

Повышение прочности металлополимерных пар трения

В. Ю. Путинцев, П. В. Плохотнюк, Д. А. Вебер, А.В. Плохотнюк, Я. А. Каунник

Омский Государственный Технический Университет, г. Омск, Россия

В данной работе рассмотрено влияние ультразвуковых колебаний на механические и триботехнические свойства политетрафторэтилена модифицированного скрытокристаллическим графитом. В результате проведенных исследований показано, что технология ультразвукового прессования позволяет повысить механические свойства политетрафторэтилена: предел прочности при растяжении на 10%, относительное удлинение на 8%, модуль упругости на 15 %, при этом интенсивность массового изнашивания снижается на 23%, а коэффициент трения на 11%.

Ключевые слова: скрытокристаллический графит, ультразвуковые колебания, триботехнические свойства, политетрафторэтилен.

Обеспечение максимальной прочности металлополимерных пар трения при работе в тяжелых условиях нагружения, при высоких температурах и в агрессивных средах является актуальной задачей.

Для каждой пары трения существуют давление в контакте, нагрузки, скорости и температуры. Повышение прочности, триботехнических и механических свойств полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), которые применяются в смазываемых, так и не смазываемых металлополимерных узлах трения. ПКМ должен обладать высокой прочностью, износостойкостью, упругостью, плотностью, равномерным распределением свойств по всему объему изделия [1].

Существуют различные способы уплотнения порошков ПКМ с одновременным наложением вибрации. Под действием вибрации, силы трения и сцепления частиц уменьшаются. При этом повышаются текучесть порошков, равномерность укладки частиц полимера, разрушаются арочные структуры. При виброформовании частицам перерабатываемого материала придаются значительные знакопеременные скорости и ускорения, в результате чего в полимерах наблюдается целый ряд физических и химических явлений, приводящих к интенсификации процессов переработки, снижению энергоемкости оборудования, повышению качества готовых изделий [2].

Одним из перспективных способов вибрационного воздействия является наложение ультразвуковых колебаний, 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 формовать изделие сложной формы

при сравнительно небольших усилиях и тем самым позволяет повысить прочность.

Для проведения исследования влияния ультразвуковых колебаний, при прессовании порошков полимерных композиционных материалов была разработана специальная установка на базе гидравлического пресса [3].

После ультразвукового прессования образцы подвергались термообработке (спеканию) при температуре 360 °С. Для сравнения, соблюдая те же режимы прессования, изготавливали образцы без воздействия ультразвуковых колебаний. Образцы для исследования механических свойств изготавливали из ПКМ с содержанием СКГ 3, 6, 9, 12 мас. %. Механические свойства образцов при растяжении определяли на разрывной машине Р 0,5.

Методика исследования триботехнических свойств ПКМ предусматривала определение их износостойкости (скорости изнашивания) и антифрикционных свойств (момента и коэффициента трения). Образцы для триботехнических испытаний изготавливали из ПКМ с содержанием СКГ 6 мас. %. Испытания проводили на специальном стенде МДС – 2 без смазочного материала.

Изучение влияния ультразвуковых колебаний на механические свойства ПКМ выполняли на образцах с различным содержанием СКГ. Было установлено (рис. 1), что зависимости предела прочности ПКМ от содержания СКГ для образцов, изготовленных по обычной технологии и с наложением ультразвуковых колебаний, имеют одинаковый характер и экстремум при содержании СКГ 6 мас. %. При этом же содержании получено и наибольшее повышение предела прочности. Предел прочности образцов изготовленных ультразвуковым прессованием на 10 % больше, чем у образцов изготовленных без наложения ультразвуковых колебаний.

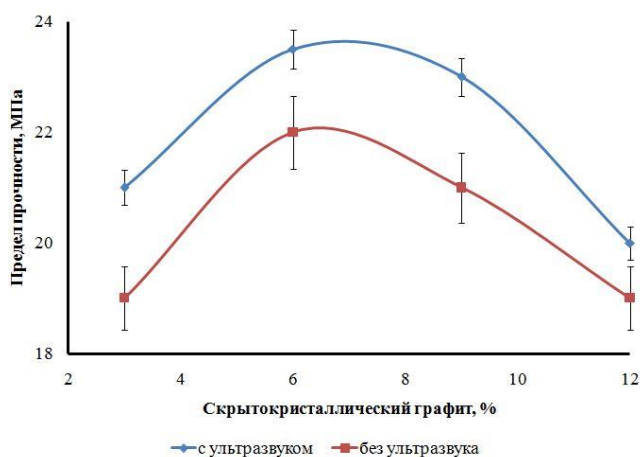


Рисунок 1 - Зависимость предела прочности при разрыве от содержания СКГ

Относительное удлинение при разрыве, характеризующее пластические свойства материала, при наложении ультразвуковых колебаний снижается (рис. 2).

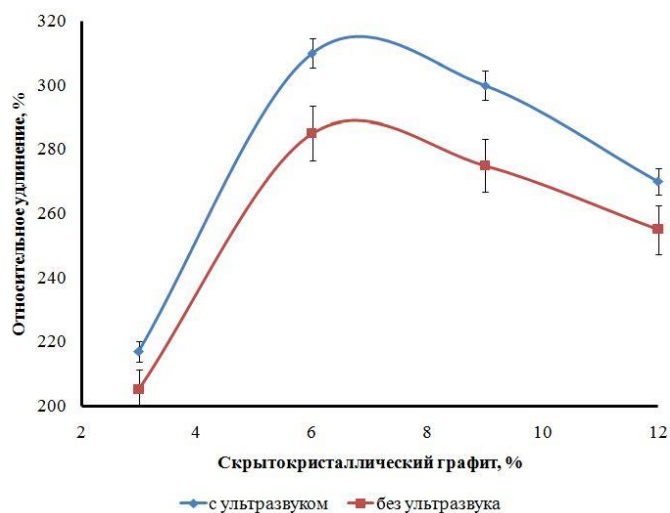


Рисунок 2 - Зависимость относительного удлинения от содержания СКГ

Характер кривых аналогичен характеру кривых предела прочности с экстремумом при содержании СКГ 6 мас. %. Максимальное уменьшение относительного удлинения ($\approx 8\%$) также получено при этой концентрации.

Анализ зависимостей модуля упругости образцов с различным содержанием СКГ, полученных по традиционной технологии и с наложением ультразвуковых колебаний (рис. 3) показал, что наложение ультразвуковых колебаний в процессе прессования повышает модуль упругости на $10 \div 15\%$ в зависимости от содержания наполнителя. Максимальное значение модуля упругости для обеих технологий получено при концентрации СКГ 6 мас. %.

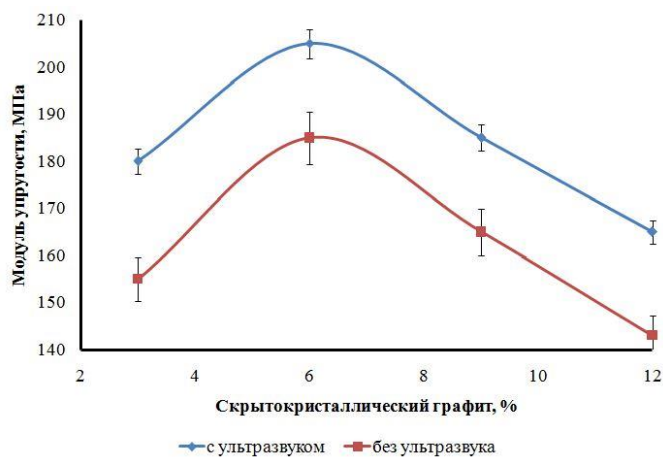


Рисунок 3 - Зависимость модуля упругости от содержания СКГ

Закономерности изменения механических свойств ПКМ (рис.2 – 4) показывают, что при наложении ультразвуковых колебаний в процессе прессования заготовок предел прочности и модуль упругости возрастают, а относительное удлинение снижается. Следовательно, такое содержание СКГ следует считать рациональным для исследуемого ПКМ.

Установлено, что воздействие ультразвуковых колебаний на ПКМ приводит к улучшению их триботехнических свойств.

Так скорость изнашивания снижается на 23 %, а коэффициент трения на 11 %. Столь значительное повышение износостойкости может свидетельствовать об изменении структуры композиционного материала.

На основании проведенных исследований установлено, что применение ультразвукового прессования, в производстве металлополимерных пар трения (время прессования – 90 секунд, усилие прессования – 65 МПа, амплитуда колебаний волновода пуансона – 14 мкм), позволяет повысить предел прочности на 10 %, модуль упругости на 15 %, при этом относительное удлинение снижается на 8 %.

Наряду с повышением механических свойств, при воздействии ультразвуковых колебаний, улучшаются и триботехнические характеристики ПКМ при трении без смазочного материала по стали: скорость изнашивания снижается на 23 %, коэффициент (момент) трения на 11 % для данных условий испытания.

Библиографический список

1 Negrov. D. A., Eremin E. N. Manufacture of Slip Bearings from PTFE Based Composite // ISSN 1068 798X, Russian Engineering Research, 2012, Vol. 32, No. 1, pp. 42–44. © Allerton Press, Inc., 2012. Original Russian Text © Negrov D. A., Eremin E. N., 2012, published in Vestnik Mashinostroeniya, 2012, No. 1, pp. 49–52. DOI: 10.3103/S1068798X12010212

2. Remind 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 (Russian Original Nos. 9–10, Sept.–Oct., 2013). DOI: 10.1007/s10556-014-9822-0

3. Негров Д. А. Технология изготовления деталей узлов трения из полимерных композиционных материалов/ Негров Д. А., Путинцев В. Ю., Передельская О. А., Наумова А. В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2015. Т. 15, № 2. с. 13–19