Измерение предела текучести шоколада различными геометриями реометра MCR72

Реология - это предмет, который в равной степени вращается вокруг теории и экспериментов. Получение правильного набора данных важно для правильной интерпретации. Правильный набор данных напрямую зависит от выбора правильной измерительной системы и профиля эксперимента, а также от выбора правильной реологической модели для обеспечения хорошей степени математического соответствия. В настоящем отчете сравниваются измерения шоколада с использованием трех различных геометрий. Образцы шоколада измерялись на реометре MCR 72 от Anton Paar.

1 Введение

Реология - это предмет, который в равной степени вращается вокруг теории и экспериментов. Получение правильного набора данных важно для правильной интерпретации. Правильный набор данных напрямую зависит от выбора правильной измерительной системы и профиля эксперимента, а также от выбора правильной реологической модели, чтобы иметь хорошую степень математического соответствия.

В настоящем отчете сравниваются измерения шоколада с использованием трех различных геометрий: плоскость-плоскость (PP50, плоскость диаметром 50 мм), конус-плоскость (CP 50-2, плоскость диаметром 50 мм с углом конуса 2°) и концентрический цилиндр (CC27, цилиндр диаметром 27 мм).

2 Условия испытания

Образцы шоколада измерялись на реометре MCR 72 с температурной системой Пельтье для точного контроля температуры.

Использовался стандартный зазор 1 мм с геометрией плоскость-плоскость, 0,224 мм с геометрией конус-плоскость, при этом температура испытаний поддерживалась на уровне 40 °C.

Образец подвергали предварительному сдвигу в течение 10 секунд при скорости сдвига 10 $с^{-1}$ для гомогенизации и удаления памяти. После этого скорость сдвига линейно изменялась от 0,02 до 60 $с^{-1}$.

3 Результаты и Выводы

Шоколад представляет собой сложную жидкость с поведением сдвигового утоньшения, состоящую из какао-масла, какао-порошка, сухого молока, эмульгаторов и т. д. Доступен широкий диапазон консистенций шоколада, отвечающих конкретным требованиям продуктов и эстетике. Процесс смешивания очень важен для создания правильной текстуры и вкуса продуктов. Энергичное хаотичное перемешивание помогает создать однородный шоколад с очень мелкодисперсным какао-порошком.

Для многокомпонентной системы, такой как шоколад, больший измерительный зазор поможет избежать каких-либо разрывов или нелинейностей в измеренных данных. Больший зазор способствует равномерной загрузке образца и предотвращает дополнительное нормальное напряжение на образце. Слишком маленький зазор, особенно для геометрии плоскость-плоскость и конус-плоскость, может привести к чрезмерному нормальному напряжению (сжимающему потоку) на образце во время нагружения и, следовательно, может значительно изменить микроструктуру образца.

Загрузка образца в случае концентрических цилиндров совершенно иная, так как это просто равномерный поток под давлением на протяжении всего процесса загрузки.

Сжимающий поток, который можно наблюдать в геометрии плоскость-плоскость и конус-плоскость, представляет собой косвенно.

распространяющийся поток, когда жидкость выдавливается из постоянно меняющегося зазора. Хорошо известно, что экстенсиональный поток создает морфологию мелких капель в двухфазной системе.

Возможно, что один образец шоколада может давать различную микроструктуру в результате различных полей течения.

В настоящей статье влияние геометрии на предел текучести шоколада изучается с использованием различных измерительных систем. Критерии роста напряжения исследуются для геометрии плоскость-плоскость, конус-плоскость и концентрический цилиндр, как показано на рисунке 1. Значения предела текучести представлены в таблице 1. Результаты для систем плоскость-плоскость и конус-плоскость почти идентичны, тогда как в случае системы концентрических цилиндров, CC27, рост напряжения выше.

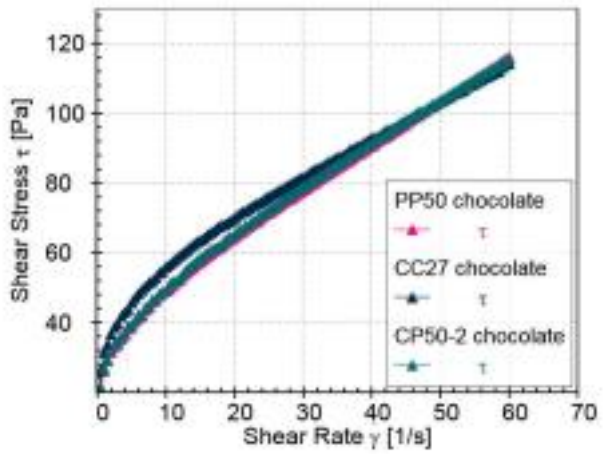

Рисунок 1: Кривые течения шоколада с использованием различных измерительных систем при 40 °C.

Измерительный зазор наименьший у CP50-2 (0,224 мм), средний у PP50 (1 мм) и самый большой у CC27 (1,13 мм). Следовательно, деструкция шоколада должна быть наименьшей для CC27, несколько выше для PP50 и максимальной для CP50-2.

Предел текучести можно рассчитать, используя модели Бингама, Кэссона или Гершеля Балкли. Модели Кэссона и Гершеля Балкли, будучи криволинейными функциями, дают очень хорошие математические соответствия. Модель Кэссона (см. уравнение 1) реалистично отражает конечные события, обеспечивая хорошее соответствие экспериментальным данным и давая точную оценку предела текучести. С другой стороны, модель Гершеля Балкли хорошо подходит для средних и высоких скоростей сдвига, но переоценивает предел текучести.

Модель Кассона

Уравнение 1 $\tau^{1/2} = \dot{\tau}_0{}^{1/2} + (\eta\dot{\gamma})^{1/2}$

где τ – напряжение сдвига, $\dot{\tau}_0$ – предел текучести, η - вязкость сдвига и $\dot{\gamma}$ скорость сдвига.

Геометрия	Предел текучести (Па)
CP50-2	20.17
PP50	19.23
CC27	27.93

Таблица 1: Предел текучести по модели Кэссона с использованием различных систем измерения

4 Заключение

Измерение шоколада с помощью измерительных систем, отличных от CC27, может привести к недооценке реологических свойств. Сравнение измерений с использованием различных измерительных систем показывает, что есть некоторая разница в результатах; в частности, предел текучести, измеренный с помощью CC27, значительно выше, чем для других геометрий, что ожидаемо, поскольку он имеет самый большой разрыв. С другой стороны, результаты PP50 и CP50-2 очень похожи, несмотря на большую разницу в размере зазора. Таким образом, можно предположить, что основное влияние оказывают также различные поля течения в зазоре.