

НОВЫЙ МЕТОД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ТОЛЩИН ПЛЕНОК СТЕКАЮЩИХ С КРОМОК ПЛЕНОЧНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ

В статье представлен предлагаемый новый метод и устройство для измерения локальных толщин пленок стекающих с пленкообразователя центробежного распылителя, который позволяет измерить распределение толщины пленки по пленкообразователю.

Ключевые слова: распылитель, пленкообразователь, пленка, локальная толщина, устройство.

L.M. CHERNYAK, M.V. NAIDA, S.G. GONCHARYK, P.M. TRAKTIRENKO

Sумы State University

A NEW METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE LOCAL FILM THICKNESS DRIPPING FROM EDGE OF FILM CENTRIFUGAL ATOMIZER

The article presents a new method and device for measuring local film thicknesses flowing from the film former centrifugal atomizer.

The proposed method is to capture the local part of the film or its fragments with further accumulation of fluid trapped in the collection. Measuring the mass of liquid that was in the collection, knowing the density of the liquid, rotational speed centrifugal atomizer, cross-sectional area of the receiver, the selection process and the amount of liquid film formers for sawn disk - you can define a local thickness of the film.

The new method makes it possible to measure the distribution of the film thickness on the film former centrifugal atomizer.

Keywords: atomizer, film thickness, film, local film thicknesses, device.

Вступ

В ряде производств используются центробежные пленочные распылители. Данный тип распылителя имеет очень широкую область применения: в пищевой, химической, фармацевтической и других отраслях промышленности для тепло- и массообмена между каплями жидкости и газовой фазой в процессах распылительной сушки, абсорбции, проведения межфазных реакций, охлаждения жидкостей, кондиционирования газов и других подобных процессах.

Такой широкий спектр использования центробежных пленочных распылителей говорит о высокой эффективности работы данного устройства. Высокая эффективность работы пленочных распылителей сильно зависит от параметров пленки стекающей с кромок распылителя, в частности от скорости движения пленки и распределения её толщины на кромке пленкообразователя. Однако изучение процесса растекания пленки жидкости при ее движении по вращающейся стенке пленкообразователя, процесс распада пленки, стекающей с кромок пленкообразователя, а также измерение ее толщины еще недостаточно изучен. Нами разработан метод и устройство для измерения локальных толщин пленок стекающих с кромок пленкообразователя пленочного центробежного распылителя.

На рисунке 1 показана схема известного одного из стендов для изучения толщины пленки, характера формирования и формы поверхности пленки при перемещении ее по статическому пленкообразователю.

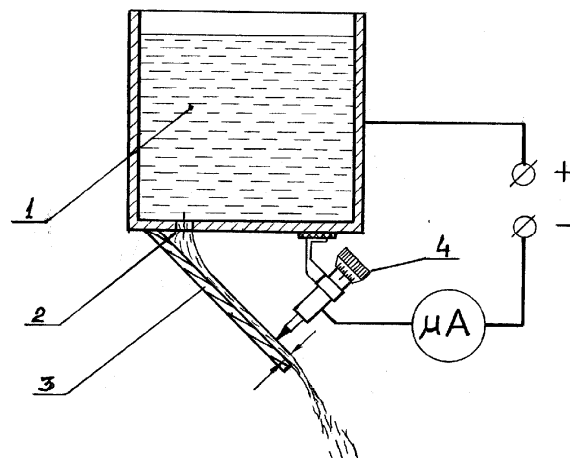


Рис. 1. Принципиальная схема стенда для контактных исследований толщины жидкой пленки, а также волновых явлений, происходящих при формировании и движении жидких пленок на плоском пленкообразователе

Стенд включает резервуар 1 постоянного уровня жидкости, в днище которого предусмотрены одно

или несколько отверстий 2, служащих для истечения жидкости и первоначального формирования струи, плоский сменный пленкообразователь 3, электроконтактное устройство – микрометрический винт 4 с измерительным индикатором 5 (миллиамперметр переменного тока или специальная электронная схема с осциллографом).

Для измерения толщины h пленки применялся электроконтактный метод [1] (рис. 1). Перемещаемая микрометром 4 игла в момент касания поверхности жидкости замыкает электрическую цепь. После преобразования тока можно измерить не только среднюю толщину пленки, но и колебательные процессы, которые возникают на поверхности пленки и сопровождают процессы пленкообразования.

При исследованиях по этой методике жидкости должны быть электропроводными, например, обычная вода или растворы веществ, которые обладают ионной проводимостью.

По методике, приведенной в [1], толщина пленки на вращающихся пленкообразователях определялась аналогично, как это представлено на рисунке 1. В силу больших центробежных сил контактные иголки в виде небольшой гребенки прочно укреплялись на пленкообразователях, но из-за больших центробежных сил и паразитных наводок в трущихся контактах не соединялись с электрической цепью. Толщина пленки в этом случае определяется визуально с помощью гребенок и стробоскопического освещения методом регистрации момента касания иголками поверхности пленки, которые сопровождаются возникновением пылеобразного микрофакела в месте касания иголки об поверхность жидкости.

Рассмотрим некоторые предпосылки, используемые в [2] для обоснования измерений и соответствующих расчетов.

Теоретический анализ процесса струйно-пленочного течения жидкости на вращающейся радиально расположенной пластине проводился на различных моделях процесса, упрощающих задачу.

Без учета сил Кориолиса такая задача рассмотрена в [4,5]. Однако экспериментальные исследования и промышленные испытания [2,3] показали, что в данном случае параметры растекания жидкой струи и распыления жидкости значительно отличаются от расчетных, в частности, полученных в теоретических исследованиях [4,5].

Распространены также оптические, бесконтактные, непрерывные методы измерения толщины пленки, которые, кроме сложности конструкции, дают сравнительно большие погрешности измерения.

Экспериментальная часть

Нами разработан новый метод и устройство измерения локальных толщин пленок стекающих с кромок пленочного центробежного распылителя.

Предлагаемый метод заключается в локальном улавливании части пленки или ее фрагментов с дальнейшим накоплением уловленной жидкости в сборнике.

Предлагаемое устройство показано на рис. 2. Устройство состоит из каналов пленкообразователя 1, локального приемника жидкости 2, указателя положения приемника 3, сборника жидкости 4 и устройства для точного позиционирования приемника 5.

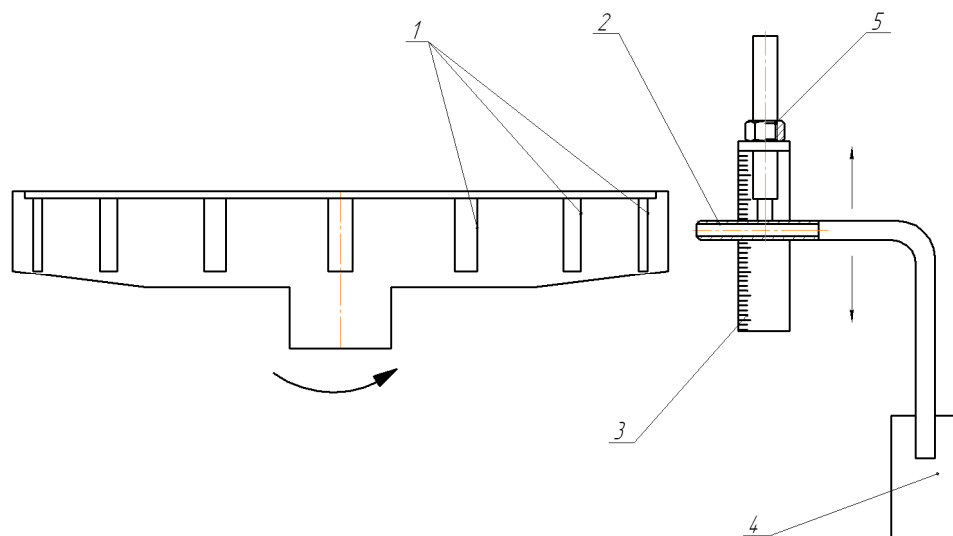


Рис. 2. Устройство для измерения локальных толщин пленок с пленкообразователя центробежного распылителя

Предлагаемое устройство работает следующим образом. С кромок пленкообразователя истекает жидкость в виде пленки, которая на небольшом расстоянии от кромок начинает превращаться в капли. Эти капли имеют радиальную и тангенциальную составляющую скорости движения, определяющие скорость движения пленки. Часть пленки попадает в приемник улавливателя жидкости. Количество капель в среднем за один проход пленки равно объему пленки, которая превращается в капли. Масса жидкости улавливаемая приемником равняется:

$$\Delta m = \rho \cdot h \cdot s \cdot v \cdot t \cdot N,$$

где ρ - плотность жидкости;
 h - локальная толщина пленки;
 S - площадь сечения приемника;
 ν - частота вращения;
 t - время отбора;
 N - количество пленкообразователей на распиливающем диске.

Определяя массу жидкости на электронных весах, которая оказалась в сборнике, зная плотность жидкости, частоту вращения центробежного распылителя, площадь сечение приемника, время отбора жидкости и количество пленкообразователей на распиливающем диске - можно определить среднюю локальную толщину пленки на каждом пленкообразователе:

$$h = \frac{\Delta m}{\rho \cdot s \cdot \nu \cdot t \cdot N}.$$

Ниже приведен пример определения локальных толщин пленок стекающих с кромок пленкообразователя центробежного распылителя. Исследование проводились на центробежном распылители, распыляемая жидкость – вода из водопровода, температура жидкости комнатная, частота вращения 3000 об/мин. Точность измерений для определение локальных толщин пленок составляет не более 5%.

В таблице 1 приведены значения толщины пленки относительно положений каплеуловителя. На рис. 3 изображено распределение толщины пленки относительно поверхности пленкообразователя.

Таблица 1

Значения толщины пленки относительно положений каплеулавливателя

| положение | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| h, мкм | 3,3 | 0,6 | 4,0 | 0,6 | 3,3 | 3,1 | 0,6 | 2,7 | 2,4 | 1,8 |

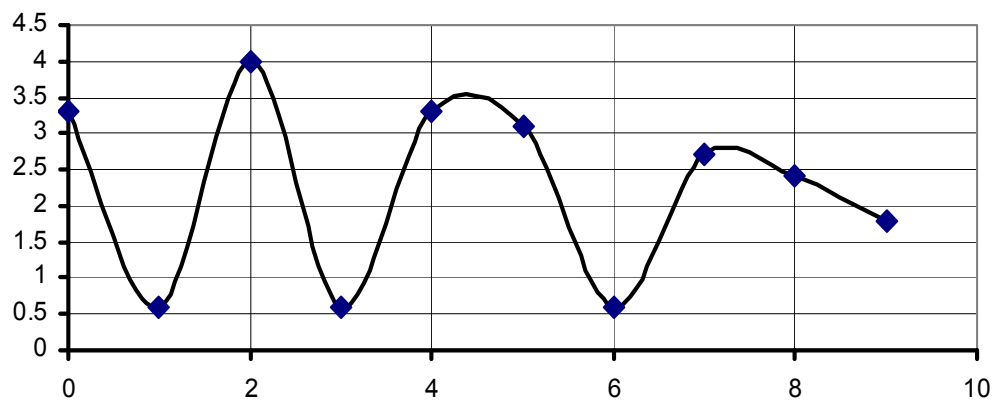


Рис. 3. Распределение локальной толщины пленки в направлении перпендикулярном течению пленки

Как видно величина толщины пленки неравномерна в сечении перпендикулярном скорости течения пленки. Изменяя входные параметры жидкости на пленкообразователе можно добиться различных параметров истечения пленки с кромок пленкообразователя, например, на рис. 4 и рис. 5.

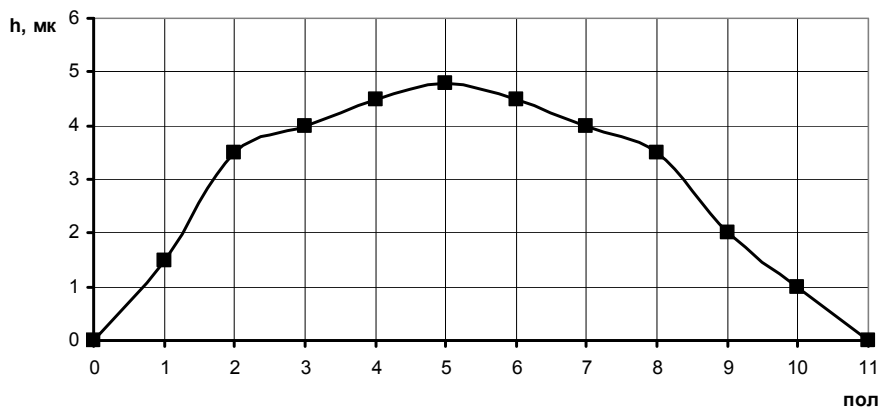


Рис. 4. Плавное изменение локальной толщины пленки в направлении перпендикулярном течению пленки

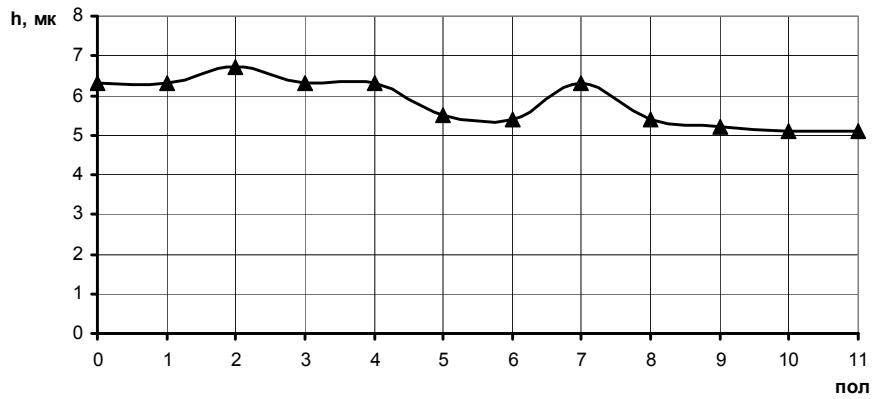


Рис. 5. Примерно идеальное распределение локальной толщины пленки в направлении перпендикулярном течению пленки

На рис. 4 показано плавное изменение локальной толщины пленки в направлении перпендикулярном течению пленки.

На рис. 5 показано примерно идеальное распределение локальной толщины пленки в направлении перпендикулярном течению пленки.

Выводы

Предложен новый метод и устройство для измерения локальных толщин пленок стекающих с кромок вращающегося пленкообразователя центробежного распылителя, который позволяет измерить распределение толщины пленки по пленкообразователю.

Литература

1. Тананайко Ю.М. Методы расчета и исследования пленочных процессов/ Тананайко Ю.М., Воронцов Е.Г.– Киев.: Техника,– 1975.
2. Черняк Л.М. Растекание жидкой струи на вращающейся радиально расположенной пластине (лопасти)/ Черняк Л.М., Баранов Э.И.// Современные проблемы прикладной физики: Сборник научных трудов.- Киев.: Министерство образования Украины,- 1992.- с. 212-221.
3. Хохлов Л.А. Растекание струи жидкости по вращающейся пластине/ Хохлов Л.А. ТОХТ,- 1981.- т.XV.- № .- с.729.
4. Dombrowsky N., Llojd T.L. The spread of liquid on a rotating vane //Chem. Engng. Science,- 1972.- v. 27.- № 5.- p. 1003.
5. Marshall W.R., Seltzer E.// A.I.Ch.E.journal,- 1950.- v.46.- № 10.- p.501.

References

1. Tananaiko Yu.M. Metody raschyota i issledovanie plyonochnyh processov/ Tananaiko Yu.M., Voroncov E.G.- Kiev.: Tehnika, - 1975.
2. Chernyak L.M. Rastekanie zhidkoj strui na vrashhayushheysya radial'no raspolozhennoi plastine (lopasti)/ Chernyak L.M., Baranov E.I. //Sovremenniyi problemy prikladnoi fiziki: Sbornik naychnyh trydov.- Kiev.: Ministerstvo obrazovaniya Ukrainy, - 1992.- s. 212-221.
3. Hohlov L.A. Rastekanie strui zhidkosti po vrashhayushheysya plastine / Hohlov L.A. TOHT, - 1981.- t.XV. №- s.729/
4. DOMBROWSKY N., LLOJD T.L. The spread of liquid on a rotating vane //Chem. Engng. Science,- 1972.- v. 27.- № 5.- p. 1003.
5. MARSHALL W.R., SELTZER E.// A.I.Ch.E.Journal,- 1950.- v.46.- № 10.- p.501.

Рецензія/Peer review : 15.4.2015 р.

Надрукована/Printed : 20.6.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією