

УДК 664.013

О.В. Закалов, А.І. Бортник

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕФЕКТИВНИЙ РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ М'ЯСА

У статті запропонована методика аналітичної оцінки силових і енергетичних показників подрібнення різання м'яса.

Ключові слова: *різання м'яса, ніж, кут загострення, сили різання, оптимізація.*

Постановка проблеми. У складі агропромислового комплексу України м'ясопереробна промисловість є однією з ведучих галузей.

Значний об'єм серед готових до споживання м'ясопродуктів займають ковбасні вироби. Під час приготування фаршу для ковбас м'ясо піддають інтенсивному ручному і машинному обробленню. Ряд конструкцій подрібнюючих машин запозичений з інших галузей промисловості, де необхідне подрібнення, наприклад, мінеральної сировини [1-3].

Інтенсивна механічна дія робочих органів подрібнюючих машин на сировину призводить до втрати властивостей м'яса і навіть до його фізико-хімічної деструкції [3, 4]. М'ясний фарш, отриманий за допомогою таких машин, має рихлу консистенцію, спонукає жирowo-водяні підтікання в батонах при термічній обробці, а готовий продукт має незадовільні органолептичні показники. Тому при конструюванні подрібнювальних машин потрібно враховувати біологічне походження м'яса і його складну фізико-хімічну будову. У зв'язку з цим робочі органи різальних машин повинні мати геометричні параметри і забезпечувати такі режими подрібнення, які б не впливали на хімічний склад сировини і подрібнювали її високоякісно, з необхідним ступенем дисперсності та з мінімальними затратами енергії.

Значна частина енергії, яка витрачається на процес подрібнення, розсіюється в продукті і перетворюється у теплоту, яка провокує зміни властивостей фаршу. Білки м'ясного фаршу частково денатуруються, що негативно впливає на якість готового продукту [3,5]. Тому розробка подрібнюючих машин має проводитись на підґрунті детальних досліджень процесів різання м'яса з урахуванням діючих силових та енергетичних показників.

Мета досліджень – полягає в аналітичній оцінці енергетичних показників вільного різання м'яса і визначення напрямів подальшого удосконалення робочих органів подрібнюючих машин для зменшення енергоспоживання і забезпечення високої якості фаршу.

Аналіз останніх досліджень процесів різання м'яса [1, 3-6] показує, що більшість з них направлені на оптимізацію загальних енергетичних показників процесу для конкретних умов роботи подрібнюючих інструментів. Разом з тим встановлено [1, 3-5], що складний процес різання продуктів можна розділити на ряд більш простих: руйнування структури сировини, деформування продукту в зоні різання, тертя інструментів між собою і по сировині та ін. Детальне вивчення основних елементарних складових процесу різання сприятиме поглибленню знань в області біологічної сировини і більш цілеспрямованій роботі над створенням та удосконаленням різальних машин з метою впровадження енергозберігаючих технологій приготування високоякісних фаршів для ковбас.

Відмічено три основні періоди кутерування, в яких структурно-механічні властивості фаршу і готових виробів (наприклад, граничне напруження зсуву сирого фаршу і граничне напруження зрізу виробів після термічної обробки) зазнають зміни. У початковому періоді подрібнення розмір частинок зменшується незначно. Додана в кутер вода перемішується з частинками продукту, утворюючи навколо них товсті прошарки; граничне напруження, зсуву в кінці цього періоду має мінімальне значення. В основному періоді відбувається інтенсивне подрібнення сировини, загальна поверхня частинок збільшується, волога з вільної переходить в поверхнево-зв'язану, утворюється нова структура фаршу. Граничне напруження зсуву досягає максимального значення. Надалі має місце деяке "розмолочування" волокон, граничне напруження зсуву зменшується. Підвищення температури, збільшення ступеня диспергування і аерація фаршу, а також емульгування жиру приводять до вторинного структуроутворення фаршу; одночасно відбуваються колоїдно-хімічні зміни [6, 7].

Конструктивною особливістю подрібнюючого механізму сучасних кутерів є наявність швидкохідного ножового пристрою з комплектом серпоподібних ножів, які можуть бути з декількома

ріжучими кромками. Як показали дослідження А.І. Пелєєва, Г.В. Бакунца, Г.Е. Лімонова і ін., форма ножів і швидкість їх обертання істотно впливають на процес кутерування і якісні показники фаршу. Порівняльні випробування серпоподібних і прямих ножів, проведені Г.В. Бакунцем у виробничих умовах при кутеруванні яловичого м'яса вищого, I і II сортів, заздалегідь подрібненого на волчку через решітку з отворами діаметром 3 мм, визначили переваги прямих ножів. Темп зростання температури фаршу вищого сорту знижувався на 25 %, I сорту – на 15 %, II сорту – на 11 % в порівнянні з темпом зростання температури при кутеруванні серпоподібними ножами. Витрата електроенергії зменшувалася в середньому на 17 % [6].

При кутеруванні ножами прямої і серпоподібної форми з двома ріжучими кромками при частоті обертання ножового валу 1500 хв^{-1} фарш і виготовлені з нього зразки ковбас мали кращі реологічні і органолептичні показники. Енергетичні витрати на кутерування прямим і серпоподібним ножами з двома ріжучими кромками на 10% нижчі за енергетичні витрати на кутерування звичайним серпоподібним ножем. У той же час в окремих експериментах дослідниками були отримані фарш і готова продукція з кращими реологічними властивостями при кутеруванні фаршу серпоподібним ножем з двома ріжучими кромками і при частоті обертання 1500 хв^{-1} , ніж при кутеруванні прямим ножем, при однаковій витраті потужності. Із збільшенням швидкості різання підвищується вплив форми ріжучих інструментів на реологічні, енергетичні і інші показники фаршу та готової продукції. Хороша якість подрібнення і зниження витрати енергії відмічена при роботі серпоподібних ножів з чотирма ріжучими кромками, виконаними під певними кутами, в порівнянні з ножами звичайної серпоподібної форми. Дослідження реологічних властивостей фаршу при різній швидкості різання ножів кутера і тривалості кутерування показали, що із зростанням швидкості різання підвищується в'язкість фаршу. При цьому загальна витрата енергії на подрібнення не збільшувалася за рахунок скорочення тривалості кутерування. Максимальна в'язкість і найкраща якість (за органолептичною оцінкою) були у фаршу, кутерованого 2 хв при частоті обертання ножів 3000 хв^{-1} [7, 8].

У результаті проведених теоретичних досліджень математичної моделі процесу подрібнення у кутері за допомогою ЕОМ [8] стало відомо, що виконання кутерних ножів з бічними отворами, які значно зменшують площу контакту бічної поверхні ножа з фаршем, покращує реологічні характеристики продукції, зменшує нагрівання фаршу та призводить до зменшення енергоспоживання. Однак, як відомо, у результаті значних швидкостей та навантажень, які діють на кутерні ножі, їх довговічність незначна. Постійні переточування ножів призводять до потоншення робочих поверхонь і передчасного виходу з ладу. Використання бічних отворів у ножів ще більше ослаблює конструкцію та зменшує їх довговічність, що вимагає використання більш міцних легированих сталей з використанням особливої термічної обробки ріжучих кромок.

Результати дослідження. Врахувавши всі вищенаведені висновки досліджень запропоновано конструкцію двостороннього кутерного ножа [9] (рис. 1). В основу винаходу покладено задачу розширити універсальність та підвищити якість подрібнення, зменшити енергоспоживання при подрібненні сировини за рахунок того, що задня неробоча кромка ножа виконана аналогічно, як і ріжуча кромка.

Таке технічне рішення дає можливість використовувати ножі більш тривалий період без переточування. Тобто, при затупленні ріжучої робочої кромки ножів оператор кутера перевстановлює їх іншою стороною і неробоча задня кромка використовується як робоча. Крім того, більшість кутерів на сьогодні можуть працювати у режимі реверсу двигуна. У такому випадку перевстановлення ножів не потрібне. Вказане технічне рішення дає можливість збільшити довговічність ножів кутера як мінімум вдвічі.

Використовуючи дані [10, 11] пропонується ще більше підвищити довговічність і ремонтпридатність ножа. Новий ніж також є двостороннім, що дозволяє проводити обробку більш широкого асортименту м'ясосировини та підвищує його довговічність (рис. 2).

Ніж містить лезо серпоподібної форми, виконаний складеним з щільно прилеглих і таких, що копіюють форму одна одної, трьох пластин однакової товщини. Пластини утворюють на серпоподібній поверхні ножа ріжучу площину із загальним кутом нахилу і сполучені між собою по контуру потайними заклепками. Одна кромка ножа виконана у формі опуклої назовні логарифмічної спіралі, а інша – у формі спіралі Архімеда. Також, на бічній поверхні ножа виконані профільні отвори. Менші пластини виготовлені зі сталі твердістю HRA 48-50 і ударною в'язкістю $19-25 \text{ Дж/см}^2$, а найбільша пластина – зі сплаву твердістю HRA 65-68 та ударною в'язкістю $85-95 \text{ Дж/см}^2$. Це дозволяє підвищити довговічність і ремонтпридатність ножа кутера, розширити його універсальність [11].

Для вивчення впливу силових факторів на такий ніж за допомогою ЕОМ створено 3D-модель ножа для кутера з двома ріжучими кромками, нахиленими під кутом одна до іншої, виконаними по спіралі Архімеда та логарифмічній спіралі. Крім того ніж виконано з бічними отворами. Використовуючи програмний продукт Cosmos виконано комплексний аналіз конструкції ножа (випробування на поздовжній згин при динамічних навантаженнях, витривалість, ударну в'язкість). Матеріал ножа – сталь 40ХН3.

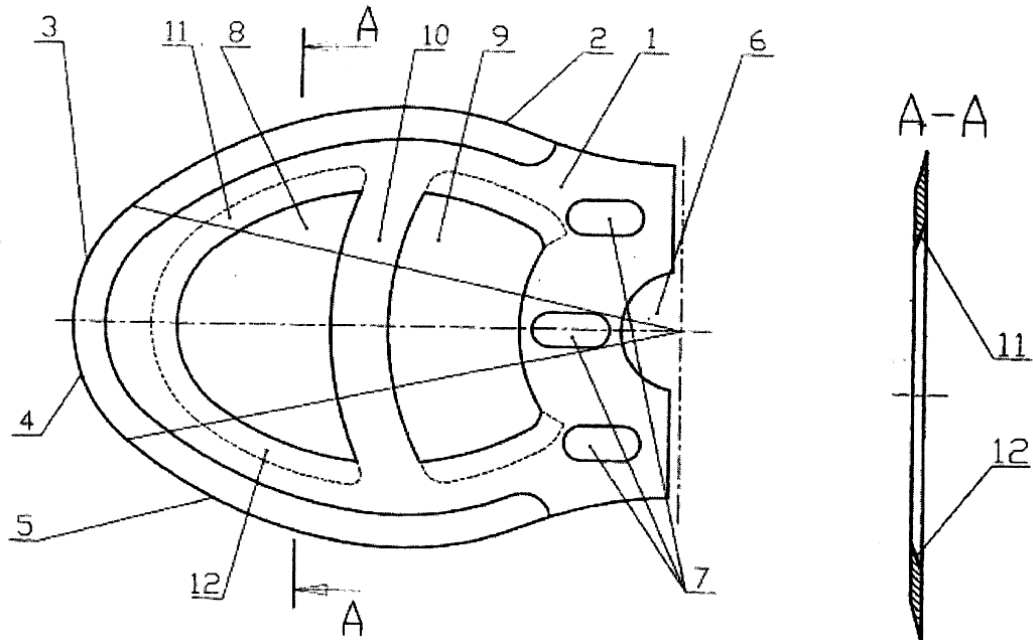


Рис. 1. Двосторонній ніж кутера з двома ріжучими кромками, бічними отворами, розділеними перемичкою, виконаною за радіусом обертання: 1 – пластина ножа; 2, 3, 4, 5 – ріжуча кромка; 6, 7 – отвори для кріплення ножа у ножовій головці; 8, 9 – бічні отвори; 10 – перемичка; 11, 12 – загострені кромки бічних отворів.

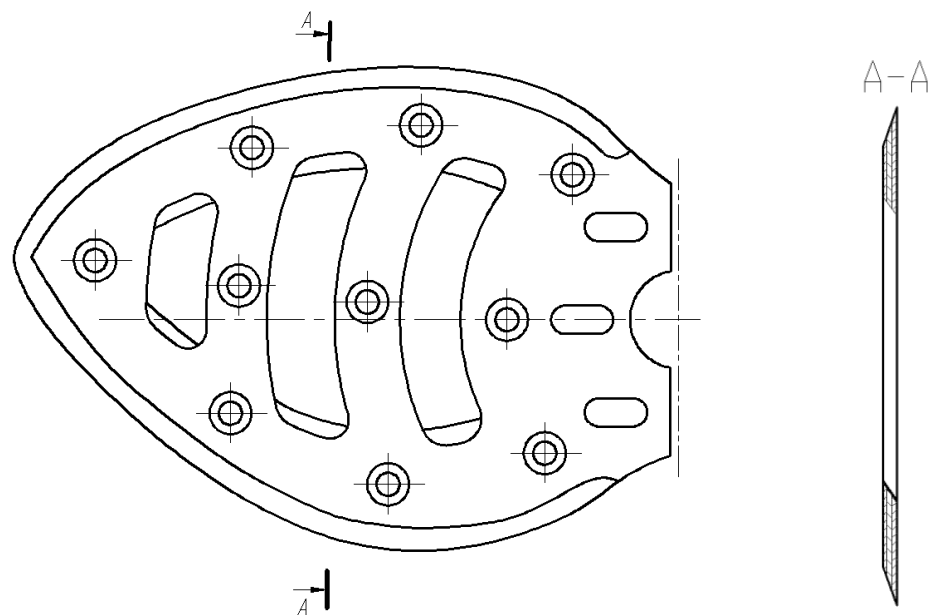


Рис. 2. Двосторонній ніж для кутера

На рис. 3 і рис. 4 зображено епюри розподілу напружень у матеріалі ножа в чорно-білих тонах (світліший відтінок відповідає більшому напруженню) при роботі в аверсному та реверсному

режимі відповідно. Умовний розподіл напружень в матеріалі ножа при навантаженні силовими факторами, які виникають при роботі у кутері показує, що максимальні напруження не сконцентровані на ріжучій кромці та на задній поверхні ножа (як це було у односторонніх ножів [5]), а більш-менш рівномірно розподілені.

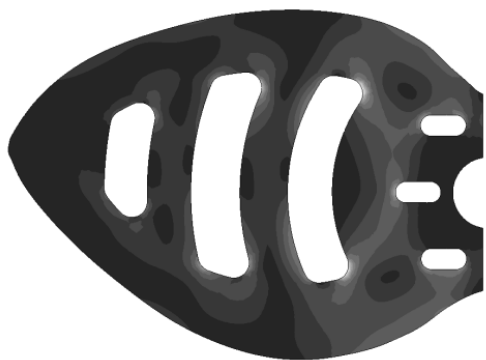


Рис. 3. Розподіл напружень у матеріалі ножа (робота в аверсному режимі)

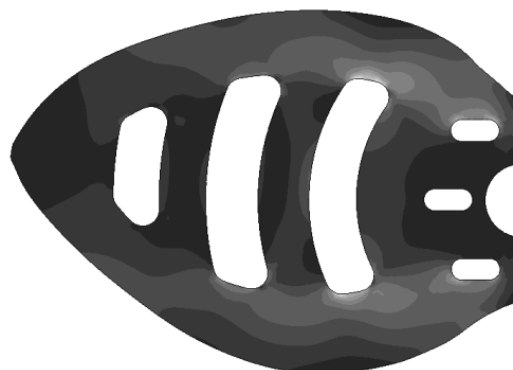


Рис. 4. Розподіл напружень у матеріалі ножа (робота в реверсному режимі)

Висновки

Запропонована конструкція ріжучого інструменту для кутера, незважаючи на деяку складність виготовлення є значно довговічнішою від традиційних моделей ножів. Водночас використання бічних профільних отворів зменшує енергоспоживання та нагрівання фаршу.

Використання вказаних ножів при експлуатації кутерів дасть суттєву економію енергії на підприємстві і покращить якість готового продукту.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі. У подальшому планується експериментальне дослідження вказаних ножів на дослідній установці періодичної дії. Дослідження міцності та довговічності буде проводитись також у реальних виробничих умовах на промислових кутерах періодичної дії. Тривала експлуатація ножів з частим переточуванням в умовах виробництва дозволить найбільш точно оцінити основні тези теоретичного дослідження та внести відповідні корективи у конструкцію робочих органів.

1. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / А.И. Пелеев. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 519 с.
2. Гольберг И.И. Механическое поведение полимерных материалов / И.И. Гольберг. – М.: Химия, 1970. – 190 с.
3. Технологія м'яса і м'ясних продуктів: підручник / М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін.; за ред. М.М. Клименка. – К.: Вища освіта, 2006. – 640 с.
4. Віннікова Л.Г. Теорія і практика переробки м'яса / Л.Г. Віннікова. – Ізмаїл: СМНЛ, 2000. – 172 с.
5. Корнюшко Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий. Справочник / Л.М. Корнюшко. – М.: Колос, 1993. – 304 с.
6. Закалов О.В., Бортник А.І. Універсальний енергозберігаючий ніж для кутерів періодичної дії. Журнал Вісник ТДТУ. – №1, 2004.
7. Иванов В.И. и др. Новые режущие устройства куттеров. – М.: Колос, 1986. – 328 с.
8. Клименко М.М., Горбатов А.В. Технологическое оборудование для тонкого измельчения мяса. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 236 с.
9. Закалов О.В., Бортник А.І. Дослідження процесу подрібнення м'яса у ножовому подрібнювачі періодичної дії. Вісник СНУ ім. В. Даля. – Луганськ – Лівадія: Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, 2008.
10. Закалов О.В., Бортник А.І. Циць В.М. Декларційний патент на корисну модель. Ніж для кутера. №20041210970, кл. В02С18/20 від 05.03.2005 року.
11. Закалов О.В., Бортник А.І. Декларційний патент на корисну модель. Ніж для кутера. №2005121187, кл. В02С18/20 від 08.04.2006 року.