

периодически выходят из зацепления с полотном. Нормальные составляющие скорости и ускорения полотна при этом резко увеличиваются. Более плавно колеблет полотно элеватора эллиптический встряхиватель, поэтому встряхивающие звездочки этого типа нашли более широкое применение.

Рабочий процесс эллиптического встряхивателя обусловлен переменным радиусом точки, находящейся в зацеплении с полотном элеватора, поэтому эллиптический встряхиватель вращается с переменной угловой скоростью. В момент встряхивания прутки элеватора движутся по окружности, описываемой большой осью эллипса. Вследствие этого на компоненты сепарируемого вороха действует центробежная сила. Для отрыва сепарируемого вороха от поверхности элеватора необходимо, чтобы центробежная сила превышала силу тяжести обрабатываемого элемента пласта с учетом угла наклона элеватора.

Для прутковых элеваторов часто применяют рычажно-роликовые встряхиватели. По сравнению с эллиптическими рычажно-роликовые встряхиватели с принудительным приводом имеют преимущество: у них интенсивность встряхиваний не зависит от скорости полотна, и ее можно регулировать, изменяя частоту или амплитуду колебаний.

Для устранения сгуживания подкапываемого пласта и обеспечения возможности сепарирования в тонком слое скорость движения элеватора должна в 1,3—1,6 раза превышать скорость движения машины. Скорость движения выбирают так, чтобы почва покрывала прутки первого каскада элеваторов во избежание значительного повреждения клубней. Оптимальной толщиной слоя почвы на элеваторе считают $h_{\text{опт}} = 0,08—0,12$ м. Меньшие значения относятся к влажному суглинку, а большие — к сухой супесчаной почве.

Исследованиями установлено, что оптимальная скорость полотна пруткового элеватора может находиться в диапазоне от 1,5 до 2,5 м/с в зависимости от конкретных условий уборки: типа почвы, влажности, глубины хода лемехов, скорости машины и др.

Анализ процесса подбрасывания и траекторий полета частиц при разных скоростях элеватора показывает, что при увеличении скорости полотна больше увеличивается дальность полета, чем высота подбрасывания. При скоростях, больших 2,5 м/с, дальность полета возрастает настолько, что частицы вновь соприкасаются с поверхностью лишь в конце элеватора, а часто пролетают его вовсе. С учетом этого полнота просеивания почвы при скоростях больших 2,5 м/с резко снижается [3, с. 359].

Заключение. Сепарирующая способность элеваторов во многом зависит от конструкции встряхивателей и почвенных условий.

Список цитируемых источников

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь : [сайт]. — Минск, 2003—2024. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059> (дата обращения: 29.09.2024).
2. Технологические основы растениеводства : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Технологическое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства» / И. П. Козловская [и др.]; под ред. доктора сельскохозяйственных наук И. П. Козловской. — Минск : ИВЦ Минфина, 2010. — 432 с.
3. Ключков, А. В. Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет : учеб. пособие / А. В. Ключков, В. Г. Ковалев, П. М. Новицкий. — Минск : ИВЦ Минфина, 2019. — 436 с.: ил.

УДК 678

А. А. Чуприкова

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия

Научный руководитель
Д. О. Завражин

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ В СВЧ ПОЛЕ

Введение. Традиционные методы переработки полимерных материалов используют конвективный термический нагрев. При этом значительная часть энергии расходуется на нагрев окружающей среды. Альтернативой кондуктивному механизму теплопередачи является нагрев материала энергией электромагнитных волн сверхвысокой частоты (СВЧ). Особенностью СВЧ-обработки полимерных материалов является то, что часть энергии электромагнитного излучения направлена на нагрев полимерной матрицы, а другая часть — на структурные изменения в материале, приводящие к изменению его свойств равномерно во всем объеме. При этом объемная модификация полимера обеспечивается независимо от его теплопроводности. Если СВЧ-модификация происходит при нетепловой обработке объекта, т.е. нагрева почти нет или он незначителен, то проблема возникновения внутренних напряжений в материале отсутствует, а это, в свою очередь,

способствует улучшению механических свойств полимера. В работах [1, с. 155; 2, с. 1058; 3, с. 46; 4, с. 125] установлено, что СВЧ нагрев придает материалам уникальные свойства.

Использование СВЧ в технологии полимеров позволяет значительно повысить как эффективность процессов переработки, так и улучшить характеристики материалов. Так, в работе [5, с. 797] показана эффективность СВЧ при полимеризации, в работе [6, с. 108] — при вулканизации каучука, в работе [7, с. 294] показано микроволновое отверждение, СВЧ можно использовать для соединения и сварки пластмассовых деталей [8, с. 114].

Основная часть. Объемная СВЧ-обработка полимер-углеродных материалов и изделий позволяет использовать высокие энерго-, электро- и теплопроводящие свойства углерода для формирования полимерной матрицы с улучшенными свойствами.

Полимеры, как правило, поглощают СВЧ в небольших количествах в связи с низким коэффициентом диэлектрических потерь. В связи с этим, использование СВЧ для большинства полимеров нецелесообразно. Установлено, что добавление ряда модификаторов позволяет повысить эффективность СВЧ.

В работе для повышения степени поглощения СВЧ матрицей ПА-6 использовались углеродные нанотрубки.

Использовался полиамид 6 плотностью 1,13—1,14 г/см³ и температурой плавления не ниже 215 °С.

В качестве модификатора применяли углеродные наноструктурные материалы (УНМ) «Таунит» (производства ООО «Нанотехцентр», Россия, г.Тамбов) — одномерные наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита в виде сыпучего порошка с размером частиц 40—100 нм.

Композиты смешивали в планетарной шаровой мельнице «Активатор-2SL» (ООО «Завод Химического Машиностроения», г. Новосибирск, Россия) с центробежным ускорением до 150 g, диаметр шаров 6 мм, в течение 30 мин. Потом компоненты помещали в одношнековый экструдер. Скорость вращения шнека составляла 90 об/мин, температура зон колебалась от 160 °С до 220 °С. Полученные прутки диаметром 0,005 м и длиной 0,015 м использовали для модификации в СВЧ поле и оценки их характеристик.

СВЧ обработку проводили в микроволновой печи с частотой СВЧ-излучения магнетрона 2450 МГц и выходной мощностью 700 Вт. Температура регистрировалась сразу после микроволнового облучения инфракрасным пирометром TI130 (Time group inc.)

На универсальной испытательной машине УТС 101-5 (ООО «Тестсистемы», г. Иваново, Россия) при скорости перемещения подвижного зажима машины — 20 мм/мин. $T_{исп} = 298$ К. Определялись:

- предел вынужденной эластичности (предел текучести) σ_T ;
- разрушающее напряжение σ_p ;
- относительное удлинение при разрыве ε и модуль упругости.

Твердость исходных и модифицированных полимерных материалов измеряли на дюрометре Шора типа D.

Проведенные исследования прочности на одноосное сжатие показали снижение прочности и модуля упругости композиционных материалов при использовании СВЧ нагрева: снижение модуля упругости систем полиамид 6 + УНТ в 2—3 раза (рисунок 1), что свидетельствует о значительном изменении структурной подвижности материала при СВЧ-нагреве.

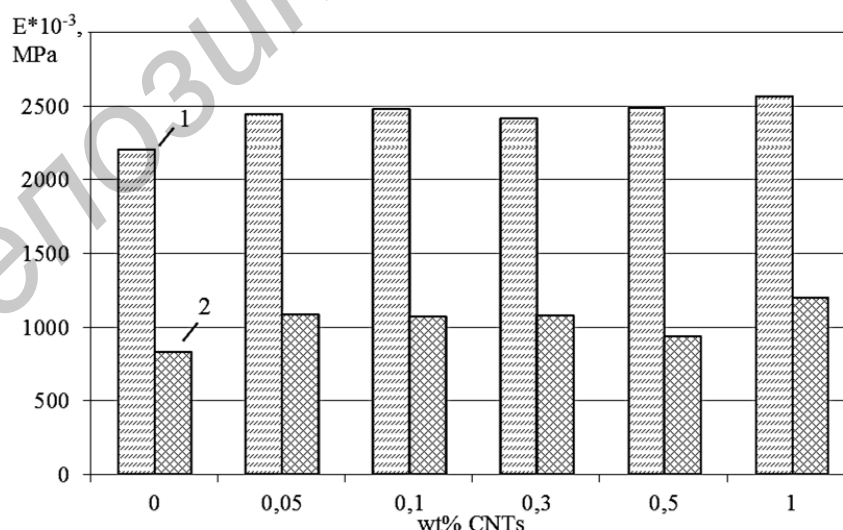


Рисунок 1 — Зависимость модуля упругости на сжатие исходного полиамида 6 и композитов на его основе от содержания УНТ без использования СВЧ (1) и при нагреве СВЧ в течение 100 секунд (2)

Сравнительные механические характеристики исходного ПА-6 и композитов на его основе представлены на рисунке 2. Хорошо прослеживается влияние на прочностные характеристики как введение УНТ, так

и комплексного воздействия модификатор и СВЧ-излучения. Наблюдается повышение прочности на разрыв композитов с добавлением УНТ, однако внесение наномодификатора, равно как и СВЧ обработка отрицательно сказываются на пластичности полимерной матрицы.

Оценка твердости по Шору D исходных и модифицированных материалов показала увеличение твердости материалов до 10 % (рисунок 3).

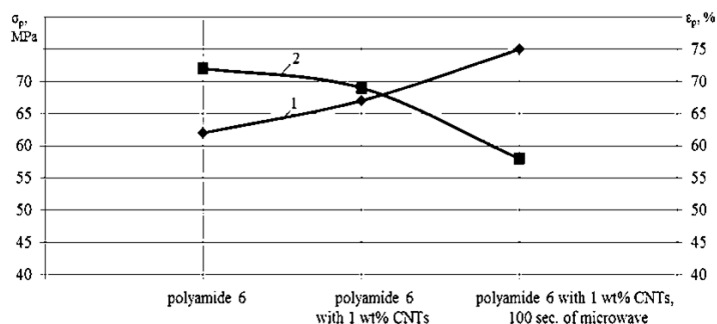


Рисунок 2 — Механические характеристики образцов полиамида 6, композита полиамид 6 + 1 % УНТ и полиамид 6 + 1 % УНТ после СВЧ в течение 100 секунд. Определены предел прочности при разрыве σ_r , МПа (1) и относительное удлинение при разрыве ϵ_r , % (2)

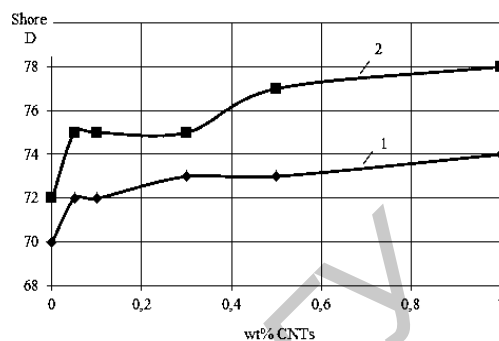


Рисунок 3 — Диаграмма зависимости твердости по Шору D образцов системы ПА-6 + УНТ (1) и аналогичных образцов, подвергнутых СВЧ нагреву в течение 100 сек. (2) от содержания УНТ

Для изучения термодинамических и теплофизических свойств полученных материалов был использован метод дифференциальной сканирующей калориметрии.

На рисунке 4 представлены термограммы матрицы ПА-6 (1) и модифицированного материала ПА-6+1 м.ч. УНТ без СВЧ обработки (2) и при 100 сек. СВЧ-нагрева. Все кривые имеют схожий характер, типичный для кристаллизующихся полимеров. Для всех материалов на основе ПА-6 отмечен температурный интервал плавления (155—163 °С) и наблюдается некоторое повышение поглощаемой удельной энергии при плавлении образцов ПА-6+1 масс.част. УНТ (100 сек. СВЧ-нагрева) в сравнении с исходным ПА-6 (до 30 %).

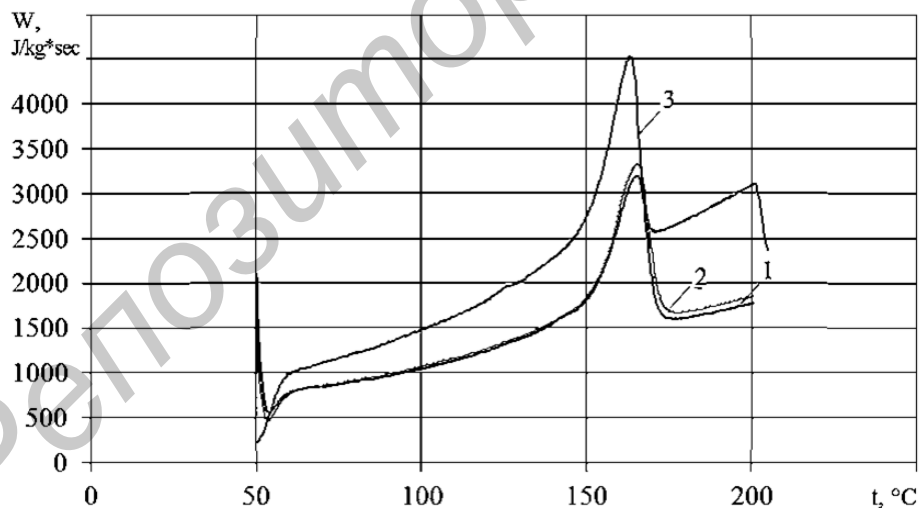


Рисунок 4 — Диаграмма зависимости удельной теплоемкости образцов: исходного ПА-6 (1), композитов ПА-6+1 УНТ (2) и ПА-6+1 УНТ после СВЧ-нагрева в течение 100 сек. (3)

Заключение. Основное преимущество использования СВЧ вместо традиционного нагрева — сокращение времени и затрачиваемой энергии, что ведет к повышению эффективности технологического процесса. Преимущества СВЧ делают конечный продукт (изделия) более конкурентными в сравнении с полученными традиционными методами.

Список цитируемых источников

1. D.E. Clark, D.C. Folz, J.K. West, Processing materials with microwave energy, *Mater. Sci. Eng. A*. 287 (2000) 153—158.
2. E.T. Thostenson, T.W. Chou, Microwave processing: fundamentals and applications, *Composites: Part A*. 30 (1999) 1055—1071.
3. S.G. Kalganova, M.Yu. Morozova, The use of the nonthermal effect of microwave electromagnetic oscillations for modifying polycapraamide fibres, *Elektrichestvo*. 5 (2004) 44—46.
4. G.S. Baronin, D.O. Zavrazhin, A.G. Popov, M.S. Tolstykh, Effect of microwave radiation on the formation of structure and mechanical properties of modified polymer-carbon materials in solid extension, *Belgorod State Univ. Sci. bull.: Math. & Phys.* 11 (2011) 123—128.
5. J. Jacob, L.H.L. Chia, F.Y.C. Boey, Microwave polymerization of poly(methyl acrylate): conversion studies at variable power, *J. Appl. Polym. Sci.* 63 (1997), 787—797.
6. F.Y.C. Boey, B.H. Yap, L.H.L. Chia, Microwave curing of epoxy-amine system: effect of curing agent on the rate enhancement, *Polym. Test.* 18 (1999) 93—109.
7. H.S. Ku, F. Siu, E. Siores, J.A.R. Ball, Variable frequency microwave (VFM) processing facilities and application in processing thermoplastic matrix composites, *J. Mater. Process. Technol.* 139 (2003) 291—295.
8. D.V.D.V. James, A.G. Erdman, Hot pin welding of thin poly(vinyl chloride) sheet, *J. Vinyl Addit. Technol.* 47 (2007) 110—115.

УДК 621.3:629.7

Н. А. Шустол

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

Научные руководители

Е. В. Rogozina, Т. Я. Богданова

ПОДБОР ВАКУУМНОГО НАСОСА ДЛЯ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ ФИКСАЦИИ ЗАГОТОВОК ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА ROVER A-S 1332

Введение. Вакуумные системы фиксации заготовок играют ключевую роль в современных обрабатывающих центрах, обеспечивая точность и надежность обработки. Однако на станке с ЧПУ ROVER A-S 1332 все еще используется устаревшая система с механическими зажимами, что ограничивает его производительность и гибкость [1]. Для повышения эффективности было принято решение модернизировать систему фиксации, внедрив вакуумные присоски. Для работы такой системы требуется вакуумный насос, который будет обеспечивать необходимый уровень вакуума для стабильной работы присосок. При правильно выбранном насосе будет обеспечена оптимальная мощность и производительность системы для надежной фиксации заготовок различных размеров и форм во время их обработки.

Основная часть. Вакуумный насос — это устройство, предназначенное для создания и поддержания пониженного давления, удаляя молекулы газа или воздуха из закрытого пространства [2, с. 220]. Вакуумный насос в разработанной системе фиксации заготовок создает пониженное давление, удаляя воздух из пространства между вакуумной присоской и заготовкой, что приводит к плотному прижатию материала к рабочей поверхности. Это обеспечивает надежную фиксацию заготовки на обрабатывающем центре, позволяя выполнять механическую обработку с высокой точностью.

Подбор насоса осуществляется по мощности ($P_{\text{насоса}}$), так как от неё зависит способность насоса эффективно поддерживать необходимый уровень вакуума, учитывая скорость натекания газа и объём системы. Недостаточная мощность может привести к неспособности насоса поддерживать нужное давление, что снижает эффективность работы системы фиксации. Требуемую для работы вакуумной системы обрабатывающего центра ROVER A-S 1332 мощность насоса можно рассчитать по следующей формуле:

$$P_{\text{насоса}} = \frac{S}{\eta}, \quad (1.1)$$

где S — скорость откачки, по которой определяют эффективность вакуумного насоса;

η — коэффициент полезного действия (КПД) насоса, так как фактическая мощность учитывает потери энергии при работе.

Скорость откачки (S) — это объём газа, который насос может удалить из системы за единицу времени. Рассчитывается данная величина по следующей формуле:

$$S = \frac{Q}{P_0 - P}, \quad (1.2)$$

где Q — скорость натекания, характеризующая объём газа, поступающего из вакуумной камеры к вакуумному насосу за единицу времени;

P — требуемое давление вакуума, принимаемое по ГОСТ 34252-2017 [3];