

А.В. Погребняк, канд. техн. наук, доц. (*ДонНУЭТ, Донецк*)
Э.В. Пономаренко, ассист. (*ДонНУЭТ, Донецк*)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ГИДРОАБРАЗИВНОГО РЕЗАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Использование водных и водно-абразивных струй для разрезания различных неметаллических материалов – сравнительно новый и перспективный способ в практике процесса резания. Его преимущества перед традиционными способами резания (механическим, газовым, лазерным, криогенной резкой и т.д.) очевидны. Применение высоконапорных струй жидкости в пищевой промышленности для разрезания продуктов питания даст возможность полностью механизировать и автоматизировать процесс резания, исключить механический режущий инструмент из рабочего цикла (режущие инструменты которого изнашиваются), повысить качество резания и снизить количество отходов, связанное с несовершенством механического режущего инструмента, разделять продукты определенного размера и формы. Одним из показателей процесса гидроабразивного резания различных пищевых продуктов является глубина реза h . Установлено, что глубина реза продукта зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются: прочность пищевого продукта на одноосное сжатие, оптимальное расстояние между срезом сопла и разрезаемой поверхностью, а также гидравлических и режимных параметров гидроструи, скорости перемещения струи и качества её формирования.

Определим функциональную зависимость глубины реза при данном способе резания от фундаментальных переменных процесса гидроабразивного резания. В случае разрезания жидкостно-абразивной струей глубина реза в безразмерном виде будет иметь зависимость:

$$h/d_0 = f(P_0, \sigma_{сж}, V_0, V_n, l_0, l_{opt}, Q, Q_{вод}),$$

где d_0 – диаметр отверстия струеформирующей насадки, м; P_0 – давление воды перед струеформирующей насадкой, Па; $\sigma_{сж}$ – предел прочности при одноосном сжатии, МПа; V_0 – скорость истечения высокоскоростной струи воды из струеформирующей насадки, м/с; V_n – скорость перемещения высокоскоростной струи воды, м/с; l_0 – расстояние между срезом струеформирующей насадки и разрезаемым пищевым продуктом, мм; l_{opt} – оптимальное расстояние, отвечающее максимальной глубине реза; $Q, Q_{вод}$ – расход абразива и воды, кг/с.

Исследовать процесс гидрорезания жидкостно-абразивной струей пищевых продуктов при отрицательных температурах можно с помощью установления зависимости критерия сопротивляемости продукта резанию от глубины реза. Для обоснования и выбора критерия сопротивляемости резанию жидкостно-абразивной струей необходимо установить влияние различных показателей физико-механических свойств на процесс резания, а именно – на глубину реза. При этом необходимо иметь в виду, что данный критерий не является общей характеристикой сопротивляемости продукта разрезанию или каким-то новым критерием сопротивляемости, а есть уточненной оценкой сопротивляемости резанию именно гидроструями.

Для экспериментального установления критерия сопротивляемости резанию высокоскоростной гидроструей был использован метод парного корреляционного анализа, заключающийся в отыскании по экспериментальным данным взаимосвязи глубины реза с каждым из показателей физико-механических свойств при разных температурах.

Анализ результатов показал, что корреляционная связь между глубиной реза h и характеристиками продуктов при разных отрицательных температурах в интервале от -1 до -25°C (твердость НВ, предельное напряжение среза $\tau_{\text{ср}}$ и предел прочности при одноосном сжатии $\sigma_{\text{сж}}^{\text{max}}$) независимо от вариантов связи достаточно устойчивая. Также было установлено, что наибольшее значение индекса корреляции имело место при сопоставлении глубины реза h с пределом прочности при одноосном сжатии $\sigma_{\text{сж}}^{\text{max}}$.

Расчетная зависимость в безразмерном виде для определения глубины реза с учетом его прочности на одноосное сжатие, оптимального расстояния между срезом сопла и поверхностью продукта, гидравлических параметров гидроструи, скорости перемещения струи и расхода абразивного материала запишется в следующем виде:

$$\frac{h}{d_o} = c \cdot \left(\frac{\Delta P_o}{\sigma_{\text{сж}}} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{V_o}{V_n} \right)^\beta \cdot \left(\frac{Q}{Q_{\text{вод}}} \right)^\gamma \cdot \left(\frac{l_o}{l_{\text{онт}}} \right)^\delta,$$

где $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – постоянные коэффициенты; Q – расход абразива, кг/с; $Q_{\text{вод}}$ – расход воды, кг/с.

Теоретически полученная зависимость позволяет связать основные фундаментальные переменные процесса гидроабразивного резания пищевых продуктов, что в дальнейшем позволит подобрать оптимальные режимы резания при минимальных энергетических, жидкостно-абразивных и временных затратах.