

УДК 678

DOI: 10.17277/voprosy.2016.02.pp.197-200

ДВИЖЕНИЕ КАПЛИ ЛАТЕКСА ПО ФОРМЕ

**Н. В. Амелина, П. С. Беляев,
А. С. Клинков, И. В. Шашков**

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, доцент М. Н. Соколов

Ключевые слова: движение капли; коагуляция; латекс; маканые изделия.

Аннотация: Представлен технологический процесс получения маканых изделий заданного качества за счет нахождения оптимального угла наклона формы. Теоретически показано движение капли латекса в зависимости от геометрии формы, угла ее наклона и вращения. Получено уравнение для расчета времени растекания капли латекса в зависимости от технологических условий процесса и вязкости латексной смеси. Проведены расчеты времени растекания на основе технологических параметров ведения процесса изготовления конкретного изделия. Показано значительное влияние угловой скорости вращения формы на процесс растекания.

Одним из видов брака резиновых изделий из латекса, получаемых методом макания, является разнотолщинность по длине изделия, ввиду того что капля латекса на концах формы не успевает равномерно распределиться по всей поверхности из-за коагуляции [1].

Для улучшения условий растекания на практике применяют вращение форм вокруг своей оси. В связи с этим был поставлен вопрос теоретического рассмотрения движения капли в зависимости от геометрии формы, угла ее наклона и вращения [2, 3]. Целью работы является получение уравнения для расчета времени растекания капли латекса по форме в зависимости от технологических условий процесса производства маканых изделий заданного качества.

Амелина Наталья Валерьевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство»; Беляев Павел Серафимович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Переработка полимеров и упаковочное производство»; Клинков Алексей Степанович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство»; Шашков Иван Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство»; e-mail: polymers@asp.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

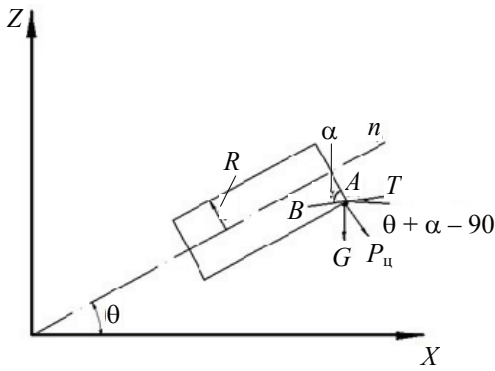


Рис. 1. Схема растекания капли латекса по форме

Пусть имеется цилиндрическая форма радиусом R , расположенная под углом θ к оси X так, как показано на рис 1. Форма вращается вокруг своей оси n с угловой скоростью ω . Считаем, что в начальный момент времени капля полусферической формы радиуса r зафиксирована. Рассмотрим силы, действующие на каплю при ее движении по форме. Сила трения при движении капли по закону Ньютона

$$T = -\mu\pi r^2 \frac{dv}{dr}, \quad (1)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости латекса, Па·с; v – скорость движения капли в направлении линии AB , м/с.

Сила тяжести $G = \gamma \frac{2}{3} \pi r^3$, γ – объемный вес латекса, кг.

Сила поверхностного натяжения при краевом угле, равном 90° $P = 2\pi r\sigma$, σ – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м.

Центробежная сила, действующая на каплю при вращении формы $P_{ц} = \frac{2}{3} \pi r^3 \rho \omega^2 R$, ρ – плотность латекса, кг/м³.

Уравнения суммы проекций всех сил по координатам X и Z :
– на ось Z :

$$T \sin(\theta + \alpha - 90) - \frac{2}{3} \pi r^3 \gamma - \frac{2}{3} \pi r^3 \rho \omega^2 R \cos \theta + 2\pi r\sigma \cos \theta = 0; \quad (2)$$

– на ось X :

$$-2\pi r\sigma \sin \theta + T \cos(\theta + \alpha - 90) + \frac{2}{3} \pi r^3 \rho \omega^2 R \cos \theta = 0, \quad (3)$$

где α – угол между направлением давления капли и перпендикуляром к оси n .

Учитывая, что $\sin(\theta + \alpha - 90) = -\cos(\theta + \alpha)$ и $\cos(\theta + \alpha - 90) = \sin(\theta + \alpha)$, выразим силу T из уравнений (2) и (3)

$$T = - \left[\frac{\frac{2}{3} \pi r^3 (\gamma + \rho \omega^2 R \cos \theta) - 2\pi r\sigma \cos \theta}{\sin(\theta + \alpha)} \right]; \quad (4)$$

$$T = - \left[\frac{2\pi r\sigma \sin \theta - \frac{2}{3} \pi r^3 \rho \omega^2 R \sin \theta}{\sin(\theta + \alpha)} \right]. \quad (5)$$

Введем обозначения: $\frac{2}{3}\pi r^3(\gamma + \rho\omega^2 R \cos \theta) - 2\pi r\sigma \cos \theta = A$, $2\pi r\sigma \sin \theta - \frac{2}{3}\pi r^3\rho\omega^2 R \sin \theta = B$.

Тогда из уравнений (4) и (5) получим:

$$\operatorname{tg}(\theta + \alpha) = -\frac{B}{A} \quad \text{или} \quad \alpha = \operatorname{arctg}\left(-\frac{B}{A}\right) - \theta. \quad (6)$$

После интегрирования уравнения (1) скорость движения капли

$$v = \frac{T}{\mu\pi r}. \quad (7)$$

Расход при растекании капли

$$Q = \frac{dV}{d\tau} = 2\pi r^2 \frac{dV}{d\tau}, \quad (8)$$

где $dV = 2\pi r^2 dr$ – элементарный объем полусферической капли; τ – время, с.

Считаем, что расход пропорционален скорости перемещения границы капли в основании, то есть $Q = k\pi r v$ или с учетом (7)

$$Q = k \frac{T}{\mu}, \quad (9)$$

где k – коэффициент.

Приравнявая уравнения (8) к (9), получаем $d\tau = \frac{2\pi\mu r^3 dr}{kT}$.

После интегрирования получим время растекания капли латекса

$$\tau = -\frac{2\pi\mu r^3}{3kT}. \quad (10)$$

Подставляя T из уравнения (5) и α из (6) в (10), получим

$$\tau = -\frac{2\pi\mu r^3}{kB} \sin\left[\operatorname{arctg}\left(-\frac{B}{A}\right)\right]. \quad (11)$$

На рисунке 2 представлены результаты расчетов при: $r = 3 \cdot 10^{-3}$ м; $\rho = 1000$ кг/м³; $\sigma = 5 \cdot 10^{-2}$ Н/м; $R = 2 \cdot 10^{-2}$; $\mu = 3 \cdot 10^{-2}$ Па·с; $k = 10^{-4}$.

Уравнение (11) может быть использовано для предварительных расчетов конструктивных параметров при проектировании нового оборудования производства маканых изделий из латекса.

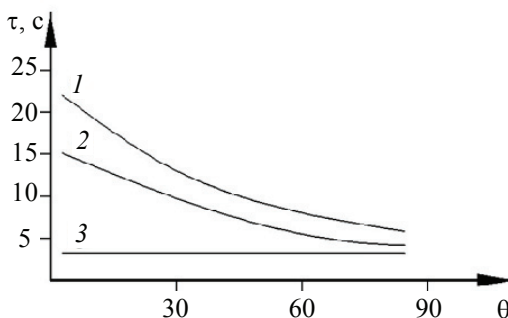


Рис. 2. Зависимость времени растекания латекса от угла установки формы и угловой скорости вращения, с⁻¹: 1 – 2; 2 – 50; 3 – 100

Список литературы

1. Амелина, Н. В. О механической коагуляции латекса / Н. В. Амелина, В. И. Астафьев // Труды ТГТУ. – 2000. – Вып. 6. – С. 70 – 74.
2. Режимы движения формы при изготовлении маканых изделий из латекса / Н. В. Амелина [и др.] // Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2010. – № 10-12. – С. 355 – 358.
3. Интенсификация сушки латексных гелей / Н. В. Амелина [и др.] // Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2010. – № 7 – 9. – С. 325 – 328.

References

1. Amelina N.V., Astafev V.I. [About mechanical coagulation of the latex], *Trudy TGTU* [Transactions TSTU], 2000, issue 6, pp. 70-74. (In Russ.)
2. Amelina N.V., Kul'bashnyi A.S., Klinkov A.S., Odnol'ko V.G. [Modes of Mould Motion in Production of Dipped Articles from Latex], *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2010, no. 10-12, pp. 355-358. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Amelina N.V., Kul'bashnyi A.S., Klinkov A.S., Odnol'ko V.G. [Intensification of drying latex gels], *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2010, no. 7-9, pp. 325-328. (In Russ.)

The Movement of Latex Drops on the Form

N. V. Amelina, P. S. Belyaev, A. S. Klinkov, I. V. Shashkov

Tambov State Technical University, Tambov

Keywords: coagulation; dipped products; drop movement; latex.

Abstract: This paper examines the process of obtaining dipped products of a given quality by finding the right angle shape. The movement of latex drops is shown theoretically, depending on the geometry of the shape, angle of inclination and rotation. The equation for calculating the time of spreading of the latex drop depending on process conditions and the viscosity of the latex mixture. The calculations of the spreading time on the basis of process parameters of manufacturing a specific product. A significant influence of the angular velocity of rotation of the form on the process of spreading is shown.

© Н. В. Амелина, П. С. Беляев,
А. С. Клишков, И. В. Шашков, 2016