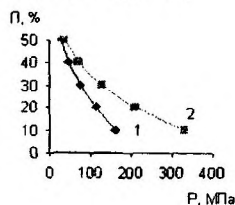


Значения давления прессования P для получения прессовок из медных волокон различных фракций требуемой пористости Π , %

Фракции, мм	Давление прессования P , МПа				
	$\Pi=10\%$	$\Pi=20\%$	$\Pi=30\%$	$\Pi=40\%$	$\Pi=50\%$
-0,2+0,1	373,17	244,49	151,38	87,04	45,24
-0,315+0,2	266,63	175,11	108,71	62,70	32,70
-0,4+0,315	162,47	113,30	75,30	46,98	26,89
-0,63+0,4	150,68	96,99	58,86	33,07	16,72

$$P_1 = 5,64\sigma_{\tau 0}(1-\Pi)^{3,57};$$

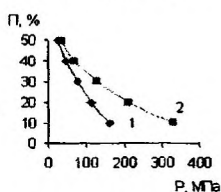
$$P_2 = 6,44\sigma_{\tau 0}(1-\Pi)^{3,64}$$



а

$$P_1 = 3,28\sigma_{\tau 0}(1-\Pi)^{3,72};$$

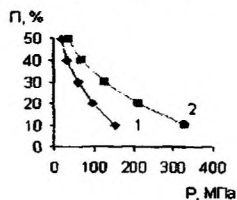
$$P_2 = 7,15\sigma_{\tau 0}(1-\Pi)^{3,78}$$



б

$$P_1 = 3,28\sigma_{\tau 0}(1-\Pi)^{3,72};$$

$$P_2 = 7,08\sigma_{\tau 0}(1-\Pi)^{3,74}$$



е

Рис. 3. Зависимости пористости Π , % от давления прессования P , МПа для волокон различного гранулометрического состава:

1 – метод СИП; 2 – метод одноосного прессования;
а – (-0,315+0,2); б – (-0,4+0,315); е – (-0,63+0,4) мм

1. Косторнов, А.Г. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов / А.Г. Косторнов. – Т.1. – Киев: Наукова думка, 2002. – 576 с.

УДК 615.471: 621.357

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СУСПЕНЗИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ МИКРОСКОПИИ

К.Л. Сергеев – магистрант БГАТУ

Научные руководители – д.ф.-м.н., профессор Н.К. Толочко

Суспензии представляют собой разновидность дисперсных систем, в которых твердые частицы дисперсной фазы находятся во взвешенном состоянии в жидкой дисперсионной среде. Суспензии широко применяются в различных отраслях промышленности. Важной характеристикой суспен-

зий, существенно влияющей на условия их применения, является устойчивость [1]. Чем выше устойчивость суспензий, тем лучше их эксплуатационные свойства. Различают агрегативную и седиментационную устойчивость суспензий. Агрегативная устойчивость – это способность частиц суспензии сохранять свои первоначальные размеры, не подвергаясь коагуляции, т.е. объединению в агрегаты вследствие сцепления частиц при взаимных столкновениях, происходящих в результате их броуновского движения. Седиментационная устойчивость – это способность частиц суспензии находиться во взвешенном состоянии в жидкой среде, не подвергаясь седиментации, т.е. оседанию (или всплыванию) в гравитационном поле. На практике важно обеспечивать, прежде всего, агрегативную устойчивость, поскольку потеря агрегативной устойчивости означает, в конечном счете, также потерю седиментационной устойчивости. Соответственно, на этапе приготовления суспензий особый практический интерес представляет исследование кинетических закономерностей процесса коагуляции. В общем случае в характере протекания этого процесса имеют место две стадии – скрытая и явная. Скрытая коагуляция характеризуется первоначальным образованием сравнительно небольших по размерам агрегатов, так что суспензия сохраняет седиментационную устойчивость. Когда же агрегаты становятся довольно крупными, то они уже не могут удерживаться во взвешенном состоянии – наступает явная коагуляция, в результате которой происходит седиментация суспензии.

Для исследования устойчивости суспензий применяются разнообразные методы анализа дисперсных систем, в том числе методы традиционной оптической микроскопии, позволяющие непосредственно наблюдать частицы, а также методы дисперсионного анализа, основанные на косвенной регистрации частиц (по вторичным эффектам).

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию кинетики коагуляции частиц суспензий с использованием техники компьютерной микроскопии [2]. Ранее такая техника не находила широкого применения при проведении подобных исследований, поэтому целью работы было определить потенциальные возможности компьютерной микроскопии для оценки устойчивости суспензий.

Эксперименты проводили на примере суспензий, у которых дисперсионной средой являлись электролиты на основе FeCl_2 , а дисперсной фазой – частицы углеродного наноматериала (УНМ), состоящие из взаимно сплетенных углеродных нанотрубок и нановолокон. Такого типа электролиты-суспензии служат для создания упрочняющих композиционных электролитических железных покрытий. Кроме того, отдельные опыты выполняли с суспензиями, содержащими в качестве дисперсионной среды воду.

Суспензии непосредственно перед исследованием в компьютерном микроскопе подвергали механическому перемешиванию с помощью шей-

кера для обеспечения равномерного распределения дисперсной фазы по объему, а также ультразвуковой обработке для разрушения имеющихся в них агрегатов частиц, которые могли образоваться ранее при хранении суспензий.

В экспериментах использовали компьютерный микроскоп, созданный на базе оптического микроскопа Микмед-6, работающего в режиме «на просвет», путем его дооснащения цифровой видеокамерой, сопряженным с ней персональным компьютером, а также спектральным осветителем, обеспечивающим высокий контраст микроизображений. Компьютерный микроскоп позволял наблюдать слабоконтрастные микрообъекты на дисплее с увеличением до 3000 раз (разрешение не хуже 300 нм). Суспензии исследовали *in situ*. При этом в ходе экспериментов записывались видеофильмы поведения частиц в каплях проб, размещенных на предметном стекле. При последующем покадровом просмотре видеофильмов определялся характер движения и взаимодействия частиц. Кроме того, устанавливались кинетические закономерности коагуляции. В частности, путем программной обработки микроизображений измерялись размеры индивидуальных частиц, после чего вычислялся средний размер частиц R_{cp} для разных моментов времени протекания процесса коагуляции.

На рис. 1. показана типичная картина развития процесса коагуляции, завершающегося образованием агрегата частиц, на рис. 2 – типичные зависимости R_{cp} от времени коагуляции.

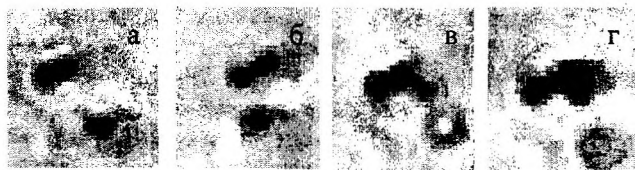


Рисунок 1 – Развитие процесса коагуляции частиц суспензии во времени: $t = 0$ (а), 5 (б), 10 (в) и 15 с (г)

Обычно R_{cp} увеличивается сначала сравнительно быстро, затем все медленнее, постепенно приближаясь к некоторому предельному значению (рис. 2, а). Это свидетельствует о том, что процесс коагуляции, активно развивающийся в начальный период, со временем затухает. Выход кривой $R_{cp}(t)$ на плато соответствует установлению динамического равновесия между процессами образования и распада агрегатов частиц, т.е. между процессами коагуляции и пептизации. Развивающаяся таким образом коагуляция носит скрытый характер, т.е. не сопровождается седиментацией.

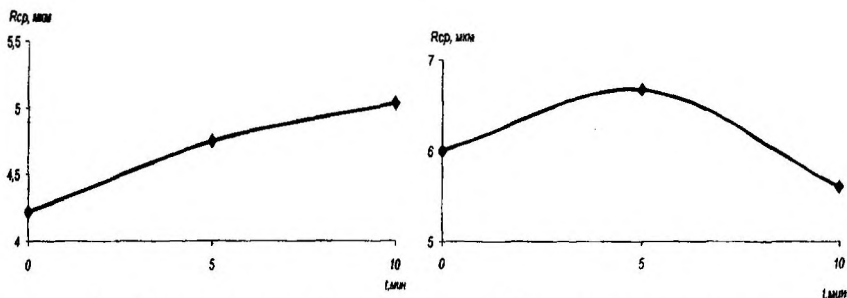


Рис. 2. Зависимость среднего размера частиц R_{cp} от времени коагуляции t : системы электролит – УНМ (а) и вода – УНМ (б)

Вместе с тем в ряде случаев по мере развития коагуляции происходит хорошо видимое под микроскопом осаждение отдельных наиболее крупных агрегатов частиц. Это означает, что коагуляция приобретает явный характер. Развитию явной коагуляции соответствует уменьшение R_{cp} . При этом кривая $R_{cp}(t)$, достигнув в ходе своего подъема некоторого максимального значения, начинает опускаться вниз (рис. 2, б).

О кинетических закономерностях коагуляции можно также судить по изменению концентрации частиц при коагуляции. Для этого путем программной обработки микроизображений измеряется количество индивидуальных частиц, содержащихся в капле суспензии фиксированного объема, для разных моментов времени протекания процесса коагуляции.

Таким образом, применяя технику компьютерной микроскопии, можно довольно быстро контролировать характер развития коагуляции в суспензиях и тем самым судить о степени их агрегативной или седиментационной устойчивости. Так, целенаправленно изменяя состав дисперсионной среды или дисперсной фазы, можно оперативно оценивать скорость коагуляции частиц в зависимости от концентрации электролита или поверхностно-активных веществ, концентрации и исходных размеров твердых частиц. Отмеченные достоинства компьютерной микроскопии могут обеспечить ее широкое применение при приготовлении различных видов суспензий в производственных условиях, в частности, при проведении экспресс-анализ влияния состава суспензий на их устойчивость.

1. Фролов, Ю.Г. Курс коллоидной химии: Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов. – Москва: Химия, 1989. – 465 с.

2. Пантелеев, В.Г. Компьютерная микроскопия / В.Г. Пантелеев, О.В. Егорова, Е.И. Клыкова. – Москва: Техносфера, 2005. – 304 с.