

функціонування, недосконалість або відсутність системи управління охороною праці, недодержання вимог законодавства про охорону праці під час виконання робіт підвищеної небезпеки та/або експлуатації устаткування підвищеної небезпеки, недоліки під час навчання безпечному виконанню робіт.

Окрім того, частими є події, пов'язані з психофізіологічними причинами: незадовільні фізичні дані або стан здоров'я; алкогольне, наркотичне, токсикологічне сп'яніння; помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важкість і напруженість роботи та ін.

Із досвіду проведення розслідувань у галузі харчової та переробної промисловості доволі частими є випадки травмування верхніх кінцівок. До настання таких подій найчастіше призводить особиста необережність працівників, які нехтують правилами охорони праці. Проте нерідко трапляються випадки, пов'язані з потраплянням кінцівок під дію рухомих та обертових частин виробничого обладнання, не оснащеного достатніми засобами захисту.

Наслідки таких подій зазвичай тяжкі: множинні переломи, травматична ампутація фаланг пальців чи навіть кінцівок.

Недосконалість виробничого обладнання, його невідповідність нормативно-правовій базі України з охорони праці є основними причинами тяжких травм, які можуть призвести до часткової чи повної втрати працездатності працівника, а також до притягнення роботодавця до відповідальності за статтями 271 та/або 272 Кримінального кодексу України.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВОДОПОЛІМЕРНОГО РІЗАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Погребняк А.В., д-р техн. наук, доц.

Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг

Погребняк В.Г., д-р техн. наук, проф.

Перкун І.В., канд. техн. наук, доц.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуті питання, що стосуються перспективи вдосконалення процесу різання харчових продуктів водополімерним струменем шляхом реалізації осцилюючого режиму формування водополімерного струменя, а також охолодженням водополімерного струменя до температури нижче 0 °С парами рідкого азоту.

Під час деформації полімерних систем, у нашому випадку водного розчину ПЕО, зміни величини деформації ε і напруження σ відбуваються на різних фазах. Кут δ' , що характеризує цю різницю, є складною функцією частоти дії ω' . Деформація в нашому випадку виникла під дією напруження, що змінюється згідно із законом:

$$\sigma(t) = \bar{\sigma} + \sigma_0 \exp(i \omega' t), \quad (1)$$

де $\bar{\sigma}$ – стаціонарне напруження; t – час.

Враховуючи, що $\sigma(t) = \sigma_0 \cos \omega' t$, $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos(\omega' t - \delta')$, і виключаючи час із цих рівностей, одержимо рівняння:

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^2 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)^2 = \varepsilon^2 \delta' + \left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right) \cdot \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right) \cos \delta'. \quad (2)$$

Вираз (2) є рівнянням еліпса, площа якого дорівнює роботі A_0 , що здійснюється за цикл гармонічних коливань і незворотно втрачається (дисипується) під час деформації. Тоді функція дисипації W обчислюється як добуток A_0 на число циклів за одиницю часу:

$$W = A_0 \frac{\omega'}{2\pi} = \frac{\varepsilon_0 \sigma_0 \omega'}{2} \sin \delta'. \quad (3)$$

Із виразу (3) видно, що дисипативна функція за однакових умов деформації залежить лише від характеристик полімеру, що виражаються значенням δ' .

Змінюючи напруження за гармонічним законом, можна стежити за зміною швидкості деформації $\dot{\varepsilon}$. Остання пов'язана з деформацією таким чином:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt} = \varepsilon_0 i \omega' \exp [i(\omega' t - \delta')] = i \omega' \varepsilon. \quad (4)$$

Величина відношення $\sigma/\dot{\varepsilon}$ є комплексною динамічною в'язкістю η^* . Цю величину можна подати у вигляді різниці дійсної та уявної компонент:

$$\eta^* = \eta' - i\eta'', \quad (5)$$

$$\text{де } \eta' = \left(\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0 \omega'}\right) \sin \delta', \quad \eta'' = \left(\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0 \omega'}\right) \cos \delta'.$$

Увівши у співвідношення (3) η' , яке зазвичай називають динамічною в'язкістю, і здійснивши перетворення, отримаємо

$$W = \eta' \frac{\varepsilon_0^2 \cdot \omega'^2}{2}. \quad (6)$$

Динамічна в'язкість проявляється в системі під час деформації, а приріст ефективної в'язкості $\Delta\eta_{\text{еф}}$ в умовах накладення на основну течію дії гармонічних коливань можна пояснити привнесенням величини η' . Оскільки під час експерименту амплітудне значення величини деформації ε_0 залишалося постійним, можна скористатися скейлінгом і переписати вираз (6) у вигляді:

$$W \approx \Delta\eta_{\text{еф}} \cdot \omega'^2. \quad (7)$$

Аналіз кривих дисипативної функції, отриманих із виразу (7) для експериментальної залежності $\Delta\eta_{\text{еф}}/\eta_{\text{еф}}$ від ω' , показує, що з підвищенням середньої швидкості витікання у водному розчині ПЕО збільшується частка макромолекул (через наявність молекулярно-масового розподілу), які зазнали більшого розгортання і набули наведеної жорсткості, тому дисипація пульсаційної течії зменшується. Порогові значення частоти, починаючи з яких течія стає помітно дисипативною, для менш «гнучких» і витягнутих макромолекул зростає. Зі збільшенням наведеної жорсткості макромолекул дисипативна крива набуває більш вираженого (екстремального) вигляду. Як бачимо з отриманих даних, осцилююче формування водополімерного струменя повинне забезпечувати більшу, ніж за стаціонарного режиму, його різальну здатність.

Експериментальне вивчення впливу частоти осцилюючого режиму формування струменя водного розчину ПЕО на глибину розрізу харчового продукту проводилося з використанням гідрорізальної установки, забезпеченої електромеханічним клапаном для періодичного переривання струменя. Порівнюючи дані таблиці 1, зробили висновок, що більшу різальну здатність має струмінь водного розчину ПЕО в режимі осцилюючої течії.

Таблиця 1

Глибина різання замороженої свинини водяним і водополімерним струменями ($M_{\text{ПЕО}} = 6 \cdot 10^6$, $C_{\text{ПЕО}} = 0,002\%$, $\Delta P_0 = 100$ МПа, $d_{\text{соп}} = 0,35 \cdot 10^{-3}$ м, $V_{\text{п,с}} = 15 \cdot 10^{-3}$ м/с, $t = -25$ °С, $I_0 = I_{\text{опт}}$)

Глибина розрізів $h \cdot 10^3$, м			
Струмінь води	Осцилюючий водяний струмінь	Струмінь водного розчину ПЕО	Осцилюючий водополімерний струмінь
104	110	157	184

Таким чином, проведені досліди підтвердили передбачене з теорії ефектів пружних деформацій в умовах течії з розтягом розчинів полімерів: різальна здатність водополімерного струменя в осцилюючому режимі його формування суттєво підвищується.

Також побудовано схему процесу деградації водних розчинів ПЕО, що дало змогу виявити фізико-хімічну поведінку макромолекул в умовах складних гідродинамічних полів і намітити шляхи підвищення ефективності використання різання харчових продуктів водополімерним струменем.

Експериментальне вивчення впливу температури водополімерного струменя на глибину розрізу проводилося на зразках яловичини за температури $t = -25$ °С, тиску води ΔP_0 40, 100 і 150 МПа, діаметра сопла $d_{\text{соп}} 0,35 \cdot 10^{-3}$ м і швидкості переміщення гідроструменя відносно зразка замороженого м'яса $V_{\text{п,с}} 15 \cdot 10^{-3}$ м/с. Аналіз отриманих експериментальних результатів свідчить, що вдосконалення процесу різання харчових продуктів із використанням водополімернольодових струменів, у яких роль абразиву відіграють частинки льоду, що утворюються у процесі охолодження струменя водного розчину ПЕО парами рідкого азоту, що подається в коліматор, дає можливість збільшити глибину розрізу на 25–35%. Однак при цьому погіршуються гідродинамічні параметри струменя і збільшується ширина розрізу.