ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРАХМАЛЬНЫХ ЗАГУЩАЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ

Остонова Шахло Бустоновна-

Учитель химии средней школы № 28 Бухарского района

Аннотация. Рассмотрено влияние концентрации модифицированного крахмала и добавок поливинилового спирта (ПВС) и компонента, обозначенного в исходных данных как АЭ, на вязкость, тиксотропное восстановление и предел текучести загущающих композиций. Выполнен сравнительный анализ опубликованной экспериментальной таблицы при температуре 298 К. Установлено, что совместное введение ПВС и АЭ при массовых долях 1,0 и 1,5 % соответственно сопровождается увеличением вязкости и изменением структурно-механических показателей. Рассмотрены возможные межмолекулярные взаимодействия и технологическое значение обнаруженных тенденций. Представленные выводы относятся к анализу имеющегося массива данных и не предполагают проведения дополнительных экспериментов.

Ключевые слова: модифицированный крахмал; поливиниловый спирт; загуститель; вязкость; тиксотропия; предел текучести; полимерная композиция.

Введение. Загущающие композиции на основе природных полисахаридов применяются при обработке волокнистых материалов и в других технологических процессах, где необходимо регулировать текучесть, удержание состава на поверхности и стабильность дисперсной системы. Крахмал представляет практический интерес благодаря доступности сырья, способности к набуханию и образованию вязких систем. Вместе с тем

свойства крахмальных растворов зависят от происхождения и способа модификации полисахарида, концентрации, температуры и состава полимерных добавок [1, 2].

Введение синтетических водорастворимых полимеров может изменить реологический профиль композиции. Поливиниловый спирт содержит гидроксильные группы, способные участвовать в образовании межмолекулярных водородных связей. Однако увеличение вязкости само по себе не доказывает возникновение новых химических связей: для установления механизма необходимы спектроскопические и другие независимые исследования [2–4].

Для технологической оценки важны не только значения вязкости, но и способность системы восстанавливать структуру после механического воздействия, а также сопротивление началу течения. Совокупный анализ этих параметров позволяет сопоставить составы и выделить перспективные соотношения компонентов [3, 4].

Цель исследования. Целью настоящей работы является систематизация и количественное сопоставление имеющихся экспериментальных данных о влиянии модифицированного крахмала, ПВС и АЭ на реологические характеристики загущающих композиций при 298 К, а также обсуждение возможных закономерностей, значимых для выбора состава.

Материалы и подход к анализу данных. В качестве исходного массива использованы результаты, представленные в предоставленном тексте тезиса: концентрации крахмала 2, 3 и 4 %, добавки ПВС и АЭ в указанных в таблице количествах. В исходном материале сокращение «АЭ» не расшифровано; поэтому его химическая природа здесь не уточняется предположительно. Значения вязкости приведены в Па·с, степень тиксотропного восстановления

и показатель расщепления крахмала — в процентах, предел текучести — в единицах, указанных в исходной таблице.

Поскольку исходный материал не содержит описания реометра, скорости сдвига, длительности выдержки, числа повторностей и погрешностей, статистическую достоверность различий установить невозможно. Представленный ниже анализ носит сравнительно-описательный характер; все числовые показатели заимствованы из исходной таблицы, а процентные изменения вычислены по ним.

Результаты и обсуждение. В отсутствие добавок повышение концентрации крахмала с 2 до 3 % сопровождается увеличением вязкости с 11,45 до 14,53 Па·с, то есть приблизительно на 26,9 %. При повышении концентрации до 4 % вязкость достигает 23,14 Па·с, что примерно в 2,02 раза выше показателя двухпроцентного состава. Одновременно тиксотропное восстановление возрастает с 81,5 до 85,7 %, а предел текучести в исходной таблице снижается с 41,86 до 38,90 г/см².

Для состава с 2 % крахмала добавление 1,0 % ПВС приводит к вязкости 15,15 Па·с; при добавлении 1,5 % АЭ без ПВС вязкость составляет 14,86 Па·с. Совместное введение 1,0 % ПВС и 1,5 % АЭ сопровождается увеличением вязкости до 17,71 Па·с и степени тиксотропного восстановления до 97,8 %. При этом предел текучести уменьшается до 30,91 г/см². Такое сочетание параметров может быть полезно там, где требуется сравнительно высокая вязкость при сохранении способности структуры восстанавливаться после воздействия.

При концентрации крахмала 3 % аналогичная комбинация добавок соответствует вязкости 25,24 Па·с против 14,53 Па·с для состава без добавок. Относительное увеличение составляет около 73,7 %. Тиксотропное восстановление возрастает с 83,3 до 98,7 %, тогда как предел текучести

снижается с 39,64 до 34,73 г/см². Эти данные показывают, что разные реологические показатели не обязательно изменяются в одном направлении.

Для систем с 4 % крахмала максимальная вязкость среди представленных вариантов достигает 35,26 Па·с при сочетании 1,0 % ПВС и 1,5 % АЭ. Однако для этого состава тиксотропное восстановление (96,5 %) ниже, чем для аналогичной композиции с 3 % крахмала (98,7 %). Следовательно, выбор оптимальной рецептуры не должен основываться исключительно на максимальной вязкости.

Таблица 1. Реологические характеристики крахмальных композиций при 298 К

Крахмал, %	ПВС, %	АЭ, %	η, Па·с (298 К)	Тиксотропное восстановление, %	Предел текучести, г/см²	Расщепление крахмала, %
2	–	–	11,45	81,5	41,86	–
3	–	–	14,53	83,3	39,64	–
4	–	–	23,14	85,7	38,90	–
2	0,5	–	13,70	84,8	40,73	64,5
2	1,0	–	15,15	85,5	37,64	69,0
2	1,5	–	18,23	96,3	33,76	73,8
2	–	1,0	12,24	83,4	41,28	57,9
2	–	1,5	14,86	86,2	38,69	60,1
2	–	2,0	16,75	95,5	35,77	65,5
2	1,0	1,5	17,71	97,8	30,91	77,2
3	0,5	–	18,44	87,9	39,26	61,9
3	1,0	–	19,73	89,8	35,78	63,8

3	1,5	–	20,62	97,2	31,58	66,2
3	–	1,0	20,96	85,3	39,06	54,9
3	–	1,5	21,47	87,4	36,65	55,7
3	–	2,0	23,15	96,2	33,97	59,6
3	1,0	1,5	25,24	98,7	34,73	77,1
4	–	–	24,12	89,5	25,61	59,3
4	1,0	–	28,73	92,6	24,14	61,2
4	1,5	–	32,61	98,7	21,28	64,9
4	–	1,5	31,24	88,9	25,68	55,1
4	–	2,0	34,16	95,3	38,84	56,9
4	1,0	1,5	35,26	96,5	34,36	74,7

Примечание. Таблица воспроизведена по предоставленному исходному материалу. Обозначение «АЭ» и единицы измерения предела текучести требуют уточнения по первичному протоколу; прочерк означает отсутствие добавки либо значения.

Сравнительная оценка и интерпретация. В серии с 2 % крахмала повышение доли ПВС от 0,5 до 1,5 % сопровождается ростом вязкости с 13,70 до 18,23 Па·с. В серии с АЭ увеличение его доли от 1,0 до 2,0 % приводит к росту вязкости с 12,24 до 16,75 Па·с. Для 3 % крахмала соответствующие диапазоны составляют 18,44–20,62 Па·с при изменении ПВС от 0,5 до 1,5 % и 20,96–23,15 Па·с при изменении АЭ от 1,0 до 2,0 %. Таким образом, величина эффекта зависит как от типа добавки, так и от исходной концентрации крахмала.

Показатель тиксотропного восстановления характеризует способность структуры частично или почти полностью восстанавливаться после заданного механического воздействия. Высокое значение этого показателя может быть важным при нанесении загущающего состава на волокнистую основу, однако

для оценки технологической пригодности необходимо учитывать условия измерения, характер сдвиговой нагрузки, время восстановления и стабильность при хранении [3, 4].

Возможное объяснение наблюдаемого повышения вязкости связано с изменением гидратации макромолекул, межцепными взаимодействиями и формированием пространственной структуры. Для крахмала и ПВС допустимо предполагать вклад водородных связей; в то же время по одной таблице вязкости нельзя однозначно различить водородные связи, физическое переплетение цепей и другие механизмы. Вывод о химической модификации гидроксильных групп нуждается в подтверждении методами ИК-спектроскопии и анализа структуры.

Отдельного внимания требует показатель «расщепление крахмала». В исходной таблице он изменяется в широком интервале в зависимости от состава, но методика его определения не приведена. Поэтому данный показатель целесообразно рассматривать как характеристику, требующую дополнительного определения и методической верификации, а не как самостоятельное доказательство конкретной реакции.

Практическое значение и ограничения. Полученные сравнительные результаты могут использоваться для предварительного выбора состава перед технологическими испытаниями. В частности, комбинация 3 % крахмала, 1,0 % ПВС и 1,5 % АЭ характеризуется вязкостью 25,24 Па·с и наиболее высоким среди указанных в таблице значением тиксотропного восстановления 98,7 %. Если приоритетом является максимальная вязкость, интерес представляет вариант с 4 % крахмала и теми же добавками. Окончательный выбор требует проверки адгезии к конкретным волокнам, равномерности нанесения, смываемости и стабильности.

Для полноценной журнальной публикации рекомендуется дополнить материал точным наименованием и характеристиками АЭ, способом модификации крахмала, описанием оборудования и режима измерений, количеством параллельных опытов и оценкой погрешности. Также необходимо подтвердить происхождение экспериментальных данных и согласовать авторство с лицами, внесшими научный вклад.

Заключение. Анализ представленных данных показывает, что повышение концентрации модифицированного крахмала и введение полимерных добавок существенно влияют на вязкость и структурно-механические показатели загущающих композиций. При 3 % крахмала сочетание 1,0 % ПВС и 1,5 % АЭ обеспечивает вязкость 25,24 Па·с и тиксотропное восстановление 98,7 %. При 4 % крахмала аналогичное сочетание характеризуется максимальной в исследованной таблице вязкостью 35,26 Па·с. Для обоснованного выбора рецептуры следует учитывать баланс реологических свойств, а также условия нанесения и эксплуатации. Механизмы межмолекулярного взаимодействия и статистическая значимость наблюдаемых различий нуждаются в экспериментальном подтверждении.

Список литературы

1. Steffe J. F. Rheological Methods in Food Process Engineering. 2nd ed. — East Lansing: Freeman Press, 1996.

2. BeMiller J., Whistler R. (eds.). Starch: Chemistry and Technology. 3rd ed. — Amsterdam: Academic Press, 2009.

3. Barnes H. A., Hutton J. F., Walters K. An Introduction to Rheology. — Amsterdam: Elsevier, 1989.

4. Tadros T. F. Rheology of Dispersions: Principles and Applications. — Weinheim: Wiley-VCH, 2010.