

**Стечишин М. С.,  
Лук'янюк М. В.,  
Лук'янюк М. М.**

Хмельницький національний університет,  
м. Хмельницький, Україна  
E-mail: Adm\_MV@ukr.net

## РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ОСНАСТКИ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ КОМПЛЕКТУ НОЖІВ КУТЕРА АЗОТУВАННЯМ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ

УДК 621.78/(66.088+537.52+66.046)

На основі аналізу літературних джерел та практики експлуатації м'ясоподрібнюючих машин на м'ясопереробних підприємствах Хмельниччини, запропоновано новий спосіб підвищення різальних властивостей ножів і решіток кутерів та вовчків шляхом модифікації азотуванням в тліючому розряді. Спроектована необхідна оснастка для модифікації комплекту ножів кутера та проведено процес азотування в тліючому розряді за оптимальними режимами процесу. Подальші випробування модифікованого комплекту ножів кутера в умовах виробництва показали високу ефективність запропонованого методу модифікації.

**Ключові слова:** азотування в тліючому розряді, ножі кутерів і вовчків, оснастка, підвіска, зносостійкість.

### Вступ

На м'ясопереробних підприємствах України різних форм власності використовується велика кількість різноманітного обладнання вітчизняного і закордонного виробництва значну частину якого складають м'ясоподрібнюючі машини – вовчки та кутери. Вовчки використовуються для середнього і дрібного, а кутери - для тонкого подрібнення м'ясної сировини і перетворення її в однорідну гомогенну масу.

Надійність і довговічність роботи м'ясоподрібнюючих машин, а також якість отриманого в результаті їх застосування продукту у значній мірі залежить від ріжучих характеристик та зносостійкості ножів і решіток. Аналіз літературних джерел [1] та обстеження діючих м'ясопереробних підприємств Хмельниччини показав, що зносостійкість ножів і решіток недостатньо висока, а вибір матеріалів і їх термообробка на спеціалізованих підприємствах не завжди є науково обґрунтованим. Так, наприклад, в результаті обстеження встановлено, що сумарний знос ножів вовчків К7-ФВП-160-1 з двох сторін, при двозмінній роботі (4...6 годин машинного часу) складав 32...46 мкм, а знос решітки біля 10 мкм.

Для виготовлення ножів і решіток м'ясоподрібнюючих машин проектні організації і підприємства-виробники рекомендують і використовують сталі: Ст 2, Ст 3, 20 з наступною цементацією і гартуванням; сталі 45, 60, У7А, У10А, ШХ15, Р18ВФ2, ХВГ, Х12М та ін. з термообробкою до твердості HRC 45...60 [1]. Очевидно, що такі загальні рекомендації не враховують умов експлуатації м'ясоподрібнюючих машин залежно від розроблених нових технологій отримання сучасної продукції м'ясної індустрії, що передбачають підвищені вимоги до експлуатаційних параметрів обладнання: швидкості відносного ковзання; нормального тиску; допустимої температури в зоні подрібнення продукту; корозійної складової руйнування при корозійно-механічному зношуванні ножів і решіток і т. ін. Очевидно, також, що експлуатаційні параметри мають значний вплив на зносостійкість різального комплексу, їх різальну здатність і, як наслідок, на якість подрібненого продукту. При різанні м'ясної продукції тупим різальним інструментом відбувається зминання м'яса, яке супроводжується вичавлюванням м'ясного соку, що кардинально змінює якість отриманого продукту. Вплив геометричних параметрів ножів і решіток, їх конструкції, форми ріжучої крайки, термообробки, заточки ріжучого леза, шорсткості робочих поверхонь на зносостійкість ріжучого вузла, а в результаті і на якість продукту достатньо широко висвітлені в роботах [1, 2, 3, 4].

Швидкість зношування і затуплення ножів та решіток також залежить від виду і якості сировини, вмісту в ній хімічно і поверхнево-активних речовини (ПАР) [5].

Найбільш розповсюдженим методом підвищення зносостійкості різальних комплектів м'ясоподрібнюючих машин, як показує аналіз літературних джерел та практика експлуатації, є підбір матеріалів пар тертя (ніж-решітка) та їх термообробка: цементация [6]; поверхневе гартування із застосуванням струмів високої частоти [6]; пічне азотування [7].

Разом з тим, роботи Лук'янюка М. В. [3] вказують на високу ефективність застосування модифікації ріжучого інструменту вовчків та кутерів азотуванням в тліючому розряді. Останнім часом азотування в тліючому розряді набуває все більшого розповсюдження і стає універсальним методом модифікації сталевих поверхонь. Ця теза підтверджується тим, що означена технологія може застосовуватись як для деталей, котрі складають в машинах пари тертя, так і для інструменту, призначеного для обробки різних матеріалів (металів, деревини, мінералів, а також сировини та продуктів харчової промисловості). Окрім завдань підвищення зносостійкості, поверхневої міцності даний спосіб модифікації у значній мірі

забезпечує підвищення корозійної стійкості та забезпечує високі фізико-хімічні властивості [5], а також практично не впливає на геометричні розміри ножів, оскільки температура насичення не перевищує 873 К [9].

### Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є розробка конструкції оснастки для азотування комплекту ножів кутера із забезпеченням надійного струмопідведення, запобігання дугоутворення та отримання поверхневих шарів з наперед заданими експлуатаційними характеристиками [10].

### Виклад матеріалів досліджень і розробок

Виходячи з технологічних можливостей обладнання для азотування деталей та інструменту в тліючому розряді (потужність розряду, об'єм і габарити розрядної камери, забезпечення стабільності технологічних параметрів процесу), та необхідності забезпечення можливості модифікації різних за типорозмірами комплектів ножів з врахуванням особливостей процесу азотування, розробка конструкції оснастки має особливе значення і вимагає індивідуального підходу в кожному окремому випадку. Як правило, в кожному конкретному випадку, для кожного типу деталей або інструменту проектується своя оригінальна оснастка, яка б забезпечувала надійне закріплення, рівномірне розміщення деталей в просторі камери, надійну передачу струму живлення розряду, виключення додаткових концентраторів напруги. Необхідно врахувати і те, що підвіска разом з ножами являється одним із електродів розрядної камери [8, 9, 10].

Розробка конструкції оснастки для азотування комплекту ножів кутера Л5-ФК6, як одного із поширених на м'ясопереробних підприємствах середніх масштабів виробництва, виконувалась саме з урахуванням вище приведених особливостей, а також конструкції ножового вала кутера та способу кріплення на ньому робочого комплекту ножів (рис. 1).

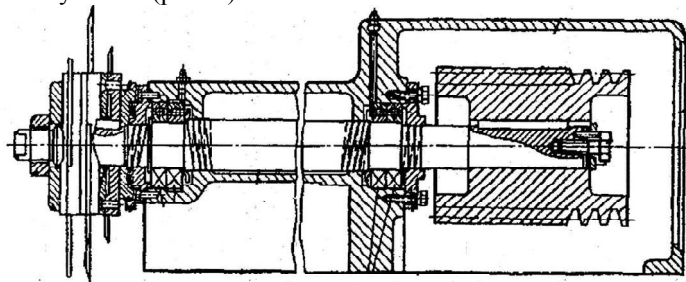


Рис. 1 – Вал ножовий кутера Л5-ФК Б в зборі

В результаті спроектовано оснастку для азотування комплекту кутерних ножів у вигляді підвісної конструкції з центральним стержнем, на якому радіально закріплюється комплект ножів. Ножі на підвісці розміщені таким чином щоб рівномірно охопити простір камери з дотриманням оптимальних зазорів між катодом і анодом та між окремими елементами конструкції, створюючи однакові умови їх позиціонування в електричному полі, виключаючи при цьому наявність щілин невеликих розмірів (0,5...2,0 мм), отворів, гострих виступів, які могли б виступати концентраторами напруження і створювати дестабілізуючий вплив на процес тліючого розряду та забезпечити надійність струмопередачі від джерела до катоду (в даному випадку оснастки разом з комплектом ножів).

Конструкція ножа кутера Л5-ФК Б представлена на рис.2. Комплект однієї машини складається із шести ножів. При роботі кутерної машини ножовий вал обертається з частотою 1500...5000 хв<sup>-1</sup>, що накладає особливі вимоги до точності виготовлення ножів, їх комплектування, та балансування перед робочим пуском.

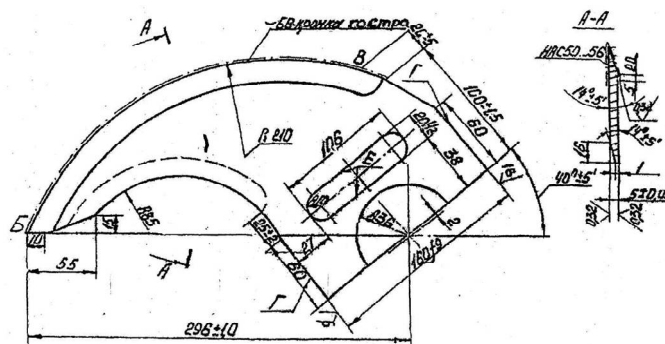


Рис. 2 – Нож кутера Л5-ФК Б

Передбачається розміщувати ножі на вертикальному стержні горизонтально, використовуючи для закріплення технологічні отвори, що обумовлені конструкцією ножа (рис. 2.). Технологічний отвір в конструкції ножа має складну форму у вигляді канавки для призматичної шпонки з округленими торцями. Для забезпечення стабільності розряду, даний отвір потрібно заглушити спеціальною заглушкою у вигляді призматичної шпонки з округленими торцями (рис. 3, а). Закріплення ножів з забезпеченням рівномірної відстані між ними для стабільності тліючого розряду забезпечується спеціальними гайками (рис.3, б), які одночасно забезпечують рівномірну відстань між площинами ножів в вертикальному напрямку. В конструкції підвіски також передбачається наявність спеціальної мішені циліндричної форми стандартних розмірів (рис.3, в), яка необхідна для проведення пірометричного контролю температури ножів.

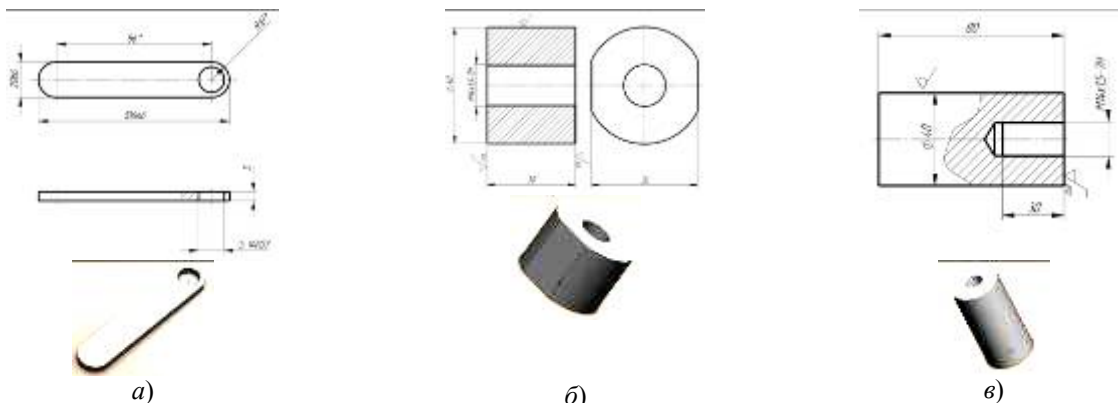


Рис. 3– Конструктивні елементи підвіски

В цілому оснастка разом з комплектом ножів представляє собою підвіску, що базується на вертикальному стержні, який одночасно служить провідником струму до катода, в ролі якого виступає вся підвіска разом з комплектом ножів.

При цьому конструкція пристрою дозволяє здійснювати розміщення і закріплення ножів на підвісці в двох варіантах, що відкриває можливість пошуку оптимального варіанту базування деталей в електричному полі тліючого розряду. Запропонована конструкція дозволяє змінювати кількість ножів, нарощуючи конструкцію в вертикальному напрямку.

Реалізація процесу азотування комплекту ножів кутера в тліючому розряді здійснювалася на установці азотування в тліючому розряді УАТР-63 Подільського наукового фізико-технологічного центру Хмельницького національного університету [9, 10].

Розрахунок енергетичних параметрів процесу азотування комплекту ножів кутера в тліючому розряді зводиться до розрахунку об'єму садки, який полягає у визначенні кількості ножів, що можуть бути завантажені в камеру установки для одночасної обробки. Кількість ножів залежить від номінальної потужності розряду, питомої потужності та сумарної площі підвіски разом з комплектом ножів які разом складають одну садку.

Площа поверхні ножа розраховується за його геометричними розмірами, з врахуванням коефіцієнту технологічного запасу обумовленого складною геометричною формою ножа.

Максимальна кількість ножів, виходячи з потужності розряду та питомої потужності може бути визначена за наступною формулою:

$$z_H = \frac{P_{ном}}{q \cdot A_H \cdot K_O}, \quad (1)$$

де  $P_{ном}$  - номінальна потужність розряду,  $P_{ном} = 63 \text{ кВт}$ ;  $q$  - питома потужність розряду,  $q = 0,8 \dots 0,9 \text{ Вт / см}^2$ ;  $A_H$  - площа поверхні ножа, яка при розрахунку її з врахуванням коефіцієнту технологічного запасу, становить  $856 \text{ см}^2$ ;  $K_O$  – коефіцієнт, який враховує втрати номінальної потужності розряду на оснастку ( $K_O=1,25$ ).

Тоді кількість ножів для одночасного завантаження в газорозрядну камеру становить  $z_H = 63 \cdot 10^3 / 0,9 \cdot 856 \cdot 1,25 = 65,4$ .

Виходячи з комплектності використання ножів на одній м'ясопереробній машині – 6 шт., кількість ножів однієї садки повинна бути кратною 6-ти.

Конструкція підвіски разом з комплектом ножів в кількості 6 шт., в двох варіантах складання підвіски, приведена на рис.4.



Рисунок 4. Підвіска для комплексу кутерних ножів в двох варіантах складання: а- закритий; б- розкритий

Виходячи із запасу по потужності розряду, можна зробити висновок, що запропонована конструкція підвіски дозволяє азотувати в тліючому розряді комплекти в кількості 6 штук ножів любой конструкції, а також дозволяє збільшувати число ножів однієї садки до 12, 18. Подальше збільшення кількості обмежується розмірами камери в вертикальному напрямку.

Виробничі випробування ножів кутерних азотованих за оптимальним режимом (температура процесу насичення  $T=793\text{K}$ ; склад суміші 75% азоту і 25% аргону; тиск в камері  $p=65\text{ Па}$ ; час насичення  $\tau = 4$  год) проведені на Хмельницькому м'ясокомбінаті показали підвищення їх зносостійкості з 20 до 80 год. роботи без перезаточки, а об'єм (ваговий) переробленої сировини для ліверних ковбас збільшився від 10 до 40 т. При переробці фаршу для виготовлення варених копчених ковбас відповідні показники становлять з 8 до 80 год і від 10 до 100 т. Тобто довговічність роботи ножів до перезаточки збільшилася в 4 рази при переробці сировини для ліверних ковбас і в 10 разів при переробці сировини для варених копчених ковбас. Зносостійкість (по масі переробленої сировини) збільшилася в 4 і в 8, 3...10 разів, відповідно.

### Висновки

Розроблена конструкція оснастки для проведення процесу модифікації комплексу ножів м'ясоподрібнюючих машин кутерного типу азотуванням в тліючому розряді з використанням установки УАТР-63. Конструкція оснастки дозволяє комплектацію ножів в закритому і розкритому варіантах складання, а також в трьох варіантах комплектації садки по кількості ножів (6, 12, 18).

Лабораторні та виробничі випробування показали високу ефективність застосування процесу модифікації азотуванням в тліючому розряді для підвищення різальних властивостей ножів кутера. Час роботи між перезаточками ріжучого леза при переробці сировини для ліверних збільшився в 4 рази, а при переробці сировини для варених копчених ковбас в 10 разів.

### Література

1. Прейс Г. А. Повшение износостойкости оборудования пищевой промышленности / Г. А. Прейс, Н. А. Сологуб, А. И. Некоз. – М.: Машиностроение, 1979. – 208 с.
2. Стечишин М. С., Лук'янюк М. В. Підвищення зносостійкості ріжучого леза ножів // Проблеми трибології :ХНУ – №3, 4. – 2005, – С 121 – 123.
3. Лук'янюк М. В. Шляхи інтенсифікації процесу подрібнення сировини м'ясопереробними машинами типу „вовчок” Вісник ХНУ. – 2008. - №2. – С. 190-193.
4. Кукшин В. К., Прейс Г. А., Некоз А. И. Износостойкость и режущие свойства ножей и решеток волчков, изготовленных из различных сталей. – Мясная индустрия СССР, 1971, №8, с.37–39.
5. Стечишин М. С. Довговічність деталей обладнання харчової промисловості при корозійно-механічному зношуванні. – Дис. д. т. н. Хмельницький, 1998. – 347 с.
6. Кузін О. А. Матеріалознавство та термічна обробка металів : підруч. / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. – Львів : ПТВФ «Афіша», 2002.–300 с.
7. Арзамасов Б. Н. Химико-термическая обработка в активированных газовых средах. – М.: Машиностроение, 1970. – 280 с.
8. Лахтин Ю. М., Коган Я. Д., Шапошников В. Н. Азотирование стальных деталей в тлеющем разряде. Технология производства, научная организация труда и управления. – М. : НИИМАШ, 1976, вып. 7. – с. 29-37.
9. Каплун В. Г. Ионное азотирование в безводородных средах /В. Г. Каплун, П. В. Каплун. – Хмельницький: ХНУ. – 2015. – 344 с.
10. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде.– Харьков : ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.

Поступила в редакцію 1.03.2017

**Stechyshyn M. S., Lukyanuk N. V. Lukjanuk N. M. The development of the equipment construction for the modification of cutter's set of knives by nitriding in glow discharge**

On the basis of literature review analysis and practice of meat cutting machines usage at the meat-processing enterprises of Khmelnytskyi region, the new method of improvement of cutting properties of knives and grids of cutters and choppers by nitriding modification in glow discharge was proposed. Necessary equipment for the modification of the knives' set of the cutter was designed and the nitriding process in glow discharge using the optimal modes of the process was carried out. Further testing of the modified set of knives in work conditions showed high effectiveness of the proposed method of modification.

**Keywords:** ion nitriding, knives cutter and tops, accessories, suspension, modification, wear resistance.

**References**

1. Preis, G. A. Povyshenie iznosostojkosti oborudovaniya pishchewoj promushlenosti / G. A. Preis, N. A. Sologub, A. I. Nekoz. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 208 p.
2. Stechyshyn M. S., Lukyanuk N. V. Pidwuchennja znosostijkosti rizuchoho leza noziw // Problems of tribology:– №3, 4. – 2005, – 121 – 123.
3. Lukyanuk M. V. Shljahu intensyfikacii procesu podribnennja syrowunu mjasopererobnumy mashunamy tipu "wowtchok". – 2008. - No. 2. – S. 190-193.
4. Kukshyn V. K., Preis, G. A., Nekos A. I. Iznosostoikost i rejushie swojstwa nojey i reshotok wolchkov, izgotowlenyh iz razlychnyh staley. – Myasnaja promyshlennost SSSR, 1971, No. 8, pp. 37–39.
5. Stechyshyn M. S. Dovgovichnist detaley obladnannia harchovoi promyslovosti pry korozijno - mehanichnomy znoshyvanni. Dis. Ph. D. Khmelnytsky, 1998. – 347 p.
6. Kuzin A. Materialoznavstvo ta termichna obrobka metaliv : proc. A. A. Kuzin, G. A. Yatsyuk. – Lviv : PTF "Bill", 2002.-300 S.
7. Arzamasov B. N. Himiko – termicheskaja obrabotka v aktivirovannyh gazovyh sredah. – M.: Mashinostroenie, 1970. – 280 p.
8. Lahctin Yu. M., Kogan Ya. D., Shaposhnikov V. N. Azotirovanie stalnyh detalej v tleushem razriade. Tehnologiya proizvodstva, nauchnajz organizaciya truda I upravlenija. – M. : NIIMASH, 1976, vol. 7. – S. 29-37.
9. Kaplun V. G. Ionnoe azotirovanie v bezvodorodnyh sredah / V. G. Kaplun, P. V. Kaplun. – Khmelnytsky: KhNU. – 2015. – 344 p.
10. Pastuhc, I. M. Teorija i praktika bezvodorodnogo azotirovanija v tleushem rozriade .– Kharkov : KIPT, 2006. – 364 p