На кафедрі технології машинобудування ОНПУ і кафедрі фізики і матеріалознавства ОНАХТ ведуться роботи із синтезу складів твердих технологічних мастил (ТТМ). Виконуються випробування і впровадження ТТМ на ряді машинобудівних підприємств України і Росії.

Література

1. Исаев А.И. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием. — М.: Гос. научн-техн. изд-во машиностр. лит-ры, 1950. – 358 с.
2. Новиков Н.В., Клименко С.А., Копейкина М.Ю. Исследование контактного взаимодействия в зоне резания – основа совершенствования режущих инструментов / Вестник национ. технич. ун-та Украины "КПИ". Машиностроение. – К.: НТУУ "КПИ", 2007. – 52. – С.221-233.
3. Ларшин В.П., Грисенко Е.В., Макаров В.Ф. Проблеми застосування мастильно-охолоджуючих технологічних засобів у техніці й технології / Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: материалы научн.-техн. конф., 30 сентября – 1 октября 2008 г., г. Одесса. – Киев: АТМ Украины 2008. – С. 47-50.
4. Радин Ю.А., Суслов П.Г. Безызносность деталей машин при трении. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989. – 229 с.

УДК 637.5.02

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НОЖІВ КУТЕРА ПЛАЗМОВО-ДЕТОНАЦІЙНИМ ЗМІЦНЕННЯМ

Некоз О.І., д-р техн. наук, професор
Національний університет харчових технологій, м. Київ
Осипенко В.І., д-р техн. наук, професор, Батраченко О.В.
Черкаський державний технологічний університет

В статті представлено результати експериментальних досліджень підвищення зносостійкості ножів кутера методом плазмово-детонаційного зміцнення. Виконано огляд відомих способів підвищення зносостійкості ножів кутера, визначено їх недоліки, визначено, що перспективним є застосування з цією метою плазмово-детонаційної обробки. Встановлено, що застосування даного методу дозволяє підвищити довговічність ножів у 2-2,2 рази. Визначено оптимальні режими обробки ножів кутера даним технологічним методом.

In the article the results of experimental researches of increase of wear proof of knives are represented by the cutter the method of the plasma-detonation strengthening. The review of the known methods of increase of wear proof of knives of cutter is executed, their failing are certain, it is certain, that application to that end of plasma-detonation treatment is perspective. It is set, that application of the given method allows to advance longevity of knives in 2-2,2 times. The optimum modes of treatment of knives are certain by the cutter given technological method

Ключові слова: ножі кутера, підвищення зносостійкості, плазмово-детонаційне зміцнення.

Актуальність проблеми.

Підвищення довговічності різального інструменту м'ясопереобної промисловості продовжує залишатись актуальною задачею. Особливо це стосується ножів кутерів, що обумовлено малим періодом їх стійкості та високою вартістю [1,2]. Доцільним є розробка такого методу підвищення довговічності, що матиме високу ефективність та буде придатний до широкого промислового використання.

Огляд попередніх досліджень.

Дослідженню питань підвищення довговічності ножів кутера присвячено значну кількість наукових робіт [3]. Загально прийнятим та широковживаним методом є хіміко-термічна обробка різальних кромок ножів. Так після одно- та двофазного борування було відмічено підвищення довговічності у 2,8-4,7 рази. Іншим методом – азотуванням - було досягнуто підвищення довговічності у 1,7 разу, а хромуванням – у 2-3 рази. Не дивлячись на переваги хіміко-термічної обробки (простота технічного оснащення), ці методи володіють суттєвими недоліками – великі витрати енергії та часу, також – недостатнє підвищення довговічності різальних кромок та значне збільшення їх крихкості.

Досліджувався вплив кріогенного зміцнення на зносостійкість різального інструменту. Було відмічено підвищення довговічності до 2 разів. Проте здійснення цього методу потребує складного технічного оснащення, яке володіє значною вартістю. Позитивний ефект спостерігається не в усіх випадках, що перешкоджає широкому промисловому використанню методу.

Іншим відомим методом є електроіскрове легування поверхневих шарів різальної кромки. Насичення матеріалу ножа легуючими елементами (W, Ti, Mo) дозволяє підвищити довговічність у 1,5-2 рази. До недоліків цього методу можна віднести недостатню його ефективність, що спричинено відсутністю комплексного впливу (термічної обробки, поверхнево-пластичного деформування, легування).

В 1,2-1,4 рази підвищити довговічність дозволяє поверхнево-пластичне деформування різальної кромки ножів. Недоліки методу – як і у попереднього.

Досліджувалось використання дисперсійно-твердіючих сталей для виготовлення ножів кутера [4]. Так при використанні сталі марки ЭИ 904-Ш було підвищено однорідність зношування лез ножів по їх довжині, що дозволяє подовжити термін служби ножа за рахунок виключення необхідності знімати надлишковий шар металу при переточуванні. Недоліком методу є занадто висока вартість виготовлення різального інструменту.

Перспективним методом обробки, що дозволяє забезпечити вказану комплексну дію є лазерне загартування [3]. Швидкий нагрів поверхневого шару та його швидке охолодження за рахунок відведення тепла всередину деталі дозволяє підвищити зносостійкість ножів кутера у 2 рази та більше. Перевагами лазерного зміцнення є можливість обробки нежорстких деталей та деталей складної геометричної форми. Недоліки – значна вартість технологічного устаткування та низький коефіцієнт використання енергії [5]. Більш ефективним є метод імпульсної лазерної дії , але недоліки – такі ж самі [6].

Відомі методи підвищення зносостійкості шляхом використання плазмових струменів. Ефективність таких методів наближається до ефективності лазерної обробки, причому – при значно менших вартості обладнання та енергоємності процесу. Однак використання плазмових генераторів безперервної дії не дозволяє отримати максимальні параметри зміцненого шару [5]. Це обумовлено, насамперед, низькими (дозвуковими) швидкостями плазмового потоку.

Відомі розроблені технології підвищення зносостійкості деталей плазмово-детонаційною обробкою [5,6]. Імпульсна дія забезпечується завдяки використанню вибухових речовин (газ) та посиленню детонаційних хвиль електромагнітним полем поміж симетрично розташованим електродними вузлами. Також в процесі обробки відбувається легування поверхні продуктами ерозії металевого електроду (молібден, вольфрам) та газу (пропан, азот). Внаслідок такої обробки зносостійкість деталей машин підвищується у 3-5 разів.

Дана технологія володіє високою ефективністю (як при імпульсному лазерному зміцненні), високою продуктивністю (0,5 $м^2$/год), значно більшим КПД нагріву (0,8 проти 0,05) та меншою у десятки разів вартістю технологічного обладнання у порівнянні із лазерним зміцненням.

З огляду на це перспективним є застосування методу плазмово-детонаційного зміцнення для підвищення зносостійкості ножів кутерів. Проте в літературі відсутні кількісні дані про підвищення зносостійкості ножів кутерів після плазмово-детонаційної обробки.

Мета статті.

Метою даної роботи є експериментальне визначення підвищення зносостійкості ножів кутера шляхом зміцнення їх різальних кромок плазмово-детонаційною обробкою.

Виклад основного матеріалу.

Визначення підвищення зносостійкості ножів кутера проводилось за наступним етапами: зміцнення ножів; випробування ножів на кутері із одночасним виконанням контрольних відбитків; визначення радіусу закруглення леза за допомогою оптичного мікроскопу та обробка результатів досліджень.

Для експериментальних досліджень було обрано модель кутера Л5-ФКБ, як таку, що широко розповсюджена на м'ясопереробних підприємствах України та країн СНД. Серед інших можливих типів конструкцій було обрано ножі із криволінійною різальної кромкою (у вигляді ділянки кола зі зміщеним центром) як такі, що мають більш високі різальні властивості та можливість їх високопродуктивної обробки, матеріал ножів – сталь 65Г.

Плазмово-детонаційне зміцнення здійснювали на установці «ИМПУЛЬС» лабораторії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України. Схема роботи установки показана на рисунку 1.

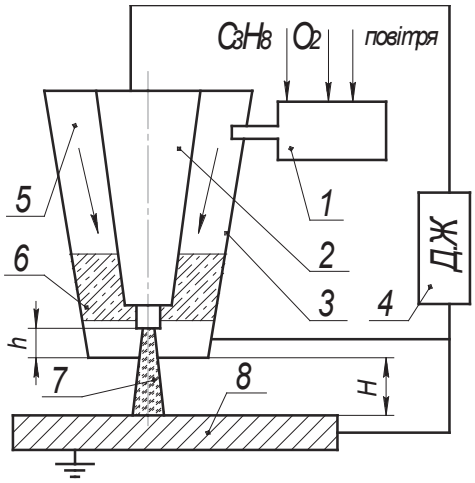
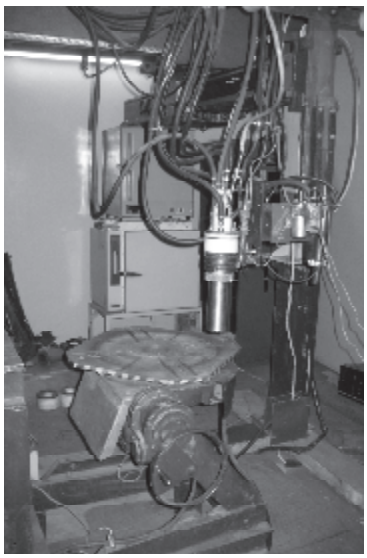


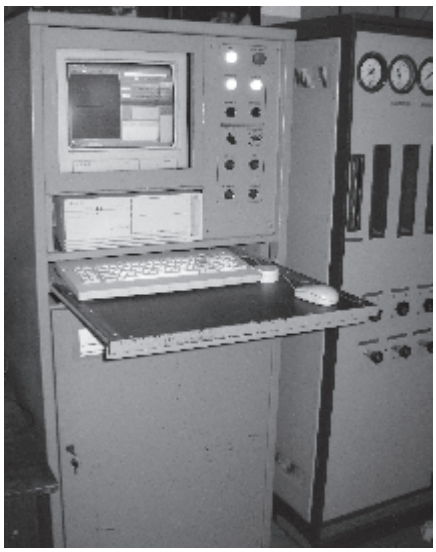
Рис. 1 –Схема роботи установки для плазмово-детонаційного зміц-

На рисунку 2,а показано загальний вид генератора імпульсної плазми та поворотний стіл для встановлення оброблюваної деталі, а на рисунку 2,б – загальний вид блоку керування та блоку підготовки газової суміші.

Плазмово-детонаційний генератор складається із детонаційної камери 1, де здійснюється формування горючої газової суміші та ініціювання її згорання у детонаційному режимі; коаксіальних електродів 2 і 3; джерела живлення 4. В процесі прискорення плазмового утворення бере участь газодинамічна та електромагнітна сили [5,6]. В результаті детонації частково іонізовані продукти згорання потрапляють із детонаційної камери в міжелектродний зазор 5 та змикають R–L–C контур джерела живлення. Потім відбувається розряд конденсаторної батареї.



а)



б)

Рис. 2 – Установка «ИМПУЛЬС» для плазмово-детонаційної обробки

Поміж коаксіальними електродами 2 і 3 струм протікає по деякому провідному об'єму газу 6, ступінь іонізації якого збільшується. При протіканні струму по плазмі виділяється джоулеве тепло, певна доля якого бере участь у процесі прискорення при розширенні нагрітого об'єму іонізованого газу, посилюючи тим самим газодинамічну складову сили. Під час протікання в міжелектродному зазорі плазма спричинює ерозію електроду, що призводить до насичення плазми легуючими елементами (W, Mo). Отриманий плазмовий струмінь 7 діє на оброблювану поверхню 8.

В процесі дії плазмово-детонаційним методом відбувається нагрів поверхні з подальшим охолоджуванням її шляхом відведення тепла як в матеріал, так і в оточуюче середовище, внаслідок чого в поверхневому шарі відбуваються структурно-фазові перетворення. Природа джерела нагріву, тепловий по-

тік, час дії на поверхню впливають на властивості термозміцненого шару (товщину, фізико-механічні характеристики, фазовий склад і його дисперсність). Здійснюється ефективна термоциклічна обробка металу. Після такої обробки поверхневий шар має мілкодисперсну структуру, що призводить, як відомо, до збільшення зносостійкості поверхневого шару оскільки в такому випадку опір крихкому руйнуванню менший.

Термічну дію імпульсного плазмового струменя супроводять процеси легування. Насичення поверхні легуючими елементами проводять за допомогою використання активного плазмоутворювального середовища (матеріал електроду генератора плазми).

Внаслідок мікросекундної тривалості дії плазмового струменя можна здійснювати інтенсивну ударно-хвильову дію внаслідок швидкісних фазових перетворень. Висока інтенсивність ударних хвиль поліпшує властивості металевих матеріалів за допомогою створення великої густини дислокацій.

Характер взаємодії плазмового струменя з перешкодою (оброблюваною поверхнею) залежить від швидкості струменя, форми і розмірів перешкоди, а також місця розміщення останньої. Якщо перешкода встановлена в області першого стрибка ущільнення, перед нею утворюється ударно-стиснена область плазми, яка різко відмінна по своїх світлових і фізичних характеристиках від решти області течії. Яскравість ударного шару плазми у багато разів перевершує яскравість решти зон потоку. Товщина ударної області залежить від швидкості струменя.

Ударно-стиснена область плазми примикає безпосередньо до перешкоди протягом всієї тривалості імпульсу і лише в початковій стадії зіткнення струменя з перешкодою може вчинити декілька коливань.

По зміні яскравості ударної області визначається її температура яскравості, що залежить від швидкості струменя. При високій швидкості температура яскравості перевищує температуру набігаючого струменя, тобто в ударному шарі відбувається не тільки стиснення, але і додатковий підігрів плазми.

Від ударно-стиснутої області відбувається теплопередача в тіло. Основними механізмами теплопередачі в плазмі при взаємодії з перешкодою є конвективний і радіаційний потоки тепла.

Введення легуючих елементів в плазму в умовах ПДО здійснюється у вигляді парокрапельної фази від металевого електроду (стрижня), закріпленого по осі центрального електроду, який еродує, і за допомогою плазмоутворювального газу (пропан, азот). Таким чином відбувається зміцнення оброблюваної поверхні.

Параметри плазми при цьому наступні: швидкість плазмового потоку 5-20 км/с; температура 20000-60000 К; тиск ударної хвилі 300-2000 МП/м^2; густина плазми вибуху перевищує атмосферну у 50 разів; На оброблювану поверхню здійснюється: деформаційний вплив - Р=1500 МПа; електромагнітний вплив - $J^{/}$=160000 А/м; акустичний вплив - до 150 дБ; щільність теплового потоку $q=5\cdot10^6$ Вт/см^2.

Режими імпульсного плазмового загартування визначаються діаметром „плями гартування", енергією випромінювання, розподілом її по перетину струменя плазми, тривалістю імпульсу, кількістю імпульсів, теплофізичними властивостями сталі, станом оброблюваної поверхні.

В даному випадку зміцнення ножів проводилось і з використанням наступних режимів обробки: ємність конденсаторної батареї розрядного контуру С=800 мкФ; напруга на обкладинках конденсаторної батареї U=3,2 кВ; індуктивність розрядного контуру L=30 мкФ; частота ініціювання імпульсів υ=2,5 Hz; матеріал електроду, що використовується – W.

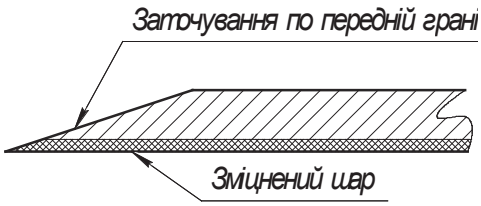
При плазмово-детонаційному зміцненні можливе проведення обробки із використанням двох типів режимів: при швидкому відносному русі деталі (обробка напрохід) та при покроковому відносному русі деталі (обробка декількома імпульсами в точку, відстань між двома сусідніми точками – не більше 0,5 діаметру точки, під точкою розуміється пляма від дії плазмового струменя).

Використовувалось 6 режимів обробки: №1 – 4 імпульси в точку, деталь заземлена; №2 – 2 імпульси в точку, деталь заземлена; №3 – 8 імпульсів в точку, деталь заземлена; №4 – обробка при русі із швидкістю 0,6 м/с, 1 прохід, деталь заземлена; №5 – 8 імпульсів в точку, деталь ізольована; №6 – обробка при русі із швидкістю 0,6 м/с, 1 прохід, деталь ізольована.

З метою забезпечення функціонування зміцненого шару леза на протязі всього терміну експлуатації ножа зміцнення проводилось по задній поверхні різальної кромки, яка в процесі експлуатації ножа не підлягає переточуванню (рисунок 3). Цим самим було забезпечено наявність ефекту самозаточування ножів при їх роботі.

На рисунку 4 показано ніж кутера ФКБ, зміцнений на режимі № 1, а на рисунку 5 зображено контрольний зразок, також зміцнений на режимі №1 - виразно видно (обведено) місце дії плазмового струменя.

Різальний комплект кутера Л5-ФКБ містить 6 ножів (рисунок 6). Таким чином було виконано обробку кожного окремого ножа із використанням режиму, що відрізняється. Це дозволило провести необхідний об’єм експериментальних досліджень із мінімальними витратами машинного часу.



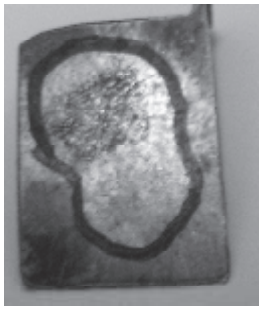
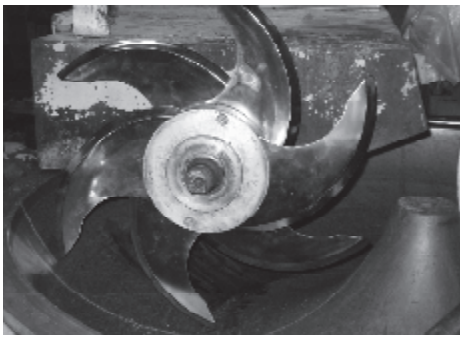


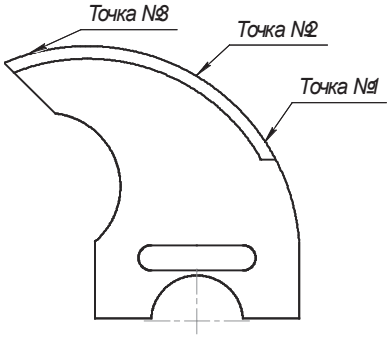
Рис. 3 – Поверхня леза, що підлягає зміцненню

Рис. 4 – Ніж ФКБ зміцнений

Рис. 5 – Зразок контрольний зміцнений

Після зміцнення ножі різального комплекту встановлювались на кутер Л5-ФКБ та проводилось їх випробування в роботі до першого переточування. Випробування ножів проводилось на виробничих площах м'ясопереробного підприємства ТОВ «Черкаська продовольча компанія» (м.Черкаси). Сировина, що подрібнювалась – варена м'ясна сировини для ліверних ковбас 1-го ґатунку; кількість одночасно завантаженої сировини в кутер – 150 кг; частота обертання ножів – 40 $с^{-1}$; тривалість кутерування - 7 хв.





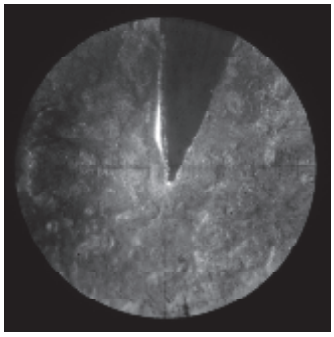


Рис. 6 – Різальний комплект, встановлений на кутері Л5-ФКБ

Рис. 7 – Розташування точок вимірювання радіусу закруглення леза

Рис. 8 – Визначення радіусу закруглення лез

Визначення величини зношування проводилось шляхом визначення радіусу закруглення різальної кромки лез. Радіус закруглення визначався методом контрольних відбитків [7]. З цією метою після кожної робочої зміни проводилось зняття відбитків лез на свинцевих шайбах. Затуплення кожного леза визначалось в трьох точках (рисунок 7): точці №1 – на найменшому радіусі обертання ножа; точці №2 – на середньому радіусі обертання ножа; точці №3 – на найбільшому радіусі обертання ножа. Як відомо, зношування ножів кутера по довжині леза неоднорідне і збільшується із збільшенням радіусу ножа.

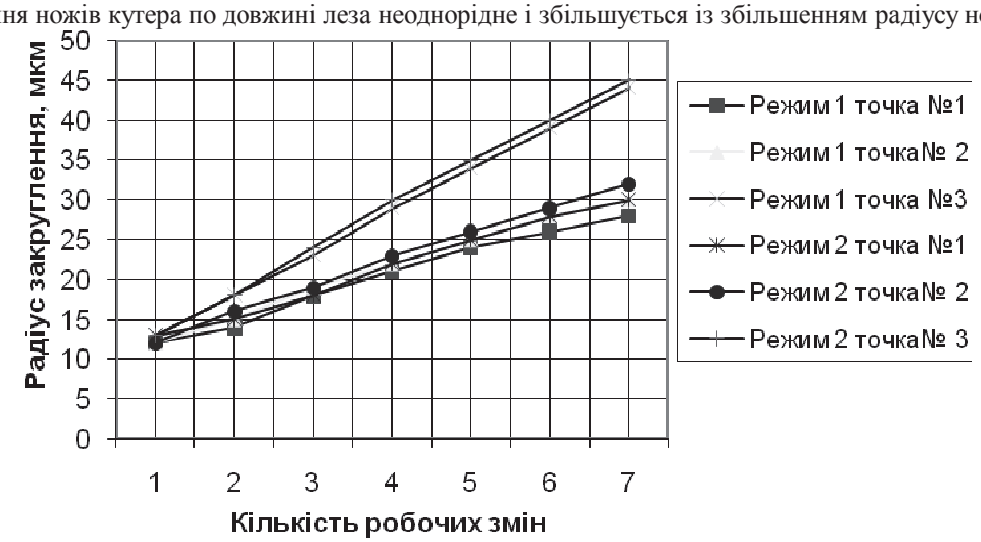


Рис. 9 – Динаміка зношування ножів, зміцнених на режимах №1 та №2

Результати експериментальних досліджень представлені у вигляді графічних залежностей величини радіусу закруглення леза від тривалості роботи ножів. В даній роботі показано тільки результати випробування ножів, які оброблені на режимах №1, №2 та №3, як на таких, що показали задовільну ефективність.

Визначення радіусу закруглення проводилось шляхом вимірювання діаметру закруглення по відбитку. Використовувався мікроскоп оптичний МБС-9, збільшення ×56, ціна поділки шкали – 0,014 мм. На рисунку 8 представлено зображення відбитку та його вершини в окуляр мікроскопу МБС-9, видно закруглення вершини відбитку та вимірювальну шкалу.

Після випробування зміцнених ножів було виконано вимірювання зношування звичайних ножів до першого переточування при тих самих параметрах роботи кутера. Зношування визначали методом контрольних відбитків.

Як видно з графіку на рисунку 9, ножі, що оброблені на режимі №1, мають кращу стійкість чим ножі, які були оброблені на режимі №2.

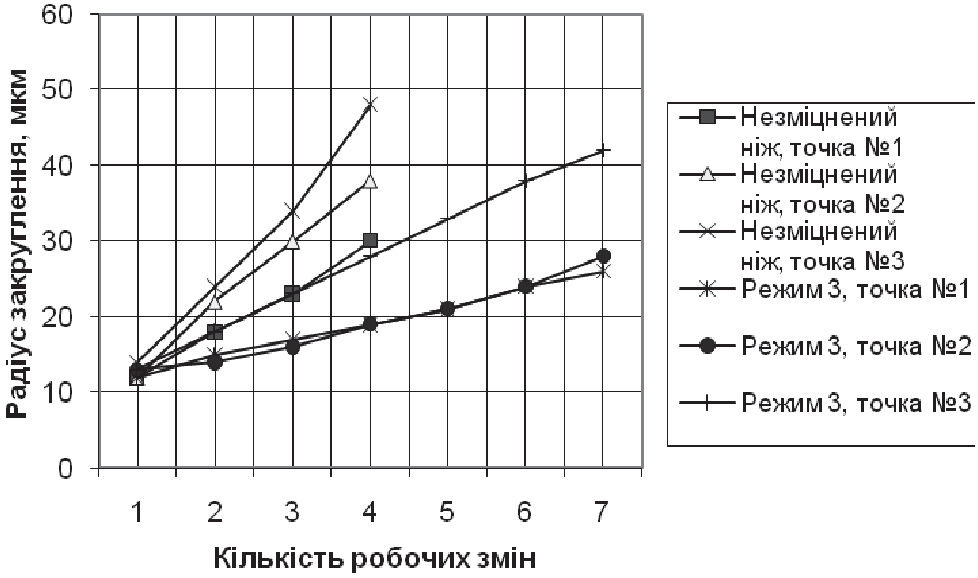


Рис. 10 – Динаміка зношування незміцнених ножів та ножа, зміцненого на режимі №3

Це можна пояснити більшим енергетичним впливом на поверхню при обробці на режимі №1. Підтвердженням цього є дані ,показані на рисунку 10. Як видно з рисунку 10, ножі, які були оброблені на режимі №3, мають найвищу стійкість. Довговічність ножів, зміцнених плазмово-детонаційним методом (за режимом №3), перевищує довговічність звичайних ножів у 2,2 рази.

В усіх випадках зношення лез по напрямку від центра обертання збільшується (ρ в точках №3 більше за ρ в точках №2 і №1), що корелює з даними відомих досліджень [4].

Висновки.

Експериментально досліджено вплив плазмово-детонаційної обробки на підвищення довговічності ножів кутера. В залежності від режимів зміцнення підвищення довговічності може відбуватись до 2,2 разів. Найкращий результат показали ножі, оброблені із максимальної кількістю імпульсів із заземленням. Отримані результати дозволяють вважати доцільним використання даного методу для підвищення довговічності ножів кутера.

Подальшими дослідженнями в даному напрямку можуть бути визначення змін, які відбуваються в поверхневих шарах матеріалів ножів, та визначення впливу режиму плазмово-детонаційної обробки на оптимальне поширення зони зміцнення в зоні різальних окрайків з метою забезпечення максимального ефекту самозаточування.

Література

1. Василевский О.М., Соловьев О.В. Машины периодического действия для приготовления фарша // Мясные технологии, 2007, №5. – С.35-39.
2. Дуда А.Н. Марки сталей для куттерных ножей // Мясная индустрия, 2008, №6. – С.43-44.
3. Чижикова Т.В., Мартынов Г.А. Перспективы повышения эксплуатационной надежности режущих инструментов в мясной промышленности. - М.: АгроНИИТЭИММП, 1987. – 43 с.

4. Маркус Л.И., Шаталов А.Н. и др. Дисперсионно-твердеющие стали для создания равноизнашивающихся инструментов измельчающих машин // Мясная индустрия, 2008, №9. – С.28-29.
5. Тюрин Ю.Н., Жадкевич М.Л. Плазменные упрочняющие технологии. – К.: Наукова думка, 2008. – 215 с.
6. Колісниченко О.В. Формування модифікованих шарів при плазмово-детонаційній обробці вуглецевих сталей. Дисертація на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук. – Київ: Інститут електрозварювання ім.. Є.О. Патона НАН України, 2003 – 154 с.
7. Некоз С.О. Підвищення ефективності роботи і довговічності різального комплекту м'ясорізальних вовчків. Дисертація на здобуття ступеню кандидату технічних наук. – Київ, НУХТ, 2001. – 165 с.

УДК 664.1.053.2.054

ФАКТОР ПРИСКОРЕННЯ АБСОРБЦІЇ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ЛУЖНИМИ ЦУКРОВИМИ РОЗЧИНАМИ В КРАПЕЛЬНОМУ РЕЖИМІ

Мирончук В.Г., д-р техн. наук, професор, Пономаренко В.В, канд. техн. наук, ст. викладач
Національний університет харчових технологій, м. Київ

В статті розглянуто масопередачу діоксиду вуглецю лужними цукровими розчинами з наступною хімічною реакцією в крапельному режимі. Знайдений фактор прискорення масопередачі внаслідок хімічної реакції і розрахований для деякого стану по приведеним залежностям. Показано, що в розпилюючому абсорбері виконуються умови для протікання хімічної реакції в швидкому режимі. Виконані розрахунки для знаходження коефіцієнту масовіддачі за експериментальними даними і відомим. Показано, що при абсорбції діоксиду вуглецю лужними цукровими розчинами мають місце уподібнені опори як з боку газової, так і з боку рідкої фази, що підтверджує вплив парового потоку на масопередачу.

Ключові слова: розчин, діоксид вуглецю, абсорбція, масопередача, фактор прискорення.

Важливе місце в очищенні цукрового розчину від нецукрів фізико-хімічним методом посідає сатурація [1]. Найкращі показники адсорбційного очищення отримувались в сатураторах періодичної дії при поступовому зниженні лужності цукрового розчину від високої початкової до нормативної.

З переходом на обробку соку в барботажних апаратах безперервної дії показники очищення соку погіршилися внаслідок того, що зони початкової високої лужності, найбільш сприятливої для очищення соку, не існувало. В цьому випадку можна вважати, що процес відбувається за умов ідеального перемішування соку різного ступеню обробки. З огляду на це необхідно прагнути створити такі умови очищення соку в апаратах безперервної дії, які зберігають позитивний ефект апаратів періодичної дії.

Увага вчених і практиків більше направлена на вивчення процесів масопередачі в барботажному режимі, який має місце в типових апаратах сатурації. Сатурація в крапельному режимі вивчена мало, що не дозволяє розраховувати обладнання для його проведення.

Перспективним і на часі є модернізація типових апаратів сатурації з розділенням його на секції при поступовому зниженню лужності, що дозволить збільшити ефективність очищення цукрового розчину, використання діоксиду вуглецю і покращити седиментаційні та фільтраційні властивості осаду.

Модернізацію типових сатураторів доцільно здійснювати шляхом встановлення розпилюючого абсорбера, в якому відбувається контакт розпиленого відцентрово-струминною форсункою дефекованого соку з сатураційним газом [2]. Після проведення предсатурації в крапельному режимі і утворення центрів кристалізації карбонату кальцію суміш подається під рівень соку в нижню частину типового сатуратора, де відбувається основний процес сатурації до досягнення кінцевої лужності.

На основі проведених досліджень нами були проаналізовані процеси масопередачі CO_2 в цукровий розчин в крапельному режимі. Цей процес включає ряд перехідних процесів [3]:

— дифузія реагенту з об'єму газової фази до границі розділу фаз;
— дифузія реагенту від поверхні розділу фаз в об'єм рідкої фази;
— хімічна реакція в рідкій фазі;
— дифузія продуктів реакції в об'єм рідкої фази.

При поглинанні діоксиду вуглецю лужними цукровими розчинами мають місце хімічні реакції, які збільшують швидкість поглинання CO_2 порівняно з чисто фізичною абсорбцією. При цьому слід брати до уваги такі реакції абсорбції CO_2 [1, 3]: