. Всех этих недостатков можно избежать, воздействуя на материал и технологическую оснастку для получения изделия ультразвуком большой интенсивности.

Целью настоящего исследования является изучение комплексного влияния ультразвукового воздействия на технологические параметры процесса твердофазной экструзии полимеров и композитов, а также эксплуатационные свойства изделий.

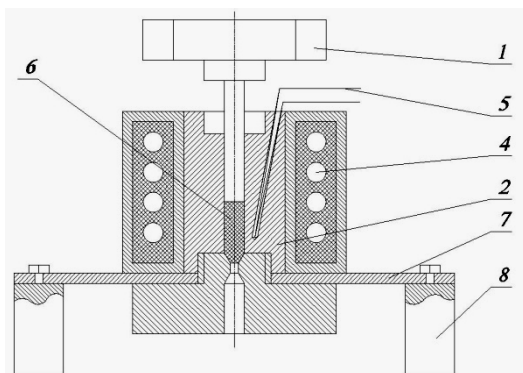
Для изучения влияния ультразвукового воздействия на процесс твердофазной экструзии используется экспериментальная установка, представляющая собой гидравлический пресс 4 нижнего давления усилием 4 тс, на нижней плите которого установлена ячейка высокого давления с электронагревателем 1, оснащенная тремя пьезокерамическими ультразвуковыми излучателями 3 с суммарной выходной мощностью 0,4 кВт и рабочей частотой 16...25 кГц (рис. 1).

В ячейке высокого давления ультразвуковые колебания от излучателей 8 передаются с помощью пластины 7 на фильеру 3 и матрицу 2, воздействуют на образец (рис. 2). Пластина, ячейка и сопутствующий



**Рис. 1. Схема экспериментальной установки с ультразвуковыми излучателями на базе пресса усилием 4 тс:**

1 – ячейка высокого давления; 2 – волнопроводящая пластина;  
3 – ультразвуковые излучатели; 4 – пресс

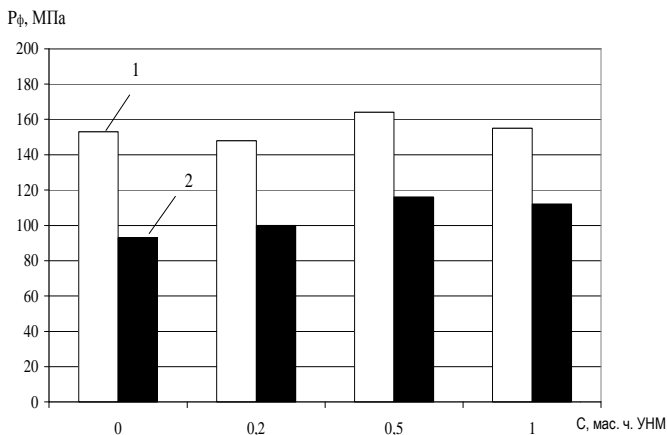


**Рис. 2. Экспериментальная ячейка для плунжерной твердофазной экструзии термопластов:**

1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – фильера; 4 – нагреватель; 5 – термopapa;  
6 – заготовка термопласта; 7 – волнопроводящая пластина;  
8 – ультразвуковые излучатели

крепезж изготовлены из стали и имеют незначительный коэффициент поглощения колебаний, что позволяет создать существенное энергетическое воздействие на образец в процессе экструзии.

В качестве образцов служат монолитные прутки термопласта цилиндрического сечения диаметром 0,005 и длиной 0,015 м.



**Рис. 3. Диаграмма изменения необходимого давления формования  $P_{\phi}$  образцов системы ПЭВП + УНМ, экструдированных при  $\lambda_{\text{экс}} = 2,07$  и температуре 295 К в зависимости от содержания УНМ:**

1 – материал, переработанный ТФ-технологией; 2 – переработанный ТФ-технологией с применением ультразвука

Объектами исследования служат композиты на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) ГОСТ 16338–85. Модифицирующей добавкой является углеродный наноматериал «Таунит» (УНМ) производства ООО «Нанотехцентр», г. Тамбов [3].

Данные эксперименты проводились при различных температурах ячейки от  $T_{295}$  до  $T_{\text{экс}} = (0,75 \pm 0,15)T_{\text{пл}}$ . Величина экструзионного отношения  $\lambda_{\text{экс}}$  равна частному от деления площади поперечного сечения загрузочной камеры на площадь поперечного сечения капилляра.

После проведения опытов по твердофазной плунжерной экструзии с применением ультразвука отмечено снижение необходимого давления на 40% у исходного материала и на 30% у композитов (рис. 3).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультразвук / под ред. И.П. Голяминой. – М. : Советская Энциклопедия, 1979. – С. 400.
2. Баронин, Г.С. Переработка полимеров в твердой фазе (физико-химические основы) : монография / Г.С. Баронин. – М. : Машиностроение-1, 2002. – 320 с.
3. Ткачев, А.Г. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур: монография / А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 316 с.