

Влияние ультразвуковых колебаний на структуру полимерного композиционного материала

Д. А. Негров, П. В. Плохотнюк, Д. А. Вебер, А. В. Плохотнюк, Н. А. Волков

Омский Государственный Технический Университет, г. Омск, Россия

В данной статье рассмотрено влияние ультразвуковых колебаний на структуру полимерных композиционных материалов на основе политетрафторэтилена. В результате проведенных исследований определено, что у образцов изготовленных ультразвуковым прессованием упрочняется структура за счет отсутствия пустот, пор и раковин. Уменьшается пористость в материале, повышаются прочностные характеристики.

Ключевые слова: структура ПТФЭ, ультразвук, холодное прессование.

Механические и триботехнические свойства материалов значительно влияют на прочностные характеристики узлов трения машин. В настоящее время, для повышения качества изготавливаемой продукции, металлы и сплавы стараются заменить на различные полимеры и полимерные композиционные материалы, в том числе на основе ПТФЭ. Преимущество данного метода в том, что ПТФЭ можно использовать в узлах трения без наличия смазочной жидкости. При этом чтобы материал при высоких удельных нагрузках не терял свои прочностные свойства, в полимерную матрицу вводятся различные модификаторы (дисперсные, волокнистые, ультрадисперсные). Одним из методов структурной модификации является ультразвуковая обработка полимеров [1, 2].

При прессовании с помощью энергии ультразвуковых колебаний гранулированных полимеров и полимерных композиций, отдельным частицам материала сообщаются индивидуальные скорости и ускорения, благодаря этому разрушаются арочные образования и происходит уплотнение материала [3, 4].

Целью данной работы является исследование воздействия ультразвуковых колебаний на структуру полимерного композиционного материала на основе политетрафторэтилена.

При помощи холодного пресса (без наложения ультразвуковых колебаний) и прессования с наложением ультразвуковых колебаний изготовили образцы из композиционного материала на основе политетрафторэтилена с комплексным наполнителем-модификатором: 8% - скрытокристаллический графит, 6% - углеродное волокно, 2% - MoS_2 . Методика исследования заключалась в рассмотрении тонкой структуры изделий из политетрафторэтилена.

Для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов методом ультразвукового прессования, на базе гидравлического пресса МТ – 50 была разработана и изготовлена специальная установка (рис. 1).

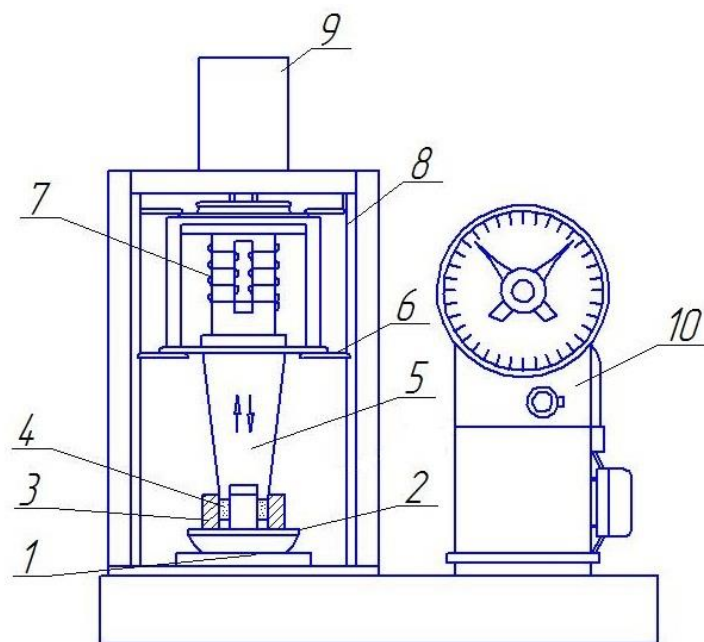


Рисунок 1 - Схема установки для прессования изделий из ПКМ с наложением ультразвуковых колебаний: 1 – основание; 2 – шаровая опора; 3 – пресс-форма; 4 – порошок ПКМ; 5 – волновод-пуансон; 6 – траверса; 7 – магнитострикционный преобразователь; 8 – направляющая колонна; 9 – гидроцилиндр; 10 – гидравлическая система

В качестве источника ультразвуковых колебаний применялся магнитострикционный преобразователь ПМС 15-А-18 (резонансная частота колебаний 17,8 кГц), с ультразвуковым генератором УЗГ 3 – 4, имеющим входную мощность 5 кВт и работающим в частотном диапазоне от 17,5 до 23 кГц.

Для изучения тонкой структуры в данной работе были использованы микроскопы РЭМ-100У (разрешение 10 нм) и JEM – 6460 LV (разрешение 3 нм), при этом для создания на поверхности скола электропроводящего покрытия применялось напыление серебра (для РЭМ-100У) или золота (для JEM – 6460 LV) в условиях высокого вакуума.

При введении наполнителя наблюдается измельчение структуры. Данное воздействие можно определить как геометрическое модифицирующее воздействие на матрицу: исходная ленточная структура ПТФЭ разбивается частицами наполнителя, внедряющимися в матрицу.

При ультразвуковом прессовании в наполненном ПТФЭ обнаруженные структурные элементы могут быть опознаны, как сильно дефектные сферолиты неправильной формы (рис. 2,3). В качестве центров кристаллизации выступают участки поверхности частиц наполнителя и углеродного волокна.

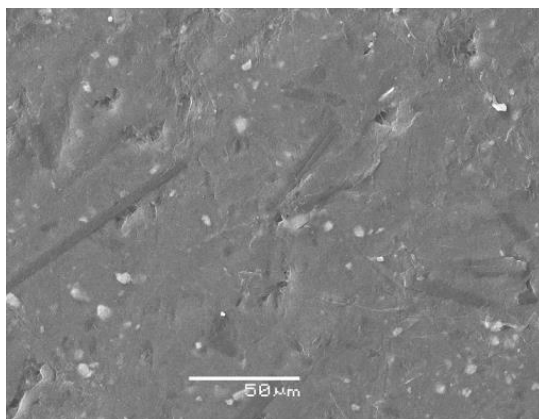


Рисунок 2 - Микрофотография скола образца политетрафторэтилена, содержащего 6 % УВ, 8 % СКГ, 2 % MoS_2 и изготовленного ультразвуковым прессованием

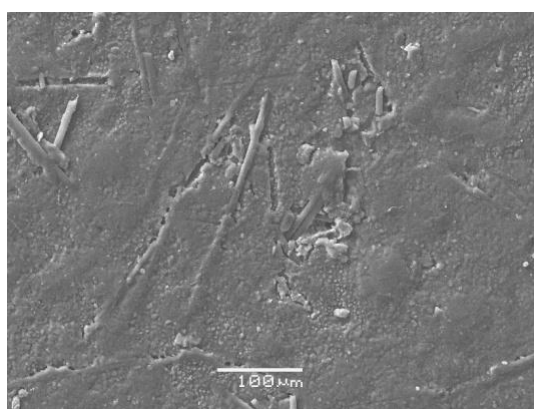


Рисунок 3 - Микрофотография скола образца политетрафторэтилена, содержащего 6 % УВ, 8 % СКГ, 2 % MoS_2 изготовленного холодным прессованием

В результате холодного прессования у изготовленных образцов, при электронно-микроскопическом анализе скола, на поверхности наблюдаются раковины и пустоты, что в свою очередь существенно понижает прочность полимерного композиционного материала (рис. 4).

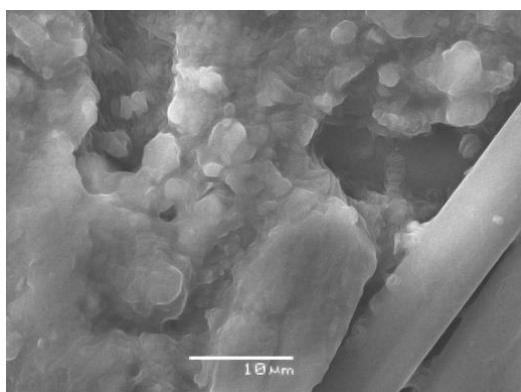


Рисунок 4 - Микрофотография скола образца политетрафторэтилена, содержащего 6 % УВ, 8 % СКГ, 2 % MoS_2 изготовленного холодным

прессованием

У образцов, изготовленных ультразвуковым прессованием, на поверхности скола пустот и раковин не наблюдается. Следовательно, структура материала упрочняется. Это объясняется тем, что углеродное волокно находится внутри полимерной матрицы, материал лучше пропрессован и разлом происходит по полимерной матрице.

В ходе проведенных исследований можно сделать вывод, что прессование изделий из полимерных композиционных материалов с применением ультразвуковых колебаний, является активным технологическим методом, предотвращающим появления пористой структуры в материале, тем самым повышая его прочностные характеристики.

Библиографический список

1. Negrov D. A., Eremin E. N. Manufacture of Slip Bearings from PTFE Based Composite // ISSN 1068798X, Russian Engineering Research, 2012, Vol. 32, No. 1, pp. 42–44. DOI:10.3103/S1068798X12010212

2. Eremin E. N., Negrov D. A. Development of a technology for the fabrication of articles made of complex-modified polytetrafluoroethylene for dry friction assemblies // Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 49, Nos. 9–10, January, 2014. DOI:10.1007/s10556-014-9822-0

3. Еремин Е. Н. Разработка технологии изготовления изделий из комплексно-модифицированного политетрафторэтилена для узлов сухого трения /Еремин Е. Н., Негров Д. А. // Химическое и нефтегазовое машиностроение – 2013. № 10. – С. 46 – 48.

4. Еремин Е. Н. Структурная модификация дисперсно-наполненного политетрафторэтилена ультразвуковым воздействием при синтезе композиционного материала /Еремин Е. Н., Негров Д. А. // Физическая мезомеханика – 2013. Том 16 № 5. – С. 95 – 101.