

О СОЗДАНИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПЕЧЕНЬЯ ИЗ ПЛАСТИЧНОГО ПЕСОЧНОГО ТЕСТА

Ловцева В.В., Авроров В.А. (ПензГТУ, г. Пенза, Россия)
Тел.(842 2) 49-56-99; E-mail: v_avrorov@bk.ru

Abstract: The article describes the deformation of the plastic model test on the experimental sample rollers roll-forming machines with conveyor in the manufacture of cookies

Key words: roll-forming machine, plastic test, cookies

Мучные кондитерские изделия пользуются повышенным спросом населения страны и являются необходимой частью рациона его питания. Среди всего ассортимента мучных кондитерских изделий наибольшая доля принадлежит сегменту печенья, в котором по вкусовым качествам и популярности ведущее место занимает песочное печенье [1].

Песочное тесто вследствие своих реологических свойств наиболее трудно поддается машинной обработке при изготовлении полуфабрикатов для печенья. Это обусловлено высокой пластичностью тестовой массы и температурными ограничениями при ее деформировании. Оптимальной температурой замешивания теста, его раскатки в тонкий пласт и последующего формования из пласта тестовых полуфабрикатов является температура не выше 18-20⁰С. В противном случае масло, входящее в состав теста, начинает плавиться и выделяться из тестовой массы.

Существующие технологии и оборудование для раскатки куска теста в тонкий пласт (1...2 мм) и формования из него полуфабрикатов определенной формы недостаточно эффективны в силу указанных выше свойств этого вида теста. На малых предприятиях раскатка пласта осуществляется, как правило, вручную с помощью скалки, а формование полуфабрикатов – с помощью отдельных ручных форм.

В производствах операции раскатки теста и формования из него полуфабрикатов печенья осуществляются на отдельных машинах, что позиций рациональности технологии и энергосбережения экономически не выгодно.

Поэтому задача разработки эффективной технологии и оборудования для получения полуфабрикатов мучных кондитерских изделий, сочетающей в себе сразу две технологические операции раскатки теста и формования из него полуфабрикатов является актуальной.

Существующая технология раскатки теста и конструкции тестораскатывающих машин предназначены в основном для обработки дрожжевого теста. Основным рабочим органом таких машин являются стационарно установленные в корпусе одна или несколько пар вращающихся валков, через переменный зазор которых пропускается тестовая масса, утоняясь в пласт до требуемой толщины (рис.1).

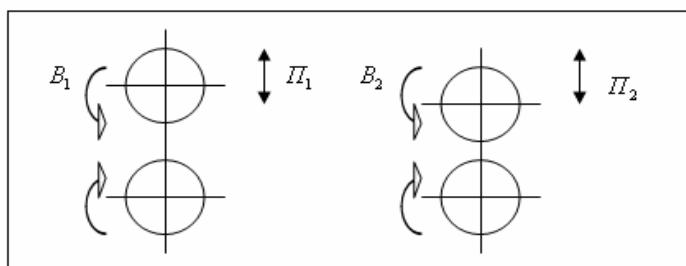


Рис. 1. Схема раскатывающей машины со стационарно установленными валками

Недостатком такой технологии и оборудования является однократный пропуск теста через заранее установленный зазор между валками, что приводит к изменению в последующем толщины пласта и формуемых на другой машине тестовых полуфабрикатов из-за релаксационных явлений. Кроме того, при пропуске теста с постепенным утонением пласта между валками на многовалковых машинах наблюдается неконтролируемая вытяжка пласта в зонах между валками из-за разности скоростей пар валков.

Поэтому для создания рациональной конструкции исполнительного органа валковой тестораскатывающей машины целесообразно рассмотреть условия силового воздействия на тестовую массу при ее трансформировании в тонкий пласт.

Используем для исследования процесса деформации теста при его преобразовании в тонкий пласт предложенный способ раскатки [2,3,4], в котором кусок теста помещается на ленточный транспортер и на него воздействует многовалковая каретка, имеющая возможность для возвратно-поступательного движения и вертикального перемещения (рис. 1).

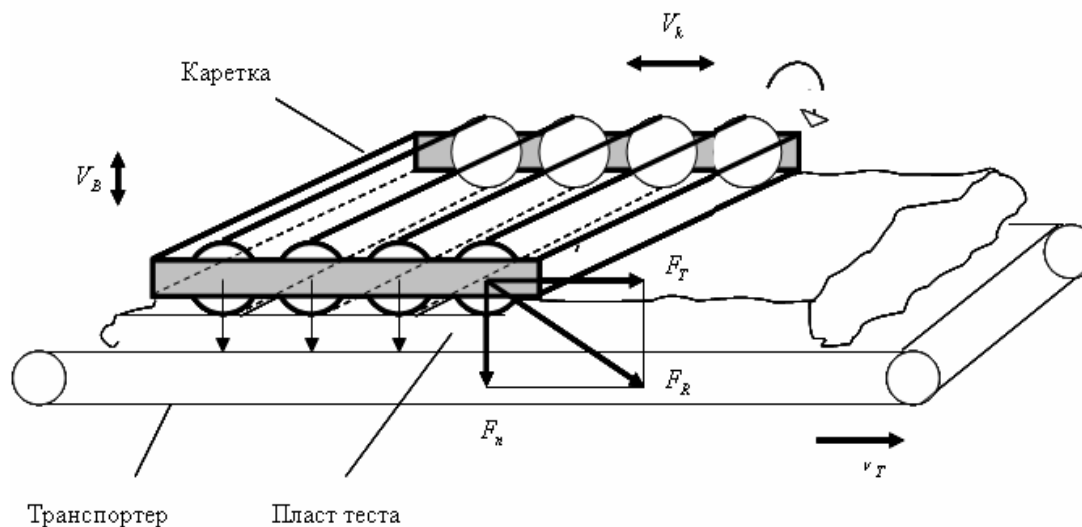


Рис. 1. Схема раскатывающей машины с многовалковой кареткой и транспортером

Рассмотрим модель деформирования пласта теста первым валком тестораскатывающей машины (рис. 2), установленным в каретке. В данной модели суммарная деформация пласта от действия внешних сил может быть представлена как суперпозиция деформаций растяжения, сжатия и сдвига.

В результате движения каретки на пласт будет действовать нормальная сила (сила сжатия), возникающая при опускании валка каретки в вертикальной плоскости, и тангенциальная сила (сила сдвига), возникающая при возвратно-поступательном ее движении в горизонтальной плоскости. Данная комбинация сил (не учитывая массовые силы) собственно и определяет деформацию куска теста, заставляя его изменять свои размеры по всем координатным плоскостям.

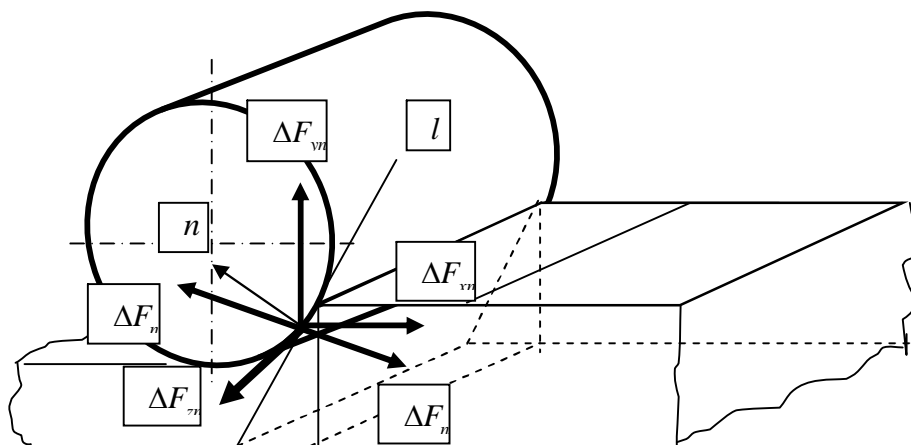


Рис. 2. Схема силового воздействия валка на пласт теста на валковой тестораскатывающей машине с транспортером
 l – касательная к поверхности контакта валка с тестовой массой

От действия внешней нагрузки на пласт внутри тестовой массы будут возникать нормальные и касательные напряжения, величина которых будет зависеть не только от величины внешних сил, но и от ориентации площадок, на которые действуют эти внутренние силы.

Выделим в зоне контакта валка с деформируемым пластом теста (рис. 3) элементарный участок в виде призмы и рассмотрим действующие на него силы

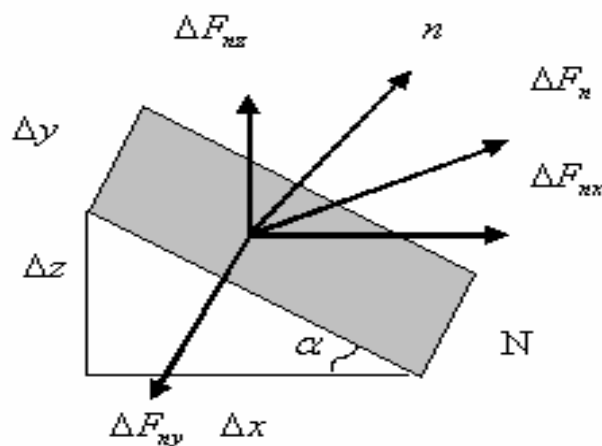


Рис. 3. Воздействие валка каретки на пласт

X -компонента силы состоит из пяти частей для каждой грани призмы, однако, если Δz мало, то силы от треугольных граней (перпендикулярные оси z) будут равны и противоположны по направлению.

На основание призмы действует сила равная $\Delta F_{xz} = S_{xy} \Delta x \Delta y$, а на вертикальную прямоугольную грань - $\Delta F_{x1} = S_{xx} \Delta y \Delta z$. Сумма всех этих сил равна X -компоненте внешней силы, действующей на грань N с единичным вектором нормали n к этой грани, $\Delta F_{xn} = S_{xx} \Delta y \Delta z + S_{xy} \Delta x \Delta z$.

Составляющая напряжения по оси X равна $\frac{\Delta F_{xn}}{\Delta z \cdot \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}$ или

$$S_{xn} = S_{xx} \frac{\Delta y}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}} + S_{xy} \frac{\Delta x}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}}, \quad \text{где } \frac{\Delta y}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}} = \text{Cos} \alpha = n_y,$$

$$\text{а } \frac{\Delta x}{\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}} = \text{Sin} \alpha = n_x.$$

Тогда $S_{xn} = S_{xx} n_x + S_{xy} n_y$ или $S_{in} = \sum_j S_{ij} n_j$.

Для описания деформации пласта теста необходимо связать деформацию с напряжениями, возникающими в пласте.

Движение слоя теста между лентой конвейера и валками каретки при постоянно уменьшающемся зазоре обуславливает не только появление в тестовой массе напряжений сдвига, но и напряжений от сжатия пласта. Величина давления на пласт возрастает от нуля в момент касания образующей валка поверхности пласта, достигает максимума при минимальной величине зазора и вновь уменьшается до нуля, когда валок выходит из контакта с тестом.

Если в раскатывающей каретке установить последовательно за первым валком еще несколько валков, то при контакте последующих валков каретки в течение одного хода будет происходить калибрование толщины пласта с выравниванием и перераспределением напряжений, что должно благоприятно сказаться на технологии раскатки и качестве пласта.

Поскольку каретка с валками в процессе раскатывания теста будет совершать периодические возвратно-поступательные движения, то такой динамический режим работы тестораскатывающей машины может быть представлен моделью осциллирующих напряжений, связанных с периодическими колебаниями деформации пласта.

Предположим, что деформация в пласте изменяется по гармоническому закону

$$\gamma(t) = \gamma_0 \exp(i\omega t),$$

где $e^{i\omega t} = \cos(\omega t) + i \sin(\omega t)$; $\omega = 2\pi f$ - частота колебаний, рад/с; f - частота, Гц; γ_0 - амплитуда гармонических колебаний деформации. Будем считать, что величина амплитуд деформации в тесте такова, что деформируемый пласт находится в области линейного вязкоупругого поведения.

Периодические колебания деформации будут приводить к осциллирующим изменениям напряжений, которые в общем случае будут равны

$$\tau(t) = G_0 \gamma(t) + \tau_0 \exp([i(\omega t + \delta)]),$$

где τ_0 - амплитуда периодически изменяющихся напряжений, G_0 - мгновенный модуль сдвига, δ - угол, характеризующий отставание напряжений от деформации [4].

Величина амплитуды деформации оказывает существенное влияние на целостность структуры раскатываемого пласта теста.

Экспериментальные исследования показывают, что при значительном уменьшении зазора при каждом ходе каретки в начальный момент раскатывания бруска теста, когда толщина бруска превышает зазор более чем в три раза, наблюдается образование разрывов тестовой массы по краям пласта, т.е. происходит разрушение

структуры пласта. Это объясняется тем, что скорость деформации является чрезмерной, и напряжения в пласте быстро достигают критических величин. Данное явление особенно четко проявляется при раскатывании песочного теста, реологические свойства которого отличаются от вязкоупругих тел. Поэтому изменение зазора каретки должно осуществляться плавно и раскатывание должно вестись в несколько проходов с двух-трех кратным повторением ходов каретки с неизменяемым зазором для калибрования пласта.

На рис. 4 приведен общий вид раскатывающе-формующей машины с многовалковой кареткой и транспортером. На выходе транспортера установлен сменный формующий валик, вырезающий из пласта теста полуфабрикаты печенья.

Испытания образца подтвердили его высокую эффективность при раскатке пластичного теста.



Рис. 4. Общий вид четырехвалковой тестораскатывающей машины

Выводы:

- предложена технология деформирования пластичного куса песочного теста в тонкий пласт на раскатывающей машине с многовалковой подвижной кареткой и транспортером с одновременным формованием из него полуфабрикатов печенья;
- рассмотрены модели деформации теста при его раскатке в пласт;
- создан экспериментальный образец раскатывающе-формующей машины, испытания которого подтвердили высокую эффективность обработки пластичного теста.

Список литературы: 1. Авроров В.А., Ловцева В.В., Авроров Г.В., Тутов Н.Д. Анализ и моделирование операций обработки сырья и полуфабрикатов для мучных кондитерских изделий. Монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 244с. 2. Авроров В.А., Николаев В.С., Ширяев А.В., Тихонович Ю.И., Чамин А.Ф., Никитина С.А. Устройство для раскатки пласта теста и формования из него тестовых заготовок. Патент РФ. № 2408190, 2011г. 3. Авроров В.А., Николаев В.С., Никитина С.А., Чамин А.Ф. Устройство для раскатки теста в пласт. Патент РФ № 2478292, 2013г. 4. Никитина С.А., Новикова А.В., Авроров В.А., Николаев В.С., Ильин Д.В., Ловцева В.В. Способ и устройство для раскатки теста в непрерывный пласт. Пат. РФ № 2536962, 2014 г 5. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. – С. Пб: Профессия, 2007.