

3. При выполнении измерений необходимо максимально учесть дополнительные (относительные) погрешности измерительных приборов, вызванные применением дополнительной аппаратуры и отличием условий проведения измерений.

Список литературы: 1. ГКД 34.20.507-2003. Техническая эксплуатация электрических станций и сетей. Правила. 2. СОУ-Н ЕЕ20.302:2007. Нормы испытаний электрооборудования. 3. МТ-Т.0.03.195-09. Типовая методика оценки технического состояния, показателей надежности и остаточного ресурса для различных групп электротехнического оборудования АЭС. 4. ДСТУ 2682-94. Метрологическое обеспечение. Основные положения. 5. ДСТУ 3215-95. ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерительной техники. Организация и порядок проведения. 6. Гиря М.П., Штабский Л.М., к.т.н. Выбор определяющих параметров старения электротехнического оборудования АЭС для оценки его технического состояния и остаточного ресурса. Журнал «Энергетика и электрификация», №6, 2006г.

Поступила в редколлегию 01.10.2010

УДК 664.121.032.3

И.А.ФАБРИЧНИКОВА, ассистент, ХТУСХ им. Петра Василенка, г. Харьков
В.В.КОЛОМИЕЦ, докт. техн. наук, проф., ХТУСХ им. Петра Василенка, г. Харьков

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУЖКИ ПРИ СРЕЗАНИИ КОРНЕПЛОДА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ СВЕКЛОРЕЗНЫМИ НОЖАМИ

В статті приведені теоретичні дослідження процесу утворення бурякової стружки, що дозволяють обґрунтувати та вплинути на якість технології підготовки цукрового виробництва

В статье приведены теоретические исследования процесса образования свекловичной стружки, позволяющие обосновать и повлиять на качество технологии подготовки сахарного производства

Постановка задачи. Для получения сахара корнеплод сахарной свеклы изрезается свеклорезными ножами в стружку. Качество свекловичной стружки является одним из определяющих факторов эффективности свеклосахарного производства. Поэтому изучение процесса изрезания свеклы в стружку является актуальным и представляет научный интерес.

Научная новизна. Получение параметров опережающей трещины, возникающей при образовании свекловичной стружки, и обоснование кавитационного износа свеклорезного ножа.

Анализ последних публикаций показал, что многие исследователи [1, 2, 3 и 4] изучали механические параметры процесса получения свекловичной стружки: углы заточки свеклорезных ножей, их профиль, толщину лезвия, скорость подачи корнеплодов в зону резания и т.п. Правда Гребенюком С.М. в [2] сделана попытка расширить представление о процессе резания сахарной свеклы и других органических материалов, введя обтекание ножа разделёнными слоями с предположением, что силы сопротивления пропорциональны квадрату скорости (аналогично обтеканию тел жидкостью и воздухом). Однако там рассмотрены эмпирические аспекты без учета истинных процессов, происходящих в зоне резания.

Цель. В данной статье мы хотим, во-первых, теоретически обосновать основы процесса образования свекловичной стружки и, во-вторых, рассмотреть процессы, происходящие в зоне резания и определяющие износ свеклорезного ножа.

Указанная цель достигается тем, что не просто введено понятие опережающей трещины при образовании свекловичной стружки, а теоретически описано и определены её геометрические параметры. А также теоретически обоснован процесс кавитационного износа свеклорезного ножа.

При образовании свекловичной стружки последняя деформируется и в процессе резания приобретает криволинейную форму. Будем считать стружку тонкой пластиной, а сами деформации малыми. Вычислим свободную энергию изогнутой пластинки.

При сгибании пластинки в некоторых местах внутри неё возникают напряжения растяжения, а в других – напряжения сжатия. Именно на выпуклой стороне пластинки происходит растяжение (вплоть до образования трещин и разрывов волокон), по мере углубления в толщину пластинки это растяжение постепенно уменьшается, достигая в конце концов нуля, вслед за чем в дальнейших слоях постепенно увеличивается сжатие. Таким образом, внутри пластинки имеется нейтральная поверхность, на которой растяжение вообще отсутствует, а по двум сторонам её деформация имеет противоположный знак.

Выберем систему координат с началом в какой-нибудь точке нейтральной поверхности и осью z , направленной по нормали к ней. Плоскость x,y совпадает с плоскостью недеформированной пластинки. Обозначим вертикальное смещение точек нейтральной поверхности, т.е. их z – координату, посредством ζ (дзета).

Что касается компонент смещения этих точек в плоскости x,y , то они являются, очевидно, величинами второго порядка малости по сравнению с ζ и потому могут быть положены равными нулю. Таким образом, вектор смещения точек нейтральной поверхности есть

$$U_x^{(0)} = U_y^{(0)} = 0, \quad Z_z^{(0)} = \zeta(x,y),$$

где верхний индекс обозначает, что компоненты относятся к началу координат.

Поскольку пластина тонкая, то, для того чтобы изогнуть её, требуется приложить к её поверхности сравнительно небольшие силы. Эти силы в любом случае вызовут напряжения меньше, чем те внутренние напряжения, которые возникают внутри деформированной пластинки благодаря имеющим в ней место напряжениям растяжения и сжатия. Поскольку пластинка слабо изогнута, то можно считать, что вектор нормали \vec{n} направлен по оси z . Таким образом, на обеих поверхностях должно быть,

$$\sigma_{xz} = \sigma_{yz} = \sigma_{zz} = 0, \tag{1}$$

где σ_{ik} – компоненты тензора напряжений;

i, j, k – индексы 1, 2, 3.

Но поскольку толщина пластинки мала, то из равенства этих величин нулю на двух сторонах следует, что они малы и внутри её. Таким образом, мы приходим к выводу, что во всей пластинке компоненты σ_{xz} , σ_{yz} , σ_{zz} малы по сравнению с остальными компонентами тензора напряжений. На этом основании можем положить их равными нулю и определить компоненты тензора деформации из этого условия.

Опуская громоздкие преобразования, включающие вычисления вариации свободной энергии и вариации потенциальной энергии пластинки, связанной с наличием действующих внешних сил, в конечном итоге получаем уравнение равновесия пластинки, изгибаемой действующими на неё внешними силами:

$$\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \Delta^2 \zeta - F = 0, \tag{2}$$

где E – модуль Юнга;

μ – коэффициент Пуассона;

$\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$ – жесткость пластины при изгибе;

$\Delta\zeta$ – оператор Лапласа;

h – толщина пластинки; F – внешняя сила.

Окончательно, с учетом (2), будем иметь для силы F и момента реакции пластины:

$$F = -\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \left[\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^3} + \frac{\partial \theta}{\partial l} \cdot \frac{\partial \zeta^2}{\partial x^2} \right], \quad (3)$$

$$M = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}, \quad (4)$$

где θ – угол между нормалью \vec{n} к нейтральной поверхности и осью x ;

\vec{l} – касательная к этой поверхности.

При $E = 6 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, $h = 0,04 \text{ м}$ и $\mu = 0,46$ соотношения (3) и (4) будут

$$F = 50,6 \left[\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^3} + \frac{\partial \theta}{\partial l} \cdot \frac{\partial \zeta^2}{\partial x^2} \right], \quad (3a)$$

$$M = 50,6 \cdot \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}, \quad (4a)$$

Учитывая геометрические размеры лезвия пера свеклорезного ножа, вычислим производные. В первом приближении форму стружки в области резания можно аппроксимировать квадратной параболой:

$$\zeta = 0,33x^2 \text{ тогда}$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial x} = 0,66x, \quad \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} = 0,66, \quad \frac{\partial^3 \zeta}{\partial x^3} = 0. \quad (5)$$

Для вычисления $\left[\frac{\partial \theta}{\partial l} \right]$ воспользуемся известным выражением из дифференциальной геометрии для радиуса кривизны кривой:

$$R = \frac{\left(1 + \frac{\partial \zeta^2}{\partial x} \right)^{3/2}}{\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}}, \quad K = \frac{1}{R} = \frac{\partial \theta}{\partial l}. \quad (6)$$

Подставляя в (6) из (5), получим $R = 2,87 \text{ м}$, $\frac{\partial \theta}{\partial l} = 0,35 \frac{1}{\text{м}}$.

Рассмотрим задачу отрыва слоя вещества (стружки) от тела (рис.1).

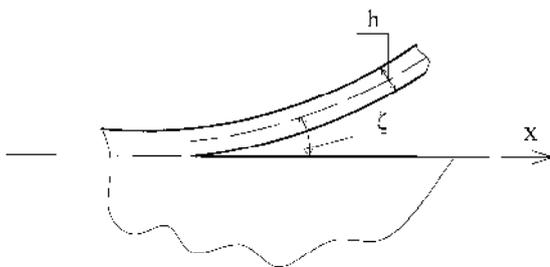


Рис. 1. Схема образования стружки

От тела отрывается (срезается) тонкий толщиной h приложенными к нему силами, действующими против сил поверхностного натяжения на поверхности отрыва и формой отрываемой пластинки (стружки). Найдём зависимость, связывающую величину поверхностного натяжения с формой отрываемой стружки.

Отрываемый слой рассматриваем как пластину, один из краёв которой (линия отрыва) заделан. Изгибающий момент, действующий у этого края, определяется формулой (4).

Работа, производимая этим моментом при удлинении области отрыва на δx , равна

$$M \frac{\partial \delta \zeta}{\partial x} = M \delta x \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2}. \quad (7)$$

Условие равновесия заключается в равенстве этой работы изменению поверхностной энергии, т.е. $2\alpha \delta x$, где α – коэффициент поверхностного натяжения, а множитель 2 учитывает возникновение двух свободных поверхностей при разрыве. Имеем:

$$M \delta x \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} = 2\alpha \delta x. \text{ Отсюда } \alpha = 22,04 \cdot 10^{-4} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Вычисления по формулам (3) и (4) дают соответственно:

$$F = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ Н}, \quad M = 2,57 \cdot 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

В [1] упоминается отрыв стружки по опережающей трещине. Однако, кроме упоминания никакой информации не приведено. Используем изложенные выше соображения для получения параметров такой трещины (рис.2).

В обозначениях рис.2 в теории упругости приводится соотношение для вычисления длины трещины

$$L = \frac{F y^2 (1 - \mu^2)}{\pi \alpha E}, \quad (8)$$

где F_y – сила, образующая трещину, в нашем случае сила, которая изгибает стружку;

α – коэффициент поверхностного натяжения.

После подстановки в (8) численных значений получим $L = 3 \cdot 10^{-8}$ м.

Вышеизложенные соображения относятся к отрыву слоя стружки на молекулярном уровне, т.е. в процессе отрыва стружки от основного тела (корня) преодолеваются силы молекулярного сцепления. Однако в зоне резания действуют макроскопические параметры: центробежные силы, силы резания, силы реакций и т.п. Например, для однородных растягивающих напряжений

$$\rho(x) = \rho_0$$

в зоне резания длина трещины равна

$$L = \frac{2\alpha \cdot E}{\pi(1 - \mu^2)\rho_0^2}, \quad (9)$$

Вычисления по (9) при $\rho_0 \cong 52 \text{ Н/м}^2$ дают значение $L \cong 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ (1,5 мм).

Образование опережающей трещины является квинтэссенцией образования стружки и, таким образом, определяет её качество [с] вот почему этому процессу следует уделить пристальное внимание.

В процессе получения свекольной стружки ножи затупляются, повреждаются твердыми примесями, которые попадают с свеклой на свеклорезку, и корродируют в диффузионном (свекловичном) соке.

В действительности, в зоне резания происходит не только абразивный износ. При образовании стружки нож движется в жидкости, т.е. в среде свекловичного сока, образующегося в процессе разрыва молекулярных связей, в зоне резания (на острие ножа и близлежащих от него участках).

Рассмотрим эту задачу с точки зрения гидромеханики. На рис.3 показана зона резания (черным цветом покрашен свекловичный сок). При движении корнеплода свеклы в зоне опережающей трещины создаётся разрежение (уменьшение давления) за счет

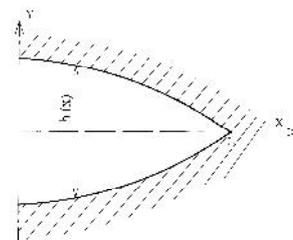


Рис. 2. Параметры опережающей трещины

расширения трещины. Это расширение зависит, очевидно, от угла заострения ножа. Следовательно, уменьшение угла заострения ножа приводит к меньшему разрежению.

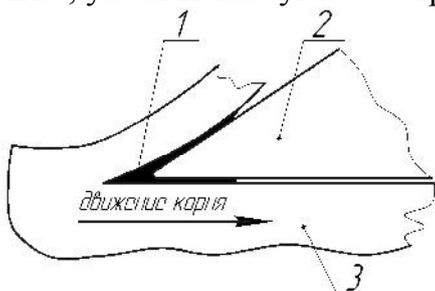


Рис. 3. Зона резания: 1 – опережающая трещина; 2 – нож; 3 – свекла

Но, как известно, при снижении давления снижается температура парообразования, т.е. жидкость закипает при меньшей температуре. Например, для водных растворов при давлениях от 532 Па до 2261 Па температура парообразования изменяется от 4°C до 20°C. Таким образом, в зоне опережающей трещины жидкость (свекловичный сок) закипает, т.е. образуются полости, заполненные паром –

каверны. Закипание жидкости при пониженном давлении и образование в жидкости при её движении полостей, заполненных паром, называется кавитацией.

На рис.4 показана зона кавитации на поверхности ножа. Видно, что если нож выполнить с утонением, то зона кавитации будет уходить, не касаясь поверхности ножа.

Появление кавитации всегда приводит к разрушению металла и появлению кавитационных шумов, а также к увеличению сопротивления движению и значительно усиливает окислительную коррозию. Косвенным подтверждением тому является приведенная в [4] осциллограмма процесса резания.

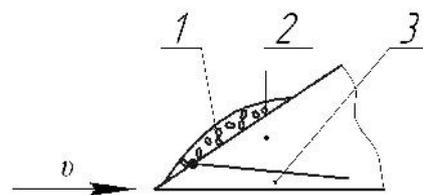


Рис. 4. Образование кавитации: 1 – зона кавитации; 2 – нож; 3 – утонение

В качестве критерия, определяющего кавитационные свойства профиля (в нашем случае свеклорезного ножа), применяют так называемое число напряжения кавитации σ :

$$\sigma = \frac{P - P_k}{\rho \frac{v^2}{2}}, \quad (10)$$

- где P – давление при движении, Па;
- P_k – давление парообразования, Па;
- v – скорость, м/с;
- ρ – плотность свекловичного сока, кг/м³.

В нашем случае для клина с углом заострения 30°, $P = 270 \cdot 10^4$ Па, $P_k = 2,26 \cdot 10^3$ Па и $v = 5$ м/с получаем $\sigma = 21,6 \cdot 10^4$ Па.

Таким образом, для улучшения кавитационных свойств профиля ножа следует снижать число кавитации.

В качестве модели обтекания профиля ножа можно предложить модели обтекания профиля полутела (рис.5). Здесь приведено суммарное давление. Видно, что давление резко снижается и достигает минимума непосредственно в зоне резания. Общее количество вещества, снимаемого потоком свекловичного сока с грани ножа на единицу его ширины, будет:

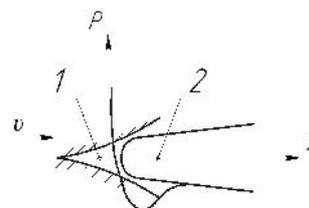


Рис. 5. Обтекание полутела: 1 – опережающая трещина; 2 – нож

$$M = D \cdot (C_{ст} - C_1) \cdot N_{уд}, \quad (11)$$

- где D – коэффициент диффузии;
- $C_{ст}$ и C_1 – концентрация сока на поверхностях стружки и грани ножа;
- $N_{уд}$ – число Нуссельта, зависящее от свойств свекловичного сока.

Таким образом, наряду с абразивным износом ножа, существует также кавитационный.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

– образование опережающей трещины является квинтэссенцией образования свекловичной стружки и определяет её качество;

– в зоне опережающей трещины свекловичный сок закипает, т.е. образуются каверны;

– наряду с абразивным износом ножа, существует также кавитационный, который к тому же дополнительно усиливает окислительную коррозию.

Список литературы: 1. Гребенюк С.М. Усилие на ноже при резании сахарной свеклы / С.М. Гребенюк, В.Г. Белик, А.М. Щербаков. Известия вузов СССР. – М.: Пищевая технология, 1982. № 6 – С.88-94. 2. Гребенюк С.М., Щербаков С.М. Исследование силовых взаимодействий сахарной свеклы с барабаном свеклорезок // Сахарная промышленность. 1981. №2 – С.22-25. 3. Клименко М.Н. и др. Резание пищевых продуктов лезвием // Пищевая технология. – Известия вузов СССР, г. Краснодар, 1977. №3 – С.90-93. 4. Щеголев В.Н. Перемещение и вращение корней свеклы в силовом поле резок при резании их на стружку.– Труды ВНИИСПа, 1964, вып. X, С. 34.

Поступила в редколлегию 01.10.2010

УДК 65.015.11.001.57

В.М. САМСОНКИН, докт. техн. наук, проф., директор, ГП «Государственный научно-исследовательский центр железнодорожного транспорта Украины»

Е.С. ФЕДОРОВИЧ, ГП «Государственный научно – исследовательский центр железнодорожного транспорта Украины»

МЕЖЛАБОРАТОРНЫЕ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ – ИНСТРУМЕНТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ЛАБОРАТОРИЙ

Робота по звіренню результатів вимірювань що проводяться в ВЛ підпорядкування «Укрзалізниці» представляє величезне значення для безпеки залізничного транспорту.

Работа по сличению результатов измерений проводимых в ИЛ подчинения «Укрзалізниці» представляет огромное значение для безопасности железнодорожного транспорта.

Доверие к качеству продукции (услуги), выпускаемой предприятием железнодорожного транспорта – залог успеха и конкурентоспособности на рынке. Подтвердить качество и безопасность невозможно без эффективно функционирующих испытательных лабораторий, обеспечивающих достоверность своих результатов. Ежегодно лабораториями, подчиненными «Укрзалізниці», фиксируется бракованная продукция, которая предоставляется поставщиками, на крупные суммы. Фиксация брака тянет за собой кроме финансовых расходов серьезную ответственность лабораторий в части точности и прецизионности измерений.

Важнейшим элементом технической компетентности испытательных (измерительных) лабораторий (далее – ИЛ), осуществляющих измерения состава и физико-химических свойств веществ, материалов и (или) испытания продукции по составу и физико-химическим свойствам (далее – испытания), являются действующие в лаборатории процедуры контроля качества результатов испытаний. Внедрение