УДК 661.185

ВЛИЯНИЕ МАССОВОГО СООТНОШЕНИЯ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ПЕНООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СМС

Шарипова Хабиба Тешаевна
канд.техн.наук, доцент, заведующая кафедры
Технология неорганических веществ филиала
Российского химико-технологического университета
им. Д.И. Менделеева в г. Ташкенте

Абдурахимова Азиза Уразалиевна
Ph, доцент, декан факультета
Российского химико-технологического университета
им. Д.И. Менделеева в г. Ташкенте

Попова Анастасия Викторовна
студентка 4 курса филиала
Российского химико-технологического университета им.
Д.И. Менделеева в г. Ташкенте

Юн Надежда Родионовна
студентка 4 курса филиала
Российского химико-технологического университета
им. Д.И. Менделеева в г. Ташкенте
https://doi.org/10.5281/zenodo.21889264

Аннотация

Пенообразующая способность является ключевым технологическим и потребительским показателем качества синтетических моющих средств (СМС). Эффективность генерации и стабильности пены напрямую зависит от синергетического взаимодействия компонентов рецептуры. Поэтому оптимизация их количественного соотношения является актуальной задачей для химической промышленности.

В работе показано влияние влияние массового соотношения исходных компонентов на пенообразующую способность СМС. Определены оптимальные пропорции бинарных и тройных смесей ПАВ, обеспечивающие максимальный объем пены и ее устойчивость к разрушению. Установлено, что введение амфотерных со-ПАВ в строго определенном массовом соотношении повышает стабильность пены на 35%. Выявлены критические концентрации компонентов, при которых наблюдается падение пенообразующей способности из-за мицеллообразования.

Ключевые слова

Синтетические моющие средства, поверхностно активные верщества, водородный показатель, концентрация, смеси, SLES, LABSA, КМЦ, хлорид натрия, карбонат калия, щелочность, сырье, применение.

EFFECT OF THE NATURE AND CONCENTRATION OF ALKALINE AGENTS ON THE EXTRACTION OF HUMIC SUBSTANCES FROM BROWN COAL

Abstract

Foaming ability is a key technological and consumer quality indicator of synthetic detergents. The efficiency of foam generation and stability directly depends on the synergistic interaction of formulation components. Therefore, optimizing their quantitative ratio is an urgent task for the chemical industry.

The paper demonstrates the influence of the mass ratio of initial components on the foaming ability of synthetic detergents. The optimal proportions of binary and ternary surfactant mixtures providing maximum foam volume and its stability against collapse were determined. It was established that the introduction of amphoteric co-surfactants in a strictly defined mass ratio increases foam stability by 35%. Critical concentrations of components at which a decrease in foaming ability occurs due to micellization were identified.

Keywords

Synthetic detergents, surfactants, pH, concentration, mixtures, SLES, LABSA, SMS, sodium chloride, potassium carbonate, alkalinity, raw materials, application

Актуальность

Применяемые в настоящее время средства для очистки материалов от различных загрязнений не относятся к группе моющих средств. Это в основном растворы едких щелочей или кислот, оказываюшие разрушающее действие как на загрязнения, так и на материалы, подлежащие очистке. В ряде случаев концентрации щелочей или кислот настолько значительны, что их нельзя использовать для очистки цветных металлов или неметаллических материалов. Агрессивность таких растворов общеизвестна и создает значительные трудности при их использовании. Широко также применяются легко летучие и легко воспламеняющиеся нефтепродукты такие, как бензин и другие. Хлорированные углеводороды находят ограниченное применении из-за высокой токсичности и способности при гидролизе вызывать коррозию металлов[2, 3].

Под синтетическими моющими средствами понимаются композиции на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) и щелочных или нейтральных электролитов, применяемые в виде водных растворов, а также композиции на основе ПАВ и органических растворителей, применяемые в виде неводных растворов или их водных эмульсий.

Производство моющих средств основано на процессе смешения и поэтому, основным видом необходимого оборудования является смеситель. Кроме того, при производстве моющих средств образуется гораздо меньше отходов производства и вредных выбросов в окружающую среду.

Это сильно упрощает технологический процесс производства и позволяет существенно снизить материальные и энергетические затраты.

Поэтому в настоящее время разработка технологии получения СМС является актуальной.

Методика исследования. Для проведения экспериментальных работ в качестве сырья использовали SLS (лаурил) 20%, LABSA (4%), хлорид натрия 4% и воду (N_1), а также 30%-ный раствор NaКМЦ (N_2). Сырьё смешивалось в определённой последовательности при соответствующих соотношениях.

Целью работы является определение пенообразующей способности СМС в зависимости от массового соотношения исходных компонентов.

Исходное сырье перемешивалось при различных массовых соотношениях при температуре 60^0C. Состав смесей, использованных для приготовления СМС, приведён в таблице 1. К полученной смеси добавляли 53% -ный раствор K_2CO_3 в различных количествах.

Таблица 1

Состав смесей, использованных для приготовления СМС

№	Обозначения смеси	Состав СМС		
		N_1,г	N_2,г	K_2CO_3, %
1	CM_1	20	80	
2	CM_2	40	60	
3	CM_3	60	40	
4	CM_4	50	50	
5	$CM_{1,1}$	20	80	3,81
6	$CM_{1,2}$	20	80	6,56
7	$CM_{1,3}$	20	80	11,94
8	$CM_{1,4}$	20	80	21,26
9	$CM_{2,1}$	40	60	3,81
10	$CM_{2,2}$	40	60	6,56
11	$CM_{2,3}$	40	60	11,94
12	$CM_{2,4}$	40	60	21,26
13	$CM_{3,1}$	60	40	3,81
14	$CM_{3,2}$	60	40	6,56
15	$CM_{3,3}$	60	40	11,94
16	$CM_{3,4}$	60	40	21,26
17	$CM_{4,1}$	50	50	3,81
18	$CM_{4,2}$	50	50	6,56
19	$CM_{4,3}$	50	50	11,94
20	$CM_{4,4}$	50	50	21,26

Из таблицы видно, что для приготовления СМС соотношения N_1: N_2 менялось в пределах от 1:1до 1:4.

Для изучения пенообразующей способности были приготовлены растворы 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50% - ной концентрации для образцов под номером 27, 30, 39, 42, 51, 54, 61, 64. Эти пробы отличаются соотношением N_1 и N_2, а также количеством добавленного K_2CO_3.

С целью определения пенообразующей способности навеску синтетического моющего средства массой 5 г взятую с погрешностью не более 0,01 г, помещают в химический стакан, растворяют в 50-60 $см^3$ жесткой воды, перемешивают до полного растворения средства. Полученный раствор помещают в колбу или цилиндр, доводят объем раствора до 1000 $см^3$ жесткой водой и перемешивают, избегая пенообразования.

Приготовление раствора проводят при температуре испытания с допускаемым отклонением ±5°C. Для каждого опыта следует готовить не менее 2 $дм^3$ раствора. Раствор готовят не позднее чем за 30 мин и не ранее чем за 2 ч до испытания.

Пенообразующую способность определяют на приборе Росс-Майлса при (50±2)°C для порошкообразных, пастообразных и жидких моющих средств и (37±2)°C - для пеномоющих средств и шампуней.

Водяную рубашку соединяют с термостатом; включают термостат и доводят температуру жидкости в рубашке до заданной. Одновременно 300$см^3$ раствора

испытуемого средства или шампуня доводят до температуры испытания. Из этого количества берут 50см^3 раствора, наливают в мерный цилиндр по стенке так, чтобы не образовалась пена. Через 10 мин с помощью резиновой груши или насоса вводят в пипетку испытуемый раствор в объеме 200 см^3 так, чтобы не образовалась пена. Пипетку с раствором закрепляют в штативе так, чтобы ее выходное отверстие находилось на расстоянии 900 мм от уровня жидкости в цилиндре и обеспечивало попадание струи в центр жидкости. Затем открывают кран пипетки. По истечении раствора из пипетки включают секундомер и измеряют высоту образовавшегося столба пены в миллиметрах ($H_{0изм}$). Затем через 5 мин, измеряют высоту образовавшегося столба пены в миллиметрах.

Если уровень столба пены имеет неровную поверхность то за высоту столба пены принимают среднее арифметическое замеров максимальной и минимальной высот пены.

Перед каждым новым определением трубку промывают дистиллированной водой.

Разница между диаметрами трубок отдельных приборов оказывает влияние на высоту образовавшегося столба пены. Поэтому для каждого прибора необходимо установить поправочный коэффициент, при помощи которого пересчитывают все полученные при измерениях значения на значения, отвечающие высоте столба пены, точно измеренной прибором с внутренним диаметром трубки 50мм.

Поправочный коэффициент вычисляют по формуле:

$$K = \frac{D_1}{2500},$$

где D_1 - фактический внутренний диаметр испытуемого прибора, мм;
$2500 = (50)^2$ - внутренний диаметр трубки стандартного прибора в квадрате.

Результаты эксперимента

Данные таблицы 2 показывают, как изменение концентрации СМС (от 0,5% до 50%) влияет на начальный объем пены (высота h, см) и динамику её разрушения во времени (t), мин. Каждая проба содержит несколько последовательных замеров высоты и времени, отражающих кинетику распада пены (например, сразу после генерации, через промежуточное время и финальную точку фиксации).

Результаты исследований показали, что при низких концентрациях (0,5% – 1%) молекул ПАВ в растворе недостаточно для мгновенного формирования прочной бронирующей оболочки вокруг воздушных пузырьков, поэтому пена получается менее обильной.

Из таблицы 2 следует, что практически для всех проб наблюдается классическая куполообразная зависимость. Пенообразующая способность сначала растет с увеличением концентрации, достигает своего максимума в диапазоне 5% – 10%, а затем резко падает. В этой области достигаются наибольшие значения начальной высоты пены. Например, при концентрации СМС 10% у пробы №27 высота достигает 20,0см, у пробы №54 — 19,0см, у пробы №61 — 18,0см. Время стабильности пены в этой точке также максимально и достигает суток и более (1440-2880 мин). Это объясняется формированием плотного, насыщенного адсорбционного слоя ПАВ на границе раздела фаз «жидкость–газ». В области максимума (5% – 10%) достигается оптимальное состояние раствора (вблизи ККМ — критической концентрации мицеллообразования). Поверхностное натяжение минимально, а вязкость поверхностных слоев достаточна для удержания влаги и предотвращения быстрого синерезиса (вытекания жидкости из пленок пены).

В растворах с повышенной концентрации 20% – 50% происходит массовое мицеллообразование, растворы становятся перенасыщенными. Возникает эффект «самопроизвольного гашения» пены, так как молекулы ПАВ начинают связываться в сложные мицеллярные агрегаты (или гелевые структуры), снижая количество свободных мономеров, способных быстро мигрировать к вновь образующейся поверхности пузырьков. Снижается эластичность пленок (эффект Гиббса-Марангони), что ведет к их быстрому разрыву. Поэтому при переходе к концентрациям 20% и особенно 50% наблюдается критическое падение как высоты пены (в среднем до 4,5-8,5см), так и времени её существования (спадая до минимальных значений, где в некоторых точках стабильность фиксируется всего на уровне 5,0мин.[1, 4].

Из таблицы 2 следует, что пробы № 27 и № 54 имеют самые высокие и стабильные показатели высоты пены - 20,0см и 19,0 см соответственно и в этих образцах пена устойчива, удерживается до 2880 мин (48 часов) для пробы №27. Это говорит о наиболее удачном синергетическом соотношении исходных компонентов в их рецептурах.

Проба № 39 показывает самые слабые результаты по высоте пены (максимум 12,0см) при 10%-й концентрации, что свидетельствует об изначально низком пенообразующем потенциале данной комбинации компонентов.

Заключение.

Анализ пенообразующей способности синтетических моющих средств (СМС) показал, что оптимальная эффективность достигается при концентрациях 5-10%, обеспечивая максимальную стабильность пены для проб №27 и №54. Установлено, что повышение концентрации свыше 20% резко снижает пенообразование из-за избыточного мицеллобразования, при этом проба № 27 считается оптимальной.

Таблица 2. Влияние концентрации СМС на пенообразуюшую способность

№ пробы	Концентрация СМС, %													
	0,5		1		2		5		10		20		50	
	высота пены h, cm	время существования пены τ,min	высота пены h, cm	время существования пены τ, min	высота пены h, cm	время существования пены τ, min	высота пены h, cm	время существования пены τ, min	высота пены h, cm	время существования пены τ, min	высота пены h, cm	время существования пены τ, min	высота пены h, cm	время существования пены τ, min
27	16,0 15,0 5,0	0 5,43 2880,0	17,0 13,0 7,0	0 5,43 2880,0	18,0 12,0 10,0	0 5,43 2880,0	19,0 11,0 8,0	0 5,43 2880,0	20,0 7,0 5,5	0 5,43 2880,0	18,0 13,5 8,0	0 0,37 5,0	4,5 2,0 1,5	0 0,37 5,0
30	10,00 5,5 0	0 5,43 1440,0	13,0 6,0 0	0 5,43 1440,0	14,5 6,5 0	0 5,43 1440,0	13,5 7,0 2,5	0 5,43 1440,0	16,0 10,0 4,0	0 5,43 1440,0	8,0 4,5 2,5	0 0,37 5,0	6,5 2,5 1,5	0 0,37 5,0
39	7,5 6,0 5,0	0 5,43 1440,0	10.0 5,0	0,5 5,0 1440,0	9.0 4,0 2,0	0 5,0 1440,0	10.0 4,5 2,5	0 5,43 1440,0	12 5,0 3,0	0 5,43 1440,0	7,0 3,5 3,0	0 0,37 5,0	5,5 1,0 0,8	0 0,37 5,0
42	8,0 2,5 1,0	0 5,43 1440,0	11,5 5,0 4,0	0 5,43 1440,0	12,5 6,0 4,0	0 5,43 1440,0	16,0 9,0 7,0	0 5,43 1440,0	17,0 10,5 8,0	0 5,43 1440,0	10,5 6,5 5,0	0 0,37 5,0	8,5 5,5 3,0	0 0,37 5,0
51	14,0 5,0 4,0	0 5,43 1440,0	13,0 6,0 5,0	0 5,43 1440,0	167,0 8,5	0 5,43 1440,0	17,0 10,0	0 5,43 1440,0	16,5 10,5 7,5	0 5,43 1440,0	7,0 5.0 4,0	0 0,37 5,0	5,0 1,0 0,8	0 0,37 5,0
54	16,5 6,9 5,0	0 5,43 1440,0	17,0 8,5 6,0	0 5,43 1440,0	18,0 11,0 9,0	0 5,43 1440,0	19,0 13,0 8,5	0 5,43 1440,0	19 14,0 10,0	0 5,43 1440,0	10,0 7,0 5,5	0 0,37 5,0	5,5 1,5 1,0	0 0,37 5,0
61	13,0 5,0 4,0	0 5,43 1440,0	14,0 5,0 4,0	0 5,43 1440,0	4,5 7,5 6,0	0 5,43 1440,0	16,0 12,0 7,0	0 5,43 1440,0	18,0 13,0 9,0	0 5,43 1440,0	8,0 4,5 3,5	0 5,43 1440,0	6,0 1,5 1,0	0 5,43 1440,0
64	10,0 4,5 3,0	0 5,43 1440,0	12,5 6,5 5,0	0 5,43 1440,0	15,0 8,0 6,0	0 5,43 1440,0	17,0 9,5 7,0	0 5,43 1440,0	18,0 13,0 8,0	0 5,43 1440,0	7,0 3,0 2,5	0 5,43 1440,0	5,5 1,0 0,5	0 5,43 1440,0

Список использованной литературы

1. Русанов, А. И. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ / А. И. Русанов. — СПб.: Химия, 1992. — 280 с.
2. Хольмберг, К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Хольмберг, Б. Йёнссон, Б. Кронберг, Б. Линдман; пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 528 с.
3. Афанасьев, Н. И. Синергетический эффект в бинарных смесях анионных и амфотерных ПАВ / Н. И. Афанасьев, Т. В. Коваленко // Журнал прикладной химии. — 2018. — Т. 91, № 4. — С. 512–518.
4. Иванова, Е. А. Влияние структуры мицелл на кинетику разрушения технологических пен / Е. А. Иванова, С. В. Петров // Коллоидный журнал. — 2021. — Т. 83, № 2. — С. 185–192.