

УДК621.822.5:677.494.743.41

Е.Н. Еремин, д-р техн. наук, Д.А. Негров, канд. техн. наук,
Губин Д.С., Омск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРЕССОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

У статті розглядається вплив параметрів ультразвукового пресування на механічні та триботехнічні властивості композиційних матеріалів на основі політетрафторетилену і розробці на цій основі технології виготовлення підшипників ковзання.

В статье рассматривается влияние параметров ультразвукового прессования на механические и триботехнические свойства композиционных материалов на основе политetraфторэтилена и разработка на этой основе технологии изготовления подшипников скольжения.

In article it is considered influences of parameters of ultrasonic pressing on mechanical and tribotechnical properties of composite materials on a basis PTF and development on this basis of manufacturing techniques of bearings of sliding.

В настоящее время детали узлов трения, изготовленные из различных металлов и сплавов, постепенно заменяются полимерами и полимерными композиционными материалами, в частности на основе политetraфторэтилена [1]. Это позволяет понизить себестоимость изделий, повысить их надежность и долговечность. В тоже время область применения этих материалов очень ограничена, поскольку они обладают недостаточно высоким пределом прочности и модулем упругости, что приводит к значительному деформированию поверхностных слоев при трении и интенсивному изнашиванию.

Существующие способы повышения механических и триботехнических свойств, политetraфторэтилена, такие как, введение модификаторов в полимерную матрицу и изменение режимов технологических операций (измельчение и перемешивание компонентов, прессование, термообработка) позволяют частично решить эту проблему [2].

Для более эффективного решения этой задачи необходимо применение новых методов и технологических способов, которые бы позволили существенно повысить механические и триботехнические свойства полимеров, и тем самым расширить область их применения в производстве. Поэтому данная работа, посвященная совершенствованию технологии изготовления подшипников скольжения из композиционных материалов на основе политetraфторэтилена, является актуальной.

Основой технологии, используемой при производстве изделий из полимерных композиционных материалов, является прессование из порошков заготовок и их последующее спекание. При прессовании фактически закладываются будущие свойства изделий – плотность, прочность, упругость, из-

носостойкость и равномерное распределение этих характеристик по всему объему изделия.

Для повышения качества прессования получили применение способы уплотнения порошков с наложением вибрации. Под действием вибрации силы трения и сцепления частиц уменьшаются. При этом повышаются: текучесть порошков, равномерность укладки частиц полимера, разрушаются арочные структуры.

Перспективным способом вибрационного воздействия является наложение ультразвуковых колебаний на прессуемый материал, благодаря которым существенно облегчается возникновение и развитие пластической деформации частиц порошка. Это положительно влияет и на характер изменения сил трения от давления прессования, дает возможность формировать изделие сложной формы при сравнительно небольших усилиях. Прессование с применением ультразвуковых колебаний является активным технологическим приемом, повышающим эффективность модификации структуры матрицы и оказывающим существенное влияние на процессы структурообразования в ней [3, 4].

Целью данной работы является исследование влияния параметров ультразвукового прессования на механические и триботехнические свойства композиционных материалов на основе политетрафторэтилена и разработка на этой основе технологии изготовления подшипников скольжения.

Объектом исследования являлся композиционный материал на основе политетрафторэтилена с комплексным наполнителем-модификатором: 8% - скрытокристаллический графит; 6% - углеродное волокно; 2% - MoS_2 .

Методика исследования включала два этапа. На первом этапе определялись основные технологические параметры ультразвукового прессования (амплитуда колебаний волновода-пуансона, время и усилие прессования), а также влияние этих параметров на механические свойства (предел прочности и модуль упругости) композиционного материала. Механические свойства образцов при растяжении определяли на разрывной машине Р 0,5 со скоростью деформации 20 мм/мин.

На втором этапе методикой предусматривалось исследование влияния режимов ультразвукового прессования на триботехнические характеристики (скорость изнашивания, коэффициент и момент трения) исследуемого материала.

Для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов, методом ультразвукового прессования, была собрана специальная установка на базе гидравлического пресса МТ – 50 (рисунок 1). Применен ультразвуковой генератор УЗГ 3 – 4, имеющий выходную мощность 5 кВт и работающий в частотном диапазоне от 17,5 до 23 КГц. В качестве источника ультразвуковых колебаний был взят магнитострикционный преобразователь ПМС 15-А-18, с резонансной частотой колебаний 17,8 кГц.

Перед прессованием проводится смешивание порошков полимерного композиционного материала в смесителе с частотой вращения ножей не менее 2800 мин⁻¹, с последующим засыпанием его в закрытую пресс-форму 3, закрепленную на шаровой опоре 2. Ультразвук включали одновременно с касанием волновода-пуансона 4 поверхности порошка. При этом ультразвуковые колебания передавались пресс-форме и всей массе порошка. Под действием колебаний пуансона частицы порошка совершают также колебательные движения, при этом происходит перемещение и укладка частиц. Мелкие частицы распределяются и заклиниваются между крупными, что способствует уплотнению и укрупнению контактов между частицами.

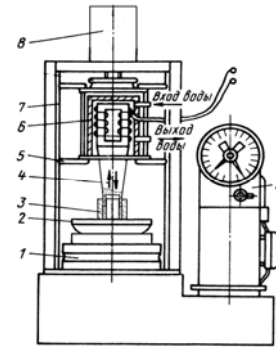


Рисунок 1 – Схема установки для прессования изделий из политетрафторэтилена с наложением ультразвуковых колебаний:
1 – основание; 2 – шаровая опора; 3 – пресс-форма; 4 – волновод-пуансон; 5 – траверса; 6 – магнитострикционный преобразователь; 7 – направляющая колонна; 8 – гидроцилиндр; 9 – гидравлическая система

После ультразвукового прессования отпрессованную заготовку подвергают спеканию, технология которой включает в себя следующие этапы: 1 – нагрев до температуры 360 ± 5 °С со скоростью 1,5 – 2,0 °С/мин; 2 – выдержка при этой температуре (8 – 9 мин на 1мм толщины стенки изделия); 3 – охлаждение до температуры 327 °С со скоростью 0,3 – 0,4 °С/мин; 4 – охлаждение от 327 °С до комнатной температуры вместе с печью.

Соблюдая те же режимы спекания, для сравнения, изготавливали образцы без воздействия ультразвуковых колебаний на прессуемый композиционный материал

Анализ экспериментов показал, что влияние амплитуды колебаний волновода-пуансона на предел прочности композиционного материала носит ярко выраженный экстремальный характер с максимумом 15 мкм (рисунок 2). При этом усилие прессования составляло 65 МПа, а время прессования 90 секунд.



Рисунок 2 – Зависимость предела прочности полимерного композиционного материала от амплитуды колебания волновода-пуансона

Результаты исследований зависимости предела прочности от времени прессования показали, что оптимальное время прессования составляет 90 секунд (рисунки 3, 4). При этом у образцов изготовленных методом ультразвукового прессования предел прочности выше на 15%, а модуль упругости на 23%, по сравнению с образцами, изготовленными по технологии без применения ультразвука. Дальнейшее увеличение времени прессования не приводит к изменению предела прочности и модуля упругости.

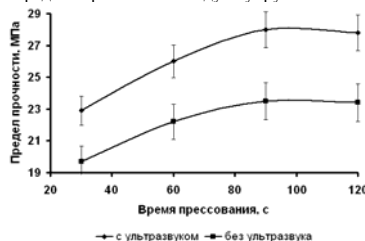


Рисунок 3 – Зависимость предела прочности от времени прессования

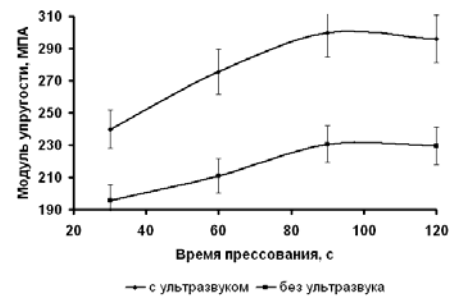


Рисунок 4 – Зависимость модуля упругости от времени прессования

Зависимости предела прочности и модуля упругости от усилия прессования показаны на рисунках 5, 6. Как видно, графики зависимостей имеют экстремальный характер с максимумом при усилии 65 МПа. При этом образцы, изготовленные методом ультразвукового прессования, имеют больший предел прочности и модуль упругости.

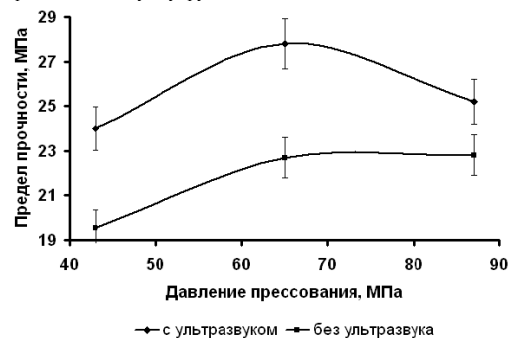


Рисунок 5 – Зависимость предела прочности от давления прессования

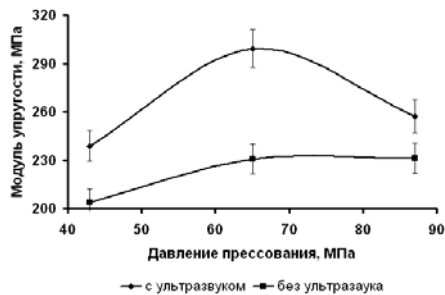


Рисунок 6 – Зависимость модуля упругости от усилия прессования

Механические испытания при повышенных температурах показали, что у образцов изготовленных ультразвуковым прессованием предел прочности практически не изменяется до 80 °С, а от 80 °С до 110 °С изменяется на 15 % (рисунок 7). Предел прочности образцов, изготовленных без ультразвука, с повышением температуры монотонно уменьшается и при 110 °С изменяется на 30 %.

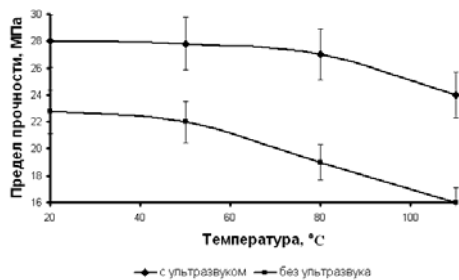


Рисунок 7 – Зависимость предела прочности от температуры

Образцы для триботехнических испытаний были изготовлены методом ультразвукового прессования, на режимах обоснованных полученными результатами первого этапа исследования (амплитуда колебаний волновода-пуансона 15 мкм, усилие прессования 65 МПа, время прессования 90 секунд).

Испытания образцов проводили на специальном стенде МДС – 2, скорость скольжения составляла $V=0,75$ м/с, при давлении $P=2$ МПа без смазки.

Результаты триботехнических испытаний приведены на рисунке 8.

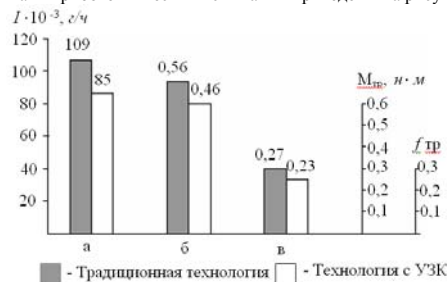


Рисунок 8 – Характеристики триботехнических свойств ПКМ:

1 – скорость изнашивания, I; 2 – момент трения, Mmp ;

3 – коэффициент трения, fmp

В результате проведенных исследований установлено, что применение ультразвукового прессования, в технологии производства подшипников скольжения (время прессования – 90 секунд, усилие прессования – 65 МПа, амплитуда колебаний волновода пуансона – 15 мкм), позволяет повысить предел прочности на 15%, модуль упругости на 23%, при этом скорость изнашивания снижается на 23%, а коэффициент трения на 15%.

Список использованных источников: 1. Ю. К. Машков Трибофизика и свойства наполненного фторопласта: Науч. издание. Омск: Изд-во ОмГТУ, 1997. 192 с.; 2. А. А. Охлопкова Модификация полимеров ультрадисперсными соединениями / Охлопкова А. А., Андрианова О. А. и др. // Якутск : ЯФ изд-ва СО РАН, 2003. – 240 с.; 3. Д.А. Негров Исследование влияния ультразвуковых колебаний на структуру и механические свойства полимерного композиционного материала/ Негров Д.А., Еремин Е.Н.// Омский научный вестник. – 2011. – №2(100). – С. 17-20.; 4. Д.А. Негров Исследование процесса ультразвукового прессования композиционного материала на основе политетрафторэтилена / Негров Д.А., Еремин Е.Н.// Омский научный вестник. – 2010. – №2(90). – С. 9-11.

Поступила в редакцию 12.05.2012