

Фундаментальные особенности процесса резания пищевых продуктов лезвийным инструментом.

Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Азаев Р.А., Кузьмин В.В.

Углубленное изучение литературы по вопросу резания материалов лезвием позволило сформулировать научное положение о наличии двух характерных критических значений скорости резания.

Ключевые слова: мясная индустрия, измельчение.

Многообразие модификаций измельчительно-режущего оборудования и его исполнительных органов свидетельствует об отсутствии системного подхода к физическому моделированию и математическому описанию процессов резания и конструированию рабочих элементов резательной техники.

В работе [1] излагается один из вариантов критериального соотношения, обеспечивающего постоянство выделяемой в деформируемой среде идеальной объемной мощности при резании лезвием.

В реальных условиях, особенно для больших скоростей резания, например в куттерах, следует корректно рассматривать удельную энергию деформации.

Учитывая, что для высоких скоростей режущего инструмента имеют место динамические ударные нагрузки и исходя из теоремы о сохранении импульса силы резания, можно положить объем деформации обратно пропорциональным линейной скорости точки режущей кромки, то есть ее радиусу-вектору (в случае вращательного движения лезвия). При этом время воздействия на сырье уменьшается с увеличением скорости.

Основные работы, посвященные изучению процессов резания лезвийном инструментом [2,3,4,5], нацелены на решение и реализацию задачи по рациональному перераспределению общего вектора скорости резания на нормальную и тангенциальную составляющие, трансформируя в требуемой мере процесс рубящего типа резания в скользящий.

Однако, как показывает системный анализ рассматриваемой проблемы, величина вектора скорости резания находится на более высоком уровне иерархии, чем его направление.

Углубленное изучение литературы по вопросу резания материалов лезвием позволило сформулировать научное положение о наличии двух характерных критических значений скорости резания.

Первая критическая скорость обуславливает такую частоту вращения режущего инструмента, которая совпадает с частотой собственных колебаний деформируемой массы материала в процессе резания. Таким образом, при скоростях, меньших первой критической, имеет место процесс

квазистатической деформации измельчаемого материала, а при скоростях, больших, чем первая критическая, мы имеем дело с ударным воздействием лезвия на продукт. Описание процесса резания в этом случае связано с использованием теории ударных процессов [7,8,9].

При этом имеется ряд существенных особенностей, учет которых позволяет упростить математическое моделирование процесса взаимодействия лезвия с сырьем. Так, в работах [6,7] отмечается, что при ударном воздействии можно пренебречь всеми конечными силами, действующими на объект, в течение того же промежутка времени. Кроме того, чрезвычайно эффективным становится применение теоремы Кельвина [8] для определения работы сил резания, которая равна скалярному произведению импульса силы на полусумму начальной и конечной скорости точки режущей кромки лезвия.

Вторая критическая скорость связана с возникновением в измельчаемой массе ударных волн [10] и характеризуется скоростью распространения звука в данном материале. Рассмотрение такого варианта актуально при описании процесса измельчения в высокоскоростных куттерах.

Опуская математические подробности описания указанных вариантов режимов процесса резания, приведем полученные нами аналитические выражения для первой и второй критических скоростей:

$$n_{кр1} = \frac{120m}{\pi d} \sqrt{\frac{7E}{6S(5\pi - m)(8\pi - m)}}, \frac{об}{мин},$$

$$n_{кр2} = \frac{60m}{\pi d} \sqrt{\frac{E}{S}}, \frac{об}{мин}.$$

Здесь m – количество лезвий ножа; d – диаметр ножа, м; E – модуль упругости первого рода измельчаемого сырья, Па; S – плотность сырья, $\frac{кг}{м^3}$.

Количественные оценки дают следующие ориентировочные значения критических скоростей вращения лезвийного инструмента при различных конструктивно-геометрических параметрах ножей и углах скольжения:

$$n_{кр1} = 166 \div 738 \frac{об}{мин}$$

$$n_{кр2} = 1210 \div 5370 \frac{об}{мин}$$

Одним из способов исключения ударных волн в процессе резания является увеличение угла скольжения, то есть профилирование формы режущей кромки.

Список литературы

1. В.В. Пеленко, Н.А.Зуев, Р.Г. Ольшевский и др. Оптимизация формы режущих элементов измельчительного оборудования. Межвуз.сб.науч.тр. «Развитие теории и практики создания оборудования для переработки пищевой продукции». 4.1. С-Пб, ГОУВПОСПбГУНиПТ,2004. с.12-14
2. Белохвостов Г.И. «Совершенствование конструкций режущего механизма машин для измельчения мяса». Автореф.канд.дисс. Могилев, 1996.-17 с.
3. Бренч А.А. «Повышение эффективности процесса куттерования мясного сырья на основе разработки новых конструкций ножей». Автореф.канд.дисс. Могилев, 2004.-24 с.
4. Хромеев В.М. «Научные основы совершенствования скользящего резания пищевых материалов и разработки высокоэффективных резательных машин и ножевых измельчителей. Автореф.докт.дисс. – М.: 1993-48 с.
5. М.А. Кильчевский «Курс теоретической механики». Том 1 М.: «Наука» - 480 с.
6. Справочник машиностроителя./ Под.ред. С.В. Серенсена / Гос.науч.-техн.издательство машиностроительной лит-ры М.: 1962 – 652 с.
7. Э.Дж.Раус. «Динамика системы твердых тел» Т.1. М.: «Наука» 1983 - 464 с.
8. Н.Н. Никитин «Курс теоретической механики». М.: Высш.шк., 1990 – 607 с.
9. В.М. Шашин «Гидромеханика» М.: Высш.шк., 1990.-384 с.
10. Г.С. Батуев и др. «Инженерные методы исследования ударных процессов. М.: «Машиностроение», 1977 – 240 с.