

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 4.1. Оцінка технічного стану ножів відцентрових бурякорізок при подрібненні цукрового буряка. 4.2. Теоретичні дослідження способів відновлення граней бурякорізабельних ножів. 4.2.1 Обґрунтування конструктивних параметрів ножа. 4.3. Програма і методика експериментальних досліджень. 4.4. Результати експериментальних досліджень. Висновки. Літературні джерела. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 5.1. Тема МР. 5.2. Актуальність МР. 5.3. Предмет, об'єкт і методи дослідження. 5.4. Мета і задачі дослідження. 5.5. Аналіз характерних пошкоджень ножів. 5.6. Конструкція ножа відцентрової бурякорізки. 5.7. Діаграма формування ножових граней при відновленні. 5.8. Програма експериментальних досліджень. 5.9. Схема вимірювання ножа. 5.10. Результати випробування ножа. 5.11. Графік залежності зносу ножа від наробітку. Висновки.

НУБІП України

Дата видачі завдання "22" жовтня 2020 р.

НУБІП України

Керівник магістерської роботи
(підпис)

Новицький А.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання
(підпис)

Бабка Ю.В.
(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НОЖІВ ВІДЦЕНТРОВИХ БУРЯКОРІЗОК ПРИ ПОДРІБНЕННІ ЦУКРОВОГО БУРЯКА.....	11
1.1 Біологічні особливості будови цукрового буряка.....	11
1.2 Умови роботи, конструктивні особливості і причини втрати працездатності відцентрових бурякорізок.....	13
1.3 Граничний стан ножів та способи відновлення їх працездатності ...	18
1.4 Аналіз та обґрунтування технологічних напрямів підвищення стійкості ножів для подрібнення сільськогосподарської сировини пластичним деформуванням.....	26
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ГРАНЕЙ БУРЯКОРІЗАЛЬНИХ НОЖІВ.....	31
2.1 Обґрунтування конструктивних параметрів ножа.....	31
2.2 Дослідження робочого процесу подрібнення цукрових буряків у ВБ ...	35
2.5 Дослідження напружено-деформованого стану і схем формування при відновленні і зміцненні граней ножа.....	44
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	47
3.1 Методика мікрометражних досліджень.....	47
3.3 Методика дослідження показників твердості.....	49
3.4 Випробування витривалості на вигин.....	49
3.5 Випробування на зносостійкість.....	50
3.7 Виробничі випробування.....	51
Розділ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	53
4.1 Обґрунтування режимів пластичної деформації ножів.....	53
4.2 Результати мікрометражних досліджень.....	54
4.3 Дослідження показників, що характеризують ресурсні параметри	

ножів.....	56
4.4 Результати мікро- та макроструктурних досліджень.....	56
4.5 Аналіз показників виробничих випробувань.....	58
4.6 Аналіз механічних показників зміцнення граней.....	63
4.7 Технологічний процес відновлення та зміцнення ножів до ВБ.....	64
Висновки.....	66
Літературні джерела.....	67
Додатки.....	71

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

НУБІП України

ВБ – вібраційна бурякорізка;

ТОР – технічне обслуговування і ремонт;

НУБІП України

ТО – технічне обслуговування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вступ

Розвиток в Україні функціонального харчування спрямовано на забезпечення організму людини всіма необхідними вітамінами, мінералами, мікроелементами, що надають позитивний регулюючий вплив на певні системи та органи людини, що покращують фізичне здоров'я та якість життя. Цей важливий і новий напрямок особливо актуально з тієї причини, що на сучасному рівні розвитку життєдіяльності людина різко знизила рівень фізичної праці та покращила побутові умови, що в результаті скоротило його енерговитрати. Це своєю чергою призвело до необхідності зменшення загального обсягу споживаної їжі, яка має бути строго збалансованою за змістом усіх корисних складових харчової сировини.

Наступним значущим моментом є раціональне використання сировинних ресурсів та її переробки. Підвищення ефективності переробки сировини, застосування сучасних технологій та обладнання дозволить різко підвищити його продуктивний потенціал шляхом кількісного скорочення вторинних нерационально використовуваних продуктів.

Серйозним технологічним недоліком при виробництві цукру в Україні вважається низький рівень вилучення цукру з буряка. Втрати при цьому становлять 27–30 % і залежить від початкової операції переробки – подрібнення буряків у стружку. Масовіддача глюкози та фруктози цілком залежить від розміру та форми подрібнених частинок цукрових буряків, що дозволяють при дотриманні особливих умов забезпечити раціональну гідродинамічну обробку в дифузійному апараті з мінімізацією втрат сахарози.

Основними елементами у відцентровому обладнанні для подрібнення буряків, що регламентують якість стружки, є ножі. Жорсткі умови роботи ножів у процесі подрібнення буряків викликають інтенсивне затуплення ріжучих крайок і необхідність їх частих перезаточень, що призводить до зменшення довжини граней, їх деформації та руйнуванням.

Затуплення ріжучих крайок ножів спостерігається при непередбачуваному напрацюванні навіть протягом однієї зміни, а це, як правило, призводить до високих втрат сахарози.

Актуальність роботи обумовлена. Необхідністю покращення показника

довговічності ножів – напрацювання на відмову, зниження інтенсивності відмов та їх потоку, підвищення ресурсу, повністю залежать від зносостійкості ріжучих крайок і міцності граней ножа, що дозволить підвищити ефективність переробки цукрових буряків.

Мета досліджень та їх результати також відповідають пріоритетному напрямку кафедри надійності техніки факультету конструювання та дизайну НУБіП України. № 0119U103786 – «Розробка методології забезпечення надійності сільськогосподарської техніки на основі логіко-імітаційного моделювання».

Ступінь розробленості теми. Закономірності подрібнення рослинницької продукції досліджувалися такими зарубіжними та вітчизняними вченими, як K. Honda, K. Takahazi, G. Schewitz, В. П. Горячкин, Г.І. Бремер, В.А. Желіговський, Г.І. Новіков, Є. І. Резник, О. С. Босий, А. І. Бойко, І. І. Ревенко, Ю. Г. Сухенко та інші. Дослідженнями В. П. Лялякіна, А. Т. Лебедева, В. М. Хромова, А. І. Бойка, Ю. Г. Сухенка, О.І. Сідашенка, О. А. Науменка та інших вчених встановлено, що внаслідок інтенсивного зношування показники працездатності та довговічності деталей ріжучого апарату незначні. Потрібні часті ремонтно-обслуговуючі дії.

Однак у їх працях недостатньо досліджено процеси втрати працездатності та зношування ножів, оцінки технічного стану та їх відновлення, напрями підвищення їх довговічності. Спираючись на попередні дослідження багатьох вчених, автор магістерської кваліфікаційної роботи використав для відновлення ножів методи пластичного деформування, що дають значний ефект, сприяють високому ресурсозбереженню та підвищенню довговічності.

Мета роботи – підвищення довговічності відцентрових ножів машин для подрібнення цукрових буряків шляхом відновлення та зміцнення граней та ріжучих крайок пластичним деформуванням.

Об'єкт дослідження – відцентрові ножі машин для подрібнення цукрових буряків.

Предмет дослідження – процеси відновлення та зміцнення граней та ріжучих крайок ножів пластичним деформуванням.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати особливості зношування та дефектного стану ножів цукрових буряків.

2. Обґрунтувати показники, що дозволяють оцінити залежність довжини та проникності бурякової стружки від зноєстійкості ріжучих крайок та витривалості граней на вигин.

3. Встановити причини інтенсивного зношування та руйнування граней і теоретично обґрунтувати схеми їх формоутворення при відновленні та зміцненні пластичним деформуванням.

4. Експериментально досліджувати схеми формоутворення граней ножів.

5. Розробити конструкції оснастки, встановити фізико-механічні фактори, що забезпечують підвищення довговічності відновлених та зміцнених пластичним деформуванням ножів.

6. Експериментально досліджувати технологічний процес, встановити раціональні режими відновлення ножів.

7. Провести виробничу перевірку та експлуатаційні випробування ножів, відновлених та зміцнених методом пластичного деформування, дати технічну оцінку ефективності розробки.

Наукова новизна роботи:

– проведено аналіз причин, що зумовлюють вплив зносостійкості ріжучих крайок і показників міцності граней ножів на процес подрібнення буряків та якість бурякової стружки;

– виявлено закономірності зміцнення граней ножів та підвищення показника їх довговічності за обґрунтованим схемам формоутворення з використанням методів гарячого пластичного деформування.

Теоретична та практична значущість роботи:

– запропоновані технології відновлення та зміцнення ножів бурякорізних машин;

– визначено раціональні схеми формоутворення та режими відновлення та зміцнення матеріалу граней пластичним деформуванням;

– підвищено напрацювання на відмову ножів на 18–20 %;

– встановлена критерій граничного стану ножів.

Методологія та методи дослідження. Методологічною основою є системний підхід до вивчення та опису процесів подрібнення цукрових буряків, зношування ножів і зміцнення їх граней. Теоретичні дослідження проведено з використанням відомих положень тертя та зносу, теорії ймовірностей та сучасних комп'ютерні методи аналізу достовірності результатів досліджень. Експериментальні дослідження виконано на реальних зразках ножів, відновлених та зміцнених за традиційною та експериментальною технологією.

Достовірність отриманих результатів підтверджується застосуванням сучасних методів дослідження, повірених приладів та обладнання, стандартних методик, експериментальних досліджень.

Апробація роботи. Основні наукові положення, висновки та практичні рекомендації доповнено та схвалено:

- УІІ Міжнародній науково-практичній конференції «Крамаровські читання», 23-24 квітня 2021 року, м. Київ, НУБіП України;

- 75-й Всеукраїнській науково-практичній студентській онлайн-конференції «Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн»;

- на ІІІ Міжнародній науково-практичній конференції, 14-16 квітня 2021 року, м. Кропивницький, ЦНГУ;

- ІХ Міжнародній науково-практичній конференції «Крамаровські читання», 24-25 квітня 2022 року, м. Київ, НУБіП України;

За результатами досліджень опубліковано дві тези доповідей.

Робота містить вступ, 4 розділи, висновки, викладена на 84 сторінках, містить 25 рисунки та 7 таблиць.

РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НОЖІВ ВІДЦЕНТРОВИХ БУРЯКОРІЗОК ПРИ ПОДРІБНЕННІ ЦУКРОВОГО БУРЯКА.

1.1 Біологічні особливості будови цукрового буряка

Усі переробні технології, пов'язані з виробництвом харчових продуктів із рослинницької сировини, з метою спрощення процесу і підвищення ефективності виділення необхідних для виробництва харчового продукту корисних складових ґрунтуються на операціях її подрібнення [8].

Біологічна будова кожного виду продукту рослинництва є специфічною, що вимагає індивідуального підходу до дослідження процесу подрібнення і його технічного забезпечення. Перші публікації в цьому напрямі зареєстровані більше 200 років тому (роботи зарубіжних учених - Marey, 1780; Selinger, 1896; K. Honda, K. Takahazi, 1927; G. Scherwitz, 1932, та ін.). У подальшому цей напрям отримав розвиток в працях вітчизняних учених, передусім В.П. Горячкіна [9], Г.И. Бремера, В.А. Желиговського, Г.И. Новікова, Е.И. Різника, Ф.С. Босого та ін. [10-17].

По ботанічній класифікації цукровий буряк належить до сімейства Марієвих [18].

Для будови коренеплоду цукрових буряків характерне утворення в паренхімі вторинної кори клітин другого камбіального кільця. Після закінчення діяльності камбіальних кілець утворюється третє кільце, потім четверте, п'яте і т.д. У зрілому коренеплоді є 6—12 концентрованих шарів, паренхіма яких містить значну кількість цукру.

При розгляді поздовжнього розрізу коренеплоду в центрі первинної деревини видно судини, які у верхній частині розходяться до сім'ядоль з двох боків. Зовні центральної судини розміщуються судини інших концентричних кілець, які в свою чергу розгалужуються у верхній частині. У верхній частині шийки коренеплоду спостерігається перегрупування судин від кореня до листків та анастомози (зчленування) між пучками судин. У цукрових буряків утворюється 6 - 12 камбіальних кілець. Низхідний потік органічних речовин, що поступають в коренеплід, відкладається переважно у вигляді цукрів в судинно-волокнистих пучках. Чим більше кілець і чим густіше вони розташовані, тим

більше в них бурякового соку [19-22].

Між кільцями пучків, що проводять, залягає рихла паренхімна тканина, що піднімається від низу до верку. Особлива біологічна будова паренхімної клітини (рис. 1.1) викликає певні труднощі при визільненні бурякового соку із розчищеною в ньому цукрозою.

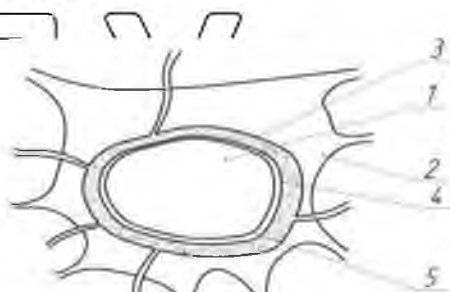


Рис. 1.1. Будова клітини паренхімної тканини цукрового буряка.

Клітина влаштована таким чином, що вакуоля 1 (див. рис. 1.1), заповнена буряковим соком, закрита клітинними стінками пектоцелюлозної оболонки 2, ліпопротеїдної мембрани 3, цитоплазми 4 і плазмодесми 5. Проникність клітинних стінок дуже низька і залежить від проникності протоплазми. У свою чергу, протоплазма є напівпроникною перегородкою, що має вибіркочувальну здатність пропускати воду і не пропускати розчинені в ній речовини. Розчинений у буряковому соку буряковий цукор $C_{12}H_{22}O_{11}$ є дисахаридом, що утворюється із залишків альфа-глюкози та бета-фруктози. У кислому середовищі сахароза гідролізується та розпадається на глюкозу та фруктозу (рис. 1.2).

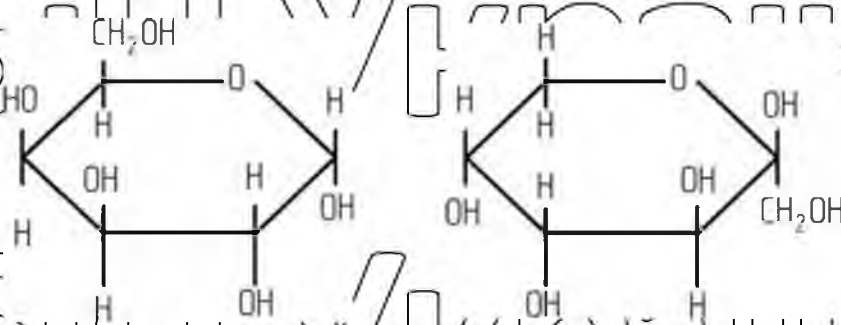


Рис. 1.2. Гідроліз цукрози у кислому середовищі

Цукроза і фруктоза, розчинені в рідині, є включеннями, їх проникнення

крізь протоплазму з рідиною біологічно нездійсненне. З цієї причини подрібнення буряка необхідно вести шляхом частого подовжньо-поперечного подрібнення вакуолей, що дає можливість максимального видобування з них цукрози.

Із сказаного можна зробити наступні висновки :

- в кількісному співвідношенні вивільнення бурякового соку при переробці цукрового буряка можливо здійснити тільки шляхом його частого подовжньо-поперечного подрібнення;

- необхідно створити умови для максимально можливого виходу дисукрида, розчиненого у воді, із стінок паренхімної клітини.

1.2 Умови роботи, конструктивні особливості і причини втрати працездатності відцентрових бурякорізок

Відцентрові установки отримали найбільше поширення зважаючи на свою конструктивну простоту і високу продуктивність (рис. 1.3).

Подрібнюваний буряк 1 поступає в нерухомий циліндр 2 із закріпленими в нім 9, 12 або 16 двоножевими рамками 3, розкручується равликком 4 і під дією відцентрових сил притискається до ножових рамок, просувається по стінках уздовж граней ножів і подрібнюється. Далі стружка переміщається в дифузійний апарат.

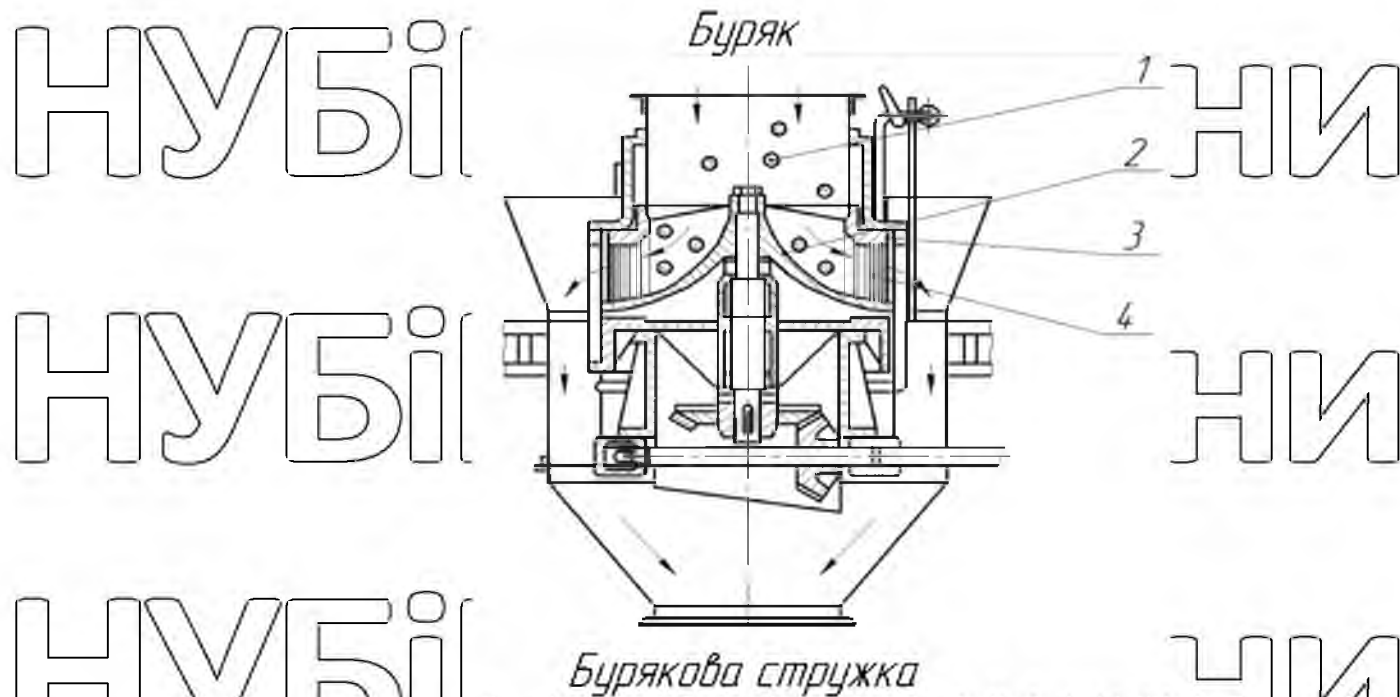


Рис. 1.3. Подрібнення цукрового буряка в стружку у відцентровій бурякорізальній установці: 1 – коренеплід; 2 – циліндр; 3 – двоножеві рамки; 4 – равлик.

Конструктивно подрібнення цукрового буряка у відцентровій установці це процес похилого рубання з елементами ковзного. Робота різання при цьому витрачається на створення пружної і пластичної деформації тканини буряка, а також на подолання сил тертя пари "ніж - буряк".

Буряк, що є складним біологічним об'єктом, в силу своєї будови твердий, а в пору технологічної стиглості стінки паренхімної тканини мають ще і дерев'яну структуру. Щільність бурякового м'якуша досить висока і складає 1000 кг/м³.

Отже, питомі зусилля різання значні і знаходяться в межах 1230...1770 Н/м, а при подрібненні буряка з кагатів що промерзли, зусилля зростають у рази. [19].

Як зазначено раніше, вихід бурякового соку з розчищеною в ньому цукрозою залежить тільки від процесу подрібнення буряків, якості, одержуваної бурякової стружки, що забезпечується конструктивними особливостями та технічним станом ножа.

Конструкція переважно використовуваного в даний час ножа (рис. 1.4) повністю пристосована для отримання стружки з встановленими параметрами (форма, товщина і довжина).

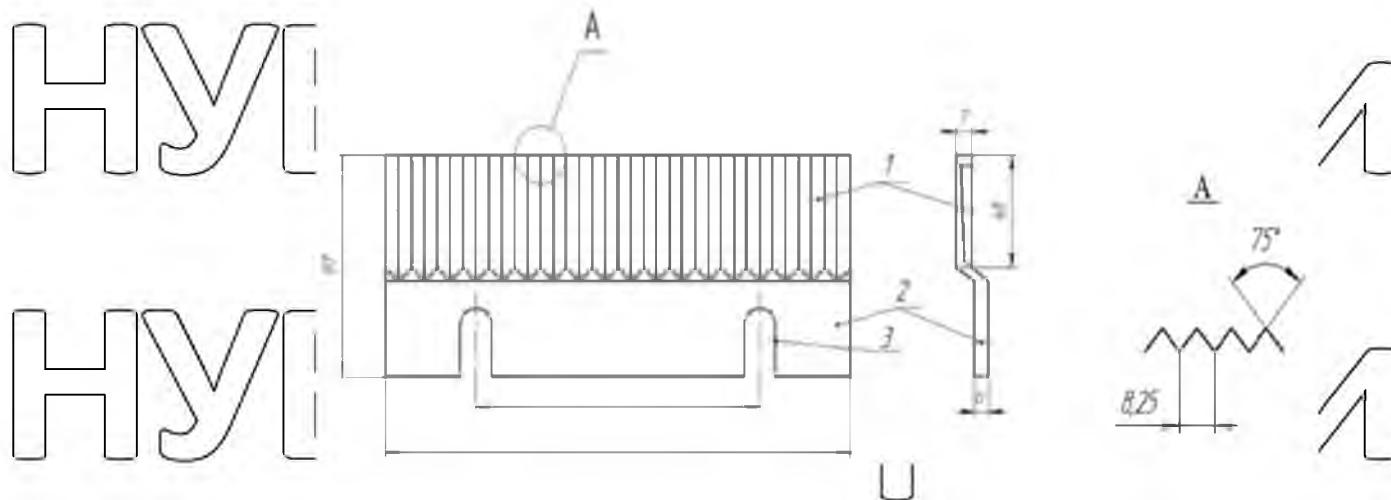


Рис. 1.4 - Конструкція ножа відцентрової бурякорізки

1 - ріжуча площина; 2 - робоча частина ромбовидної форми;

3 - привалочна установочна площина

Ножі для різання буряків (див. рис. 1.4) являють собою вигзагоподібну ріжучу площину 1 з ромбовидними гранями. При інерційному контакті подрібнюваного буряка у відцентровій бурякорізці за рахунок загостреної ріжучої кромки забезпечується часте та хаотичне поздовжньо-поперечне різання коренеплоду. Ножі змонтовані в ножовій рамці, закріпленій на нерухомому циліндрі установки за допомогою кріпильних пазів 3. У кожній рамці знаходяться два ножі, а кількість рамок ВБ залежить від продуктивності і становить 9, 12, 16 шт.

Навантаження, що припадає на ріжучі грані ножів, носить досить складний характер і виникає від ударних впливів буряків масою 0,35-0,5 кг на плече від осі равлика до стінки нерухомого циліндра, що дорівнює 0,7 м. Частота обертання равлика 90 хв^{-1} . Виходячи з цього, руйнування ріжучих кромки і граней ножів можна класифікувати як процес зношування при різанні буряків і руйнування втоми, що протікає від циклічного ударного її впливу на площину граней.

Зношування ріжучих кромки залежить від зносостійкості матеріалу і усувається шляхом перезаточування, кількість яких залежить від параметра вильоту ріжучих кромки. Однак, як показали дослідження, більша частина ножів (35%) має малу витривалість на вигин при симетричному циклі навантаження

[25].

Циклічність навантажень залежить від конструктивних особливостей відцентрової бурякорізки і насамперед від її продуктивності [26].

Основні конструктивно-технологічні параметри відцентрової бурякорізки для різання цукрових буряків та його технічні показники представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Конструктивно-технологічні параметри відцентрової установки

Параметр	Позначення	Одиниця виміру	Величина
1	2	3	4
Кількість ножів у ножовій рамці	$П1$	шт.	2
Кількість ножових рамок	$П2$	шт.	9; 12; 16
Кількість ножів в установці	$П3$	шт.	18; 24; 32
Довжина ріжучої кромки одного	h	м	0,135
Загальна довжина ріжучих кромок	$l2$	м	2,43; 3,14;
Висота підйому ножа в бурякорізці	a	м	0,0005
Швидкість різання	v	м/с	6,59
Насипна ємність бурякорізки	P	кг/м ³	550-600
Конструктивний коефіцієнт, що враховує ступінь використання насипної ємності у бурякорізці	K_k		0,9
Експлуатаційний коефіцієнт, що дорівнює часу роботи бурякорізки із врахуванням часу зупинок до часу у добі	K_e		0,9
Діаметр корпусу бурякорізки	D_B	м	1,4
Частота обертання равлика в бурякорізці	N_u	мин ⁻¹	90
Маса коренеплоду	m	кг	0,3-0,5
Радіус різання (плече від центру равлика до стінки нерухомого циліндра)	R	м	0,7

НУБІП України

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Питоме зусилля різання, що залежить від щільності буряка і жолобоподібної форми стружки при її довжині 7-8 м на 100 гр .	f	H	1770
Коефіцієнт, що враховує неоднорідність вороху буряків у бурякорізці	$\eta_{\text{відн}}$		0,512-0,6
Коефіцієнт тертя ковзання буряка по сталі	μ		0,175

При роботі відцентрової бурякорізки розкручений равлик буряк переміщається до нерухомої стінки циліндра із закріпленими на ній по всьому діаметру ножами. При цьому ножі сприймають ударні навантаження на грань і навантаження, що припадають на інерційне переміщення коренеплоду ріжучою кромкою (рис. 1.5).

Відповідно до конструктивних особливостей грані бурякорізального ножа при подрібненні буряків знаходяться у відносно вільному стані, так як відстань від місця їх кріплення до ріжучих краєнок граней становить 70 мм.

Грані товщиною 0,8-1,0 мм і довжиною 48 мм легко піддаються збудженню коливальними рухами, що виникають від кожного чергового удару коренеплоду, розкрученого равлик, по різальній частині. При цьому від удару коренеплоду об грані ножа при незначній жорсткості на плечі від осі равлики до стінки нерухомого циліндра виникає зусилля P_1 і протидія ударному впливу - P_2 .

Постійні удари збурюють коливання граней ножа, що свідчить про досить інтенсивний згинальний втомний характер їх роботи і процес руйнування.

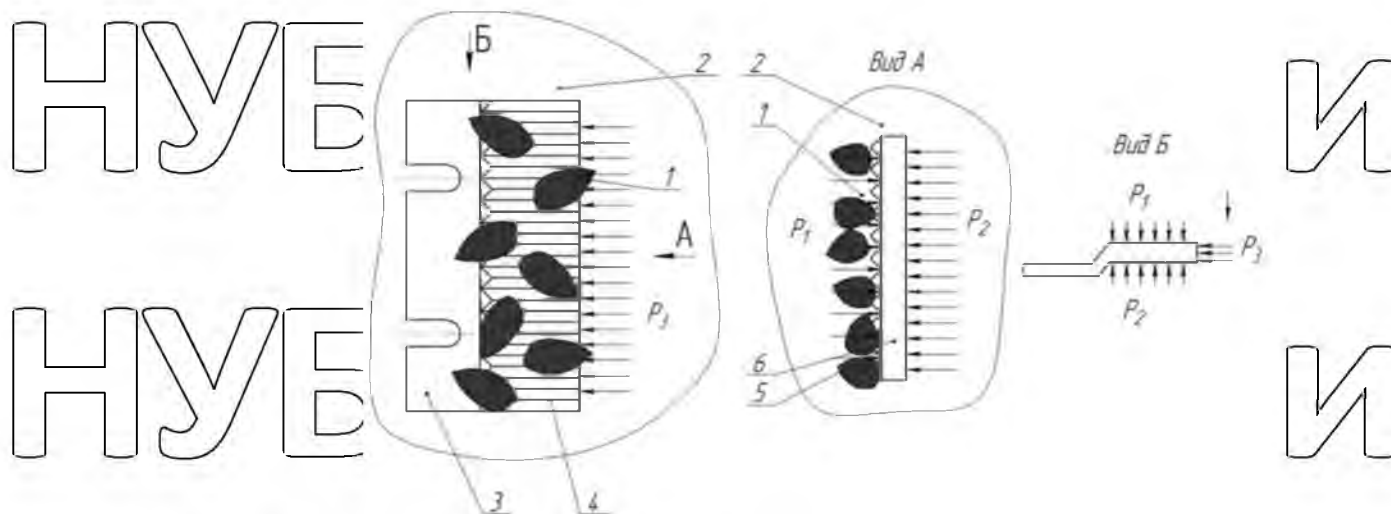


Рис. 1.5 Процес взаємодії коренеплоду з ножом при подрібненні: 1 – буряк, що подрібнюється; 2 – нерухомий циліндр установки; 3 – привалочна зовнішня площина ножа; 4 – грані ножа; 5 – ріжучі кромки ножа; 6 – горожнина сходу стружки

При просуванні коренеплоду по нерухомій циліндричній поверхні в процесі подрібнення виникає навантаження P_3 , що створює зусилля для подолання сили тертя буряків по ріжучих гранях ножа.

Виходячи з конструкції бурякорізки, разова насипна місткість циліндра, що залежить від форми, розмірів та маси буряків, становить 550...600 кг/м³. Розрахунками встановлено, що при одноразовому заповненні циліндра буряком в установці знаходиться від 1465 до 1600 коренеплодів. У буряку з дев'ятьма ножовими рамками кожен з 18 ножів одноразово сприймає від 82 до 89 ударних впливів. Така ж кількість коренеплодів потрапляє і на кромку і подрібнюється об неї.

Враховуючи те, що завантаження циліндра здійснюється безперервно, тобто подрібнений буряк доповнюється новим, кількість буряків, що подрібнюються, на добу зростає багаторазово, і це повинно вести тільки до інтенсифікації процесу зношування ножа і, відповідно, до зменшення показника безвідмовності за встановленим раніше якісним критерієм функціонування об'єкта і повноти виконання ним призначених функцій.

1.3 Граничний стан ножів та способи відновлення їх працездатності

Конструктивно бурякорізальний ніж повинен забезпечити отримання технологічно обґрунтованої стружки ромбовидної або прямокутної форми, що є оптимальним для екстрагування бурякового соку. При цьому забезпечується підвищена швидкість знецукровування бурякового соку, створюються умови високої проникності шару паренхімної тканини.

Виходячи з цього, можна зробити висновок про те, що якість бурякової стружки функціонально обумовлена технічним станом буряків $T_{c.б}$, що залежать від сорту, умов вирощування, збирання та зберігання коренеплодів, конструктивної досконалості установки для подрібнення буряків $K_{c.н}$ та показника безвідмовності ножа $R_n(t)$ [27, 28]:

$$K_{c.с} = f(T_{c.б}; K_{c.н}; R_n(t)) \quad (1.2)$$

Перша складова $T_{c.б}$ характеризує якість подрібненої стружки лише з точки зору можливості подрібнення пристроєм буряка, що знаходиться у різному технічному стані. Це досить важливий чинник забезпечення конструктивно-технічних можливостей ножів подрібнювати коренеплоди різної щільності.

Конструктивна досконалість ножів у даному випадку є основним фактором, покликаним забезпечити технологічність операції подрібнення та високі показники довговічності ножа, тому що навіть при незначному затупленні та викришуванні ріжучої кромки процес подрібнення не зупиняється, а якість стружки погіршується, викликаючи значні втрати цукрози.

З вище наведеного випливає, що найбільш прийнятним для оцінки якості подрібнення цукрових буряків слід прийняти інтегральний показник I , який встановлює взаємозв'язок ефективності переробки з витратами на створення ножів з високими показниками безвідмовності та довговічності та з невеликими експлуатаційними витратами на ремонтно-обслуговуючі роботи:

$$I = \frac{\Sigma П}{\alpha(B_c + B_e)} \quad (1.3)$$

$\Sigma П$ - сумарний позитивний ефект від роботи відцентрової установки, грн.;

α - корегувальний коефіцієнт що залежить показника працездатності

(безвідмовності у роботі) ножа, грн.;

B_c – витрати на створення конструктивно досконалого ножа, грн.;

B_e – витрати експлуатаційні на ремонтно-обслуговуючі роботи по

усуненню відмов у роботі та відновленню роботопридатності ножа, грн.

При аналізі дефектного стану ножів встановлено, що на їх працездатність впливають систематичні та раптові відмови.

Систематичні відмови ножів пов'язані з інтенсивним і безперервним процесом подрібнення і, відповідно, зношування ріжучих кромки від коренеплоду, що подрібнюється, їх взаємодії з абразивними частинками, що надходять ззовні.

Радіус заокруглення ріжучих кромки R , що характеризує їх гостроту, зі збільшенням розміру при перезаточенні підвищує негативні значення переднього і заднього кутів заточування кромки кранів, що веде до зростання зусилля різання і в результаті - до погіршення якості стружки. Достатньо незначного, 10-15%-го збільшення розміру заокруглення ріжучих кромки, щоб на поверхні стружки почали утворюватися вириви, ворсистість, висока шорсткість та інші дефекти, що ведуть до утруднення процесу виходу цукрози з бурякового соку.

Питання вивчення дефектного стану ножів відцентрових бурякорізок присвячені роботі [29, 30, 35-40]. Однак у них розглядаються загальні питання вдосконалення процесу подрібнення, які не отримали практичного використання. Тому вони не представляють цінності для дослідницької роботи.

Дослідженнями [31, 32] встановлено, що основними дефектами ножів є сколи і змінення праней, зміна їх форми, руйнування ріжучих кромки та ін. Однак в даних роботах не розкриті явища, причиною яких є руйнування та знос ножа. Спільними недоліками ножа є його низькі стійкість до зношування та границя витривалості на згин. Запропонована технологія поверхневого плазмового зміцнення ножів може підвищити лише показники твердості поверхні, а витривалість на вигин, який присутній в об'ємі всього ножа і є також домінуючою дефектною ознакою, незмінно низька.

Торцювання затуплених ножів здійснюють на спеціальному верстаті МЗ-375 (рис. 1.6).

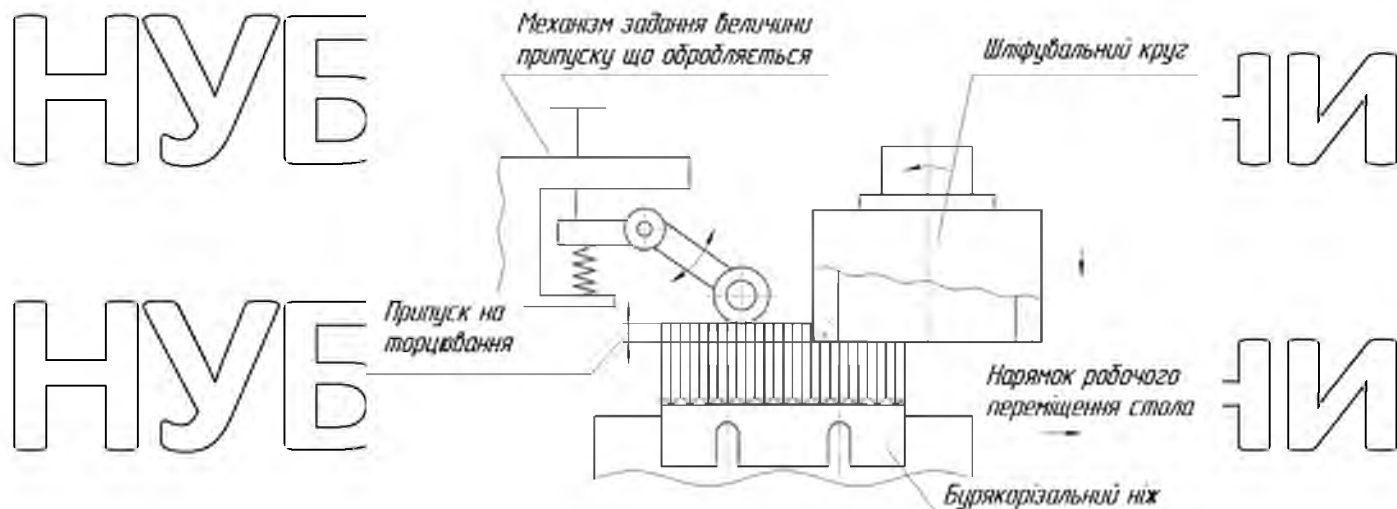


Рис. 1.6. Схема установки для торцювання ріжучих крайок

Перевагою цього способу відновлення працездатності ножа, як і будь-якого ріжучого інструменту, є можливість його перезаточування. Але, як відомо, кількість перезаточувань залежить від регламентованої довжини граней. З урахуванням того, що при кожному заточенні знімається шар металу до 1 мм, кількість заточувань обмежена та, згідно до літературних джерел, не перевищує 4-6.

Отже, для збільшення показника довговічності ножа необхідно підвищити зносостійкість ріжучих кромки, що можливо шляхом зміни марки матеріалу та використання технології зміцнення їх виготовлення.

Для виготовлення ножів використовують інструментальну вуглецеву сталь У7, загартовану до 50 HRC і має дрібнозернисту структуру. Товщина перерізу грані становить 0,8...1,0 мм, при загартуванні відбувається наскрізне прожарювання [33, 34], однак, наявність високого вмісту вуглецю викликає підвищену крихкість і руйнування - викришування та вириви. Такі дефекти ножів перезаточуванням не відновлюються (рис. 1.7)



Рис. 1.7 Руйнування ріжучих кромки: *a* - викривлення; *б* - виривання; *с* - деформація ромбовидної граї

Внаслідок постійних ударних навантажень від коренеплодів на граї ножа виникають також дефекти у вигляді викривлень їхньої площини (рис. 1.8).

Практично всі вживані ножі тією чи іншою мірою схильні до даного дефекту.

Відома технологія виправлення викривлень в установці МЗ-37 П (рис. 1.9).

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 1.8. Викривлення площини граней в наслідок ударів від цукрових буряків.

Вид А

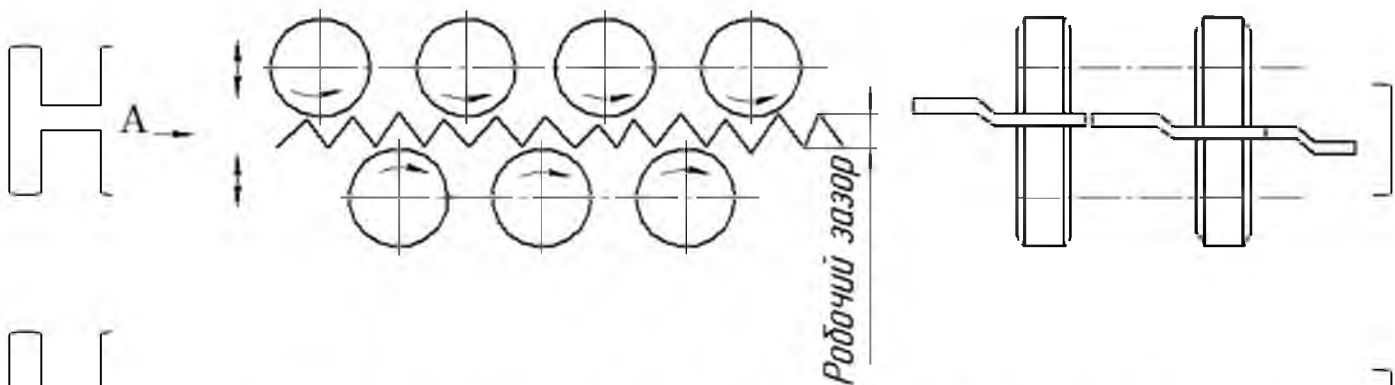


Рис. 1.9. Схема правки ножа в роликівій випрямляючій установці

Викривлення у площині граней виникають через конструктивні особливості ножа. Площина граней (довжина 165 мм, ширина 48 мм, товщина 1,0 мм) знаходиться у рамці у вільному незащемленому стані. Отже, навантаження, що виникають при роботі, негативно впливають на межу витривалості сталі У7 при вигині в симетричному циклі навантаження, що становить десятки тисяч навантажень на добу.

Явища втоми у наскрізь загартованих гранях за жорстких умов роботи супроводжуються виникненням субмікро- та макротріщин, які при правлячій прокатці викривлень зі стрілою прогину до 20 мм викликають руйнування по всій довжині грані, котрі не можливо відновити. Ця обставина викликає місцеві злами

граней (рис. 1.10) і різко знизкує показник довговічності ножа.

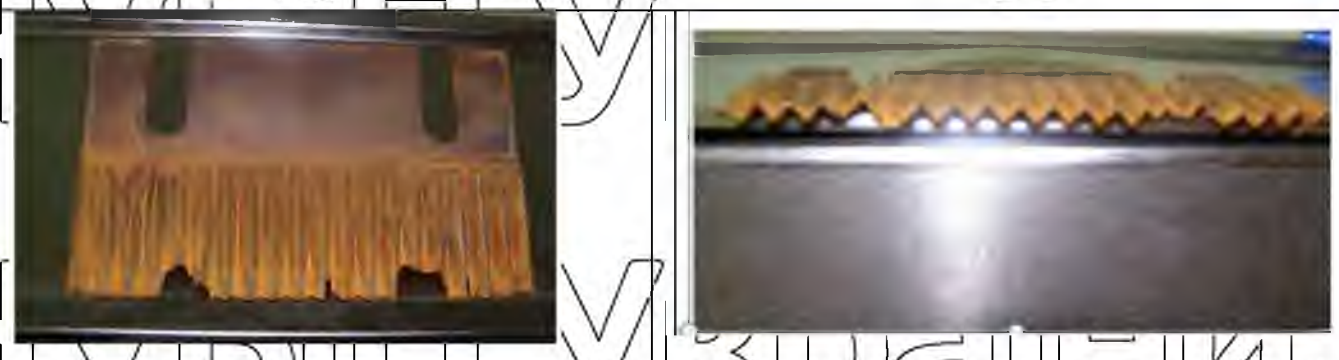


Рисунок 1.10 - Руїнування ножів при відновленні, що виникають при стрілі прогину від 10 до 20 мм, викликане втомленістю матеріалу.

При правці ножів зі значною стрілою прогину виникає змінання гострих вершин граней, що є перешкодою якісному заточенню фасок ріжучих кромки. Це веде до зміни кутів заточування і, як наслідок, погіршення якості стружки (рис. 1.11).

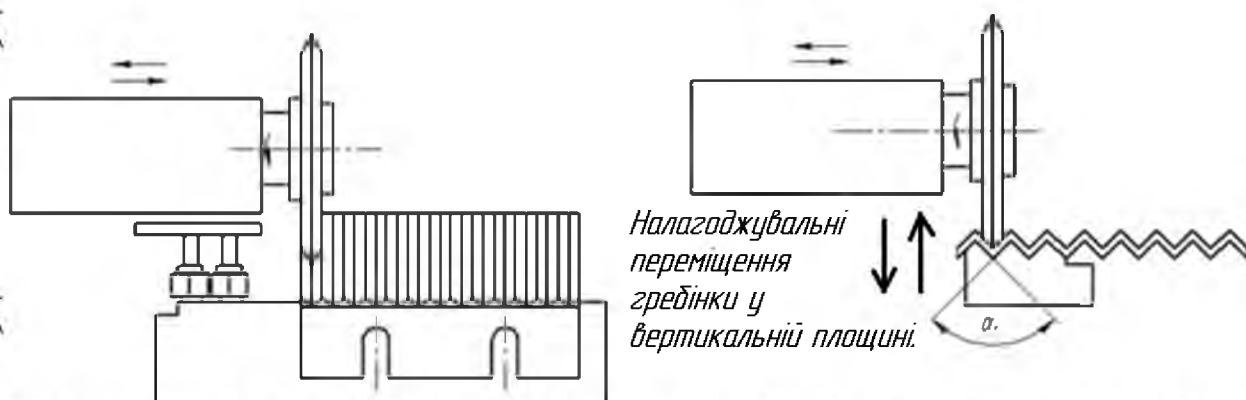


Рисунок 1.11. Схема заточування фаски ножа

Таким чином, відновлення праездатності ножів при експлуатації ускладнено через декілька джерел дефектного стану. Знос ріжучої кромки є найбільш простим і легко усувається. Всі інші дефекти, що містять втрагу суттєвості профілю граней, відновити не можливо.

Для відновлення ножів з викривленою зигзагоподібною поверхнею найбільш прийнятною може бути гаряча пластична деформація у спеціальному штамповому оснащенні.

Оптимальною вважається конструкція бурякорізного ножа для вітчизняних ВБ, що використовуються по теперішній час, запропонована колективом авторів (Турік Ю.А., Браницький В.М., Козуб О.М. [40]). Вона обґрунтована з позицій

якості одержуваної стружки шляхом зрізування здеревілих волокон паренхімної клітини (рис. 1.12).

Головною конструктивно-технологічною перевагою даних ножів є відсутність зон защемлення матеріалу, що зрізується, зі сторін ріжучої кромки грані відкриті, що дозволяє отримувати стружку високої якості. Поряд з цим наявність подвійного кута нахилу ріжучої кромки $2\alpha = 75^\circ \dots 80^\circ$ і $\alpha_1 = 50^\circ \dots 60^\circ$, а також подвійних кутів граней $\beta = 75^\circ \dots 80^\circ$ і $\beta_1 = 4.5^\circ$ забезпечує умови для впровадження ножа в буряк і прорізання кільцевих волокон. Працездатність ножа досить велика, проте є й недоліки, при усуненні яких можливе підвищення показників безвідмовності та довговічності.

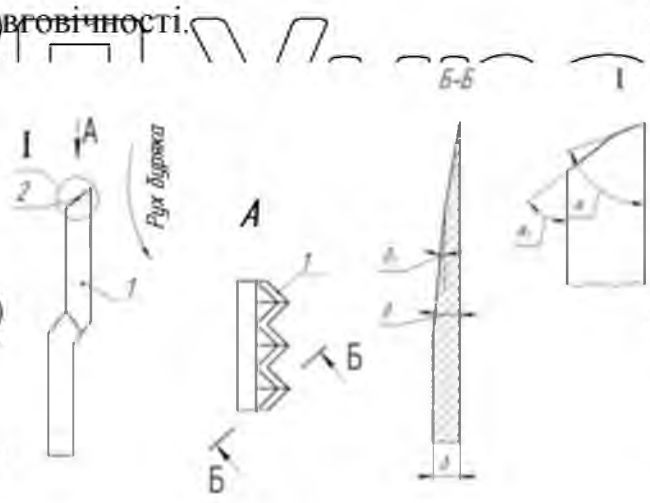


Рис. 1.12. Бурякорізні ножі із зигзагоподібним розташуванням ріжучих граней:

1 - грані / 2 - крайка

По-перше, при роботі ріжучого апарату бурякорізної установки значні зусилля, що виникають при ударній зустрічі буряків та ножа та подальшому подрібненні, викликають втомні руйнування граней. Отже, слід вважати за доцільне підвищення показника витривалості на витин при симетричному навантаженні ножа, що може бути забезпечено додатковими конструктивними змінами, зокрема шляхом посилення дна та висоти граней.

По-друге, ножі мають невисоку стійкість до зношування. Як мінімум один раз на зміну їх перетачують чи замінюють. Це негативно впливає на їх показник напрацювання на відмову. Отже, виникає необхідність підвищення зносостійкості ножів шляхом заміни існуючої технології їх відновлення та зміцнення фрезеруванням ріжучих граней на зміцнюючу технологію пластичним деформуванням. Це дозволить підвищити також показник ресурсозбереження при

виготовленні ножів.

По-третє, необхідно замінити вуглецеву конструкційну сталь У7, схильну до тріщинно-утворення, викривування та поломок, на зносостійку та корозійностійку сталь 30X13 або 40X13.

1.4 Аналіз та обґрунтування технологічних напрямів підвищення стійкості ножів для подрібнення сільськогосподарської сировини пластичним деформуванням

Здавна відомо, що найкращим є ріжучий інструмент, зміцнений куванням або іншими методами, що передбачають пластичну деформацію металу [41-44].

Пластична деформація при зміцненні деталей ґрунтується на принципі зміни форми при постійній масі деталей.

Метали відносяться до полікристалічних тіл, і на цій ґрунті їх механічні властивості залежать від величини зерен. Відомо, що дрінозернистий матеріал є міцнішим, ніж крупнозернистий. Процес деформації матеріалу при впливі зовнішніх сил після досягнення границі витривалості веде до пластичної деформації зерна. Зерна, що мають мозаїчну будову, при пластичній деформації дробляться, і це є основним фактором зміни механічних властивостей металу. Дислокації, що характеризують створення кристалічних грає при пластичній деформації, також зумовлюють зміни механічних властивостей матеріалу.

Процес переміщення дислокацій має крайовий характер. Зі збільшенням зовнішньої сили ступінь зміцнення зростає і виникає лінійна дислокація, а якщо немає перешкод зсуву, дислокації виходять на поверхню і зникають. При такій деформації процес зміцнення незначний, а при обмеженні виходу дислокацій на поверхню та їх відсутності в кінцевий період пластичного деформування можливостей для зсуву буде більшим, таким чином, матиме місце ефективне зміцнення поверхні.

Ці принципи були використані при розробці технологічних процесів та обладнання для виготовлення та відновлення різального інструменту пластичним деформуванням з новими напрямками підвищення їхньої міцності.

У Саратовському державному аграрному університеті ім. Н.І. Вавілова під керівництвом професорів Ю.Д. Пашина, Ф.Я. Рудіка, С.А. Богатирьова та ін. проводилися дослідницькі роботи з відновлення та виготовлення деталей методами пластичного деформування. Найбільший науково-практичний інтерес становлять роботи, спрямовані на виготовлення та відновлення пластичним деформуванням ріжучого інструменту для переробної галузі.

Традиційно ножі для обвалки м'яса виготовляли методом поздовжньо-поперечного шліфування клинка з вирубані пластини заготовки. При цьому пропонувалися різні технології, що мали б зміцнювати ножів, але вони не отримали подальшої реалізації.

При виготовленні хрестових ножів для промислових м'ясорубок використовують технологію отримання заготовки литтям за моделями, що виплавляються [45]. Дана технологія досить трудо- та матеріаломістка, вона складається з операцій виготовлення моделі, керамічної форми, заливання в неї розплавленого металу, руйнування керамічної моделі, видалення елементів литниково-живильної системи та механічної обробки ножа.

Перевагою даного способу є точність одержуваної заготовки, а як недоліки слід зазначити додаткові витрати металу на заповнення ливарних отворів, можливість проникнення повітряних бульбашок у метал і після виникнення на їх місці порожнеч і раковин, що знижують міцність пр'я ножа. При литті по моделях, що виплавляються, отримують деталі крупнозернистої структури, що веде в результаті до невисоких показників зносостійкості і міцності.

Істотною різницею технології, запропонованої в роботах [46-51], є перехід від складної технології лиття за моделями, що виплавляються, на гаряче штампування. Зношений хрестовий ніж (рис. 1.13), що є заготовкою і на ртій до кувальної температури, встановлюють у штампове оснащення. За рахунок спрямованої деформації пуансону та перенесення з неробочої частини 1 металу на зношені поверхні і формуються в матриці зношені ріжучі площини 2 (рис. 1.14).

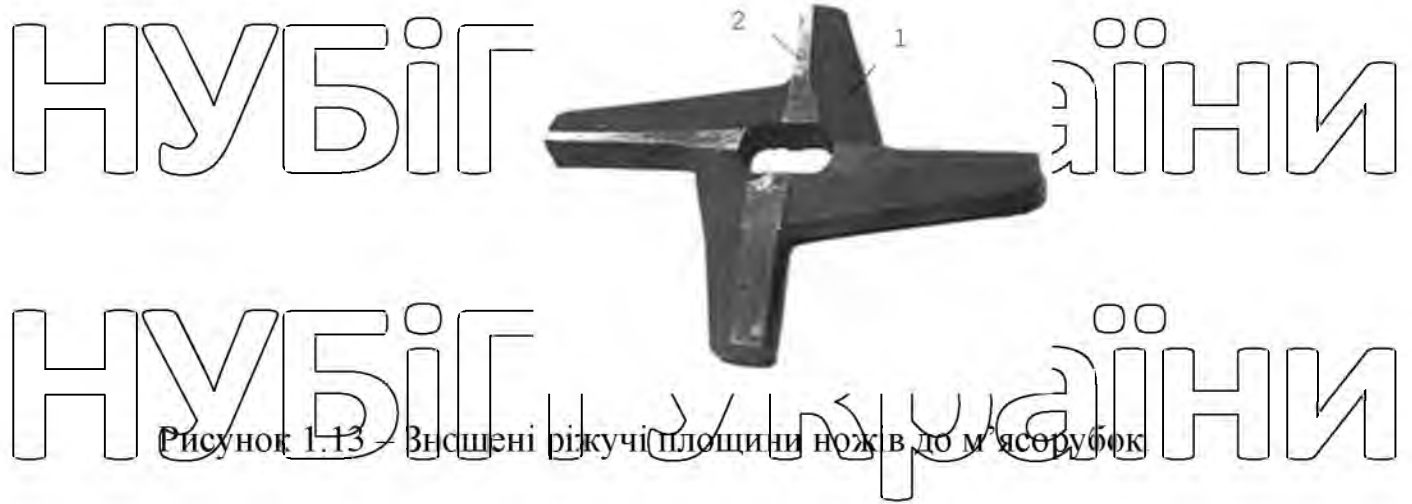


Рисунок 1.13 – Зношені ріжучі площини ножів до м'ясорубок



Рисунок 1.14 – Відновлені ріжучі площини.



Фінішною плоскошліфувальною операцією формуються ріжучі кромки 2 (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Механічно оброблені відновлені ріжучі кромки ножів до м'ясорубок.

Метал, необхідний для компенсації зношеного (див. малюнок 1.13),

спрямовано переміняється з неробочих зон на поверхні, що відновлюються (див. рис. 1.14). Це забезпечує відновлення вибракуюваного ножа і 100% ресурсозбереження. Разом з цим утворена при пластичній деформації дрібнодисперсна волокниста структура дозволяє за рахунок підвищення зносостійкості ріжучої кромки покращити показники безвідмовності та підвищити довговічність ножа на 25 %.

Найбільш близьким до досліджуваного бурякорізного ножа аналогом є технологія формоутворення обвалочних ножів прокаткою [52-60].

Найбільшою популярністю у фахівців користуються ковані ножі. Вони мають підвищені показники зносостійкості та втомної міцності, але внаслідок особливостей, властивих технології кування, вони поодиноко виготовляються за приватними замовленнями.

Традиційно обробні ножі виготовляють відповідно до вимог ГОСТів та СанПіНів [61-63]. Вони повинні мати певні форми, розміри, відповідати антисейтичним параметрам та властивостям. При цьому загальний технологічний підхід характеризується вирубанням заготовки ножа зі сталі У7 з кінцевим профілем, загартуванням заготовки до 40-45 HRC та тривалим поздовжньо-поперечним шліфуванням клинка до конструктивно встановлених параметрів.

Технологія вкрай затратна і непродуктивна, ножі мають низькі показники витривалості на вигин та зносостійкості, вимагають частих перезагочень та доведення ріжучої кромки.

Аналіз патентних документів показав, що абсолютна більшість робіт присвячена суто конструктивним рішенням.

Зокрема, у патенті [64] йдеться про підвищення міцності, надійності та довговічності. Однак не ясно, за рахунок чого вони підвищуються (запропоновано лише замінити марку сталі) і що розуміється під підвищенням надійності та довговічності. Як відомо, надійність – це комплексний показник, однією з властивостей якого є довговічність.

У патентах [65, 66] вирішуються лише конструктивні параметри, що відносяться до художнього оформлення клинків та «підвищення експлуатаційних характеристик та технологічності виготовлення». Як вирішується ця проблема, опис не вказано.

Технологія зміщення обвалочних ножів накаткою запропонована професором Ф.Я. Рудиком та доцентом Л.Ю. Скрябіною [67], полягає в наступному: нагріву до температури кування заготовки 1 ножа (рисунок 1.16, а) розміщують між двома деформуючими елементами 2 накатних валків 3. Останні виготовлені зі зміщеними геометричними осями O і O^1 , що дозволяє отримати при прокатці поперечний клин заготовки деталі, а зміщення геометричних осей самих валків 3 дає можливість отримати клин у поздовжньому напрямку (рис. 1.16 б).

Увесь процес прокатки протікає із однієї установки. При цьому із заготовки 1 (рисунок 21) формується клинок 2, а з нього, у свою чергу, фінішною шліфувальною операцією виходить готовий виріб 3. На рисунку 1.17 представлена послідовна прокатка ножів.

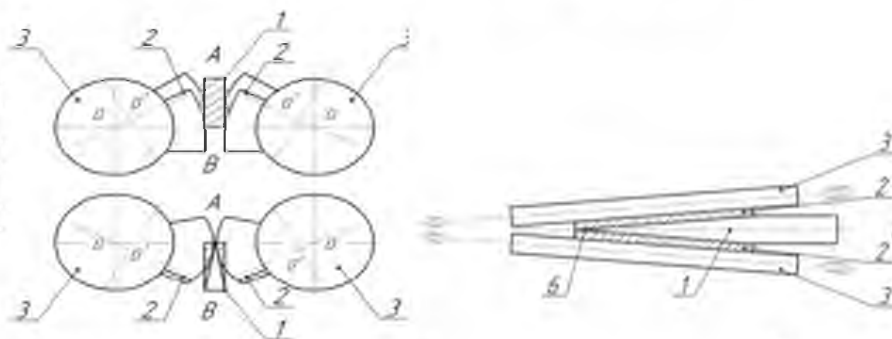


Рис. 1.16. Схема одночасної прокатки клинка у поздовжньому (а) та поперечному (б) напрямках: 1 – заготовка ножа, 2 – деформуючі елементи, 3 – система валів.

Із наведеного аналізу випливає, що з підвищення показника довговічності буржорізних ножів було б доцільно використовувати технологію, засновану на пластичному деформуванні заготовки.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ

ГРАНЕЙ БУРЯКОРИЗАЛЬНИХ НОЖІВ

2.1 Обґрунтування конструктивних параметрів ножа

Для визначення показників моментів інерції J , J_0 і площі поперечного перерізу стружки S використовувалася схема, яка являє собою поперечний переріз ножа із встановленими конструктивними розмірами ромбовидної грані (рис. 2.1).

Виходячи зі схеми, момент інерції J_x відносно Ox :

$$J_x = \frac{a_1 H_1^3}{12} - \frac{a_2 H_2^3}{12}. \quad (2.1)$$

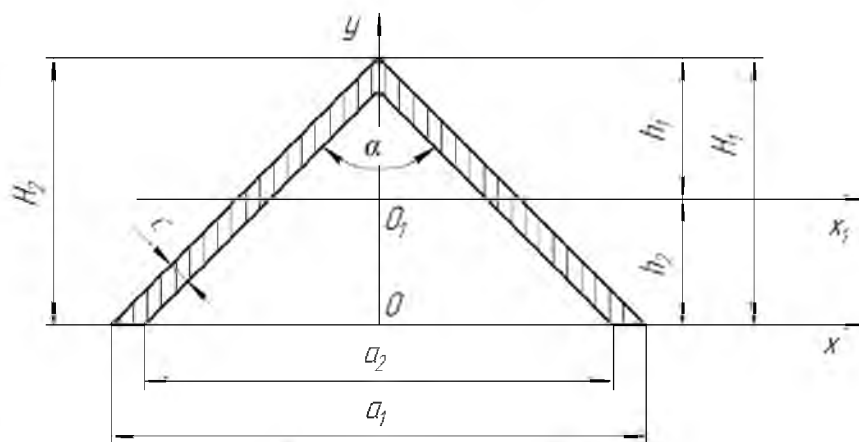


Рис. 2.1. Переріз грані ножа з ромбовидним профілем

Момент інерції відносно нейтральної осі Ox_1 з урахуванням конструктивних особливостей ромбовидної грані становить:

$$J_{x_1} = \frac{a_1 H_1^3}{12} - \frac{a_2 H_2^3}{12} - h_2^2 S. \quad (2.2)$$

де a_1 - крок грані з урахуванням товщини стінки s , мм;

a_2 - довжина внутрішньої порожнини грані, мм;

$$a_2 = a_1 - 2c \sin \frac{\alpha}{2};$$

НУБІП України

H_1 - висота грані, мм;
 H_2 - висота порожнини грані, мм.

НУБІП України

$$H_2 = H_1 - c \cos \frac{\alpha}{2};$$

h_2 - відповідно до геометричних параметрів грані, відстані між осями OX і O_1X_1 .

Виходячи із розрахункової схеми, найвіддалена точка від нейтральної осі

НУБІП України

$$y_0 = h_2 = \frac{1}{3} H_1. \quad (2.3)$$

НУБІП України

З урахуванням розмірних характеристик граней площа стружки S розраховується за виразом:

НУБІП України

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} H_1 \alpha_1 - \frac{1}{2} H_2 \alpha_1 = \frac{1}{2} \left[H_1 \alpha_1 - \left(H_1 - c \cos \frac{\alpha}{2} \right) \left(\alpha_1 - c \cos \frac{\alpha}{2} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{2} \left(H_1 \alpha_1 - H_1 \alpha_1 + \alpha_1 c \cos \frac{\alpha}{2} \right) + 2 H_1 c \sin \frac{\alpha}{2} - 2 c^2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \quad (2.4) \\ &= \frac{c}{2} \left(\alpha_1 \cos \frac{\alpha}{2} + 2 H_1 \sin \frac{\alpha}{2} - 2 c \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right). \end{aligned}$$

НУБІП України

Підставивши відомі конструктивні параметри грані a_1, H_1, H_2, S , в у рівняння (2.4) отримаємо момент інерції відносно профілю ріжучої кромки грані ножа:

НУБІП України

$$\begin{aligned} J &= \frac{a_1 H_1^3}{12} - \frac{(\alpha_1 - 2c \sin \frac{\alpha}{2})(H_1 - c \cos \frac{\alpha}{2})}{12} - \\ &- \frac{H_1^2 c}{9} \left(\alpha_1 \sin \frac{\alpha}{2} + 2 H_1 \sin \frac{\alpha}{2} - 2c \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right). \quad (2.5) \end{aligned}$$

У свою чергу, виходячи з наведених вище даних, шуканий вираз для

розрахунку напруження, що діє на контактуючу з буряком гранню площину ножа та призводить, при роботі корморізки, до зміни профіля граней ножа та викривленню ріжучої площини, має вигляд:

$$\sigma_{\text{нар}} = -\frac{P_y l_1}{3J} - \frac{P_{x_1}}{S}. \quad (2.6)$$

З урахуванням схеми, представленої на рисунку 27, формули розрахунку (17), (29), (30) і (31) для конкретного ромбоподібного профілю граней будуть приймати вигляд:

- сила реакції буряка на введення в ріжучі кромки:

$$N_x = \pi R [\sigma_{\text{ск}}] \frac{2H_1}{\cos \frac{\alpha}{2}}; \quad (2.7)$$

- сила подолання ріжучою гранню згинання стружки:

$$N_{\beta} = \frac{1}{2} [\sigma_{\text{ск}}] l a_2 = \frac{1}{2} [\sigma_{\text{ск}}] l \left(a_1 - 2c \sin \frac{\alpha}{2} \right); \quad (2.8)$$

довжина контакту стружки з краєм ножа:

$$A = \left[a_1 - 2c \sin \frac{\alpha}{2} \frac{1}{3} H_1 \frac{c}{2} \left(a_1 \cos \frac{\alpha}{2} + 2H_1 \sin \frac{\alpha}{2} - 2c \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right) \right];$$

$$B = 6\pi R \frac{2H_1}{\cos \frac{\alpha}{2}} \frac{c}{2} \left(a_1 \cos \frac{\alpha}{2} + 2H_1 \sin \frac{\alpha}{2} - 2c \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right) \times$$

$$\times \sin \beta - 3\mu \frac{2H_1}{\cos \frac{\alpha}{2}} \left[\frac{a_1 H_1^3}{12} - \frac{(a_1 - 2c \sin \frac{\alpha}{2})(H_1 - c \cos \frac{\alpha}{2})}{2} - \frac{H_1^2 c}{9} \frac{c}{2} \times \right]$$

$$\times \left(a_1 \cos \frac{\alpha}{2} + 2H_1 \sin \frac{\alpha}{2} - 2c \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right)];$$

$$C = -\frac{6[\sigma_p]}{[\sigma_{сж}]} \left[\frac{a_1 H_1^3}{12} - \frac{(a_1 - 2c \sin \frac{\alpha}{2})(H_1 - c \cos \frac{\alpha}{2})}{2} - \frac{H_1^2 c}{9} \frac{c}{2} \times \right]$$

$$\times \left(a_1 \cos \frac{\alpha}{2} + 2H_1 \sin \frac{\alpha}{2} - 2c \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right) \frac{c}{2} \times$$

$$\times \left(a_1 \cos \frac{\alpha}{2} + 2H_1 \sin \frac{\alpha}{2} - 2c \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right)]$$

Аналіз робочого процесу подрібнення цукрових буряків в ВБ встановив силові характеристики, що визначають інерційний рух коренеплоду по відношенню до різучих країв граней ножа і мовильних механічних рухів від його відцентрового руху і ударного впливу на грані.

Отримані значення інтерпретовані відносно досліджуваного ромбоподібного профілю граней ножа. Це дає можливість шляхом варіювання показників напруженого стану дослідити та обґрунтувати напрямки збільшення довговічності ножа, що є шляхом підвищення ефективності подрібнення буряків.

Силовий аналіз робочого процесу встановив, що на зносостійкість різучих країв країв багато в чому впливають інерційні моменти від руху буряка по різучих крайках, сили реакції буряка на введення в нього різучих країв і сили подолання вигину стружок по відношенню до різучої грані.

2.2 Дослідження робочого процесу подрібнення цукрових буряків у ВБ

Відцентрові бурякорізальні установки отримали переважне застосування в цукровій промисловості. Це пояснюється їх високою продуктивністю, безперервністю подрібнення коренеплодів і високою ефективністю процесу. Інтенсивна тризмінна робота ВБ обмежена до 5-6 місяців.

Процес подрібнення цукрових буряків в СА вивчався за схемою, показаною на рис. 2.2.

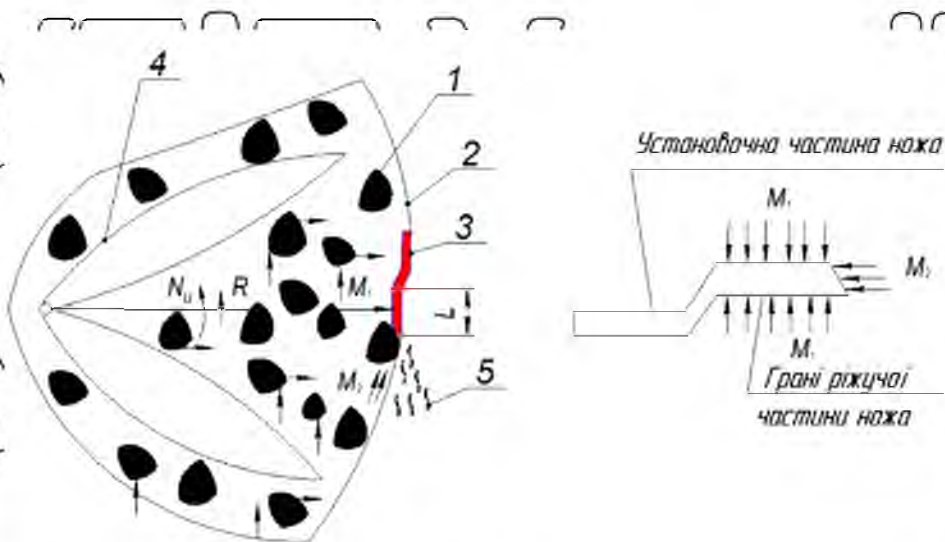


Рис. 2.2 - Схема процесу подрібнення буряка в СА.

1 - буряк; 2 - нерухомий циліндр; 3 - ніж; 4 - равлик; 5 - стружка

Коренеплоди 1 з бункера потрапляють в циліндричний нерухомий циліндр 2 із встановленими в ньому 9-, 12- або 16-рамними пристроями 3 з двома дифузійними ножами в кожному з них. Кількість завантажених у барабан буряків регулюється гідравлічним шибром. Буряк, завантажений у барабан, розкручується трилопатеvim равликом 4, відкидається до стіни із закріпленими на ній дифузійними ножами і, за рахунок інерційної сили, подрібнюється у стружку певної форми. Форма стружки утворюється профілем зигзагоподібною ріжучою кромки ножа. Стружка 5 через вікна між стінкою та ножем переміщується у дифузійний апарат.

Як показує аналіз процесу подрібнення, ресурсовизначаючим елементом у ВБ є бурякоріжучий ніж. Тільки від його продуктивності залежать показники

ефективності подрібнення [24].

За схемою, представленою на рисунку 23, при подрібненні цукрових буряків на ніж впливають моменти від різання буряка відносно осі обертання барабана (равлика) M_1 і крутного моменту M_2 , який припадає на подолання сил тертя при інерційному русі по ріжучих краях ножів. При дослідженні використовувались параметри ВБ марки СЦБ-12А із дванадцятиножовими рамками, укомплектованими ножами типу 1011В.

$$M_1 = FR, \quad (2.9)$$

Момент від різання буряка M_1 , Нм, визначається за формулою :

де R - радіус циліндра бурякорізки (див. малюнок 2.2), м;

F - загальна сила різання, що залежить від конструктивних

$$F = f \cdot 2lm\eta K_k, \quad (2.10)$$

параметрів ВБ і технологічних особливостей цукрового буряка, Н:

де f - питома сила різання, для ромбоподібної форми стружки знаходиться в межах 1230-1770 Н/м і залежить від стану ріжучого краю ножа. Цей показник є характерним для встановлення часу напрацювання до настання збою внаслідок погіршення якості стружки в 100 г подрібненої маси;

l - довжина ріжучої кромки ножа, $l = 0,35$ м;

m - кількість ножових рам у бурякорізці, $m = 12$ шт.

K_k - експлуатаційний коефіцієнт ЦС, $K_k = 0,90$;

η - коефіцієнт, який враховує порожнини між сусідніми коренеплодами:

$$\eta = \frac{\rho}{\rho_T}$$

де ρ - насипна щільність буряка, залежить від маси буряка в межах 0,3-0,5 кг, вважається рівною 550-600 кг / м³;

ρ_T - технологічний показник, що характеризує щільність бурякової м'якоті, вважається рівним 1000 кг / м³.

Крутний момент M_2 , Нм, для подолання сил тертя під час інерційного руху:

$$M_2 = F_n \mu R, \quad (2.11)$$

де μ - коефіцієнт тертя, при ковзанні буряка об сталь, прийняли рівним 0,175...0,225;

$$F_n = f_y \cdot 2\pi R \cdot 2lK_k,$$

F_n - сила притискання буряка при ковзанні об ніж, Н;

де f_y - питомий тиск буряка при інерційному русі по ріжучих крайках, Н/м²:

$$f_y = \frac{\rho \omega^2 R^2}{3},$$

де ω - кутова швидкість равлика, рад/с:

$$\omega = \frac{\pi N_u}{30},$$

де N_u - частота обертання равлика, $N_u = 90 \text{ мін}^{-1}$.

З метою визначення циклічності ударних впливів, розкручених равликом коренеплодів, на грані ріжучої частини ножів, встановлено зміну продуктивність ВБ. Вона визначається з виразу:

$$P_{cm} = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 L \sigma \rho K_k K_z}{1000}, \quad (2.12)$$

де $24 \cdot 60 \cdot 60$ - тривалість роботи бурякорізки на добу;

$$L = l_1 m,$$

L - загальна довжина ріжучих кромок 24 ножів;

де l_1 - довжина ріжучої кромки одного ножа, $l_1 = 0,135 \text{ м}$;

a - висота ційному ріжучих кромок, $a = 0,0005$ м;

n - кількість рамок, шт.;

u - кількість ножів в рамці, шт.;

K_e - експлуатаційний коефіцієнт котрий враховує тривалість роботи

буракорізки без зупинок, $K_e = 0,85$;

v - швидкість різання буряка, м/с.

$$v = \frac{\pi D_b \cdot N_u}{60},$$

де D_b - діаметр барабана, м.

Циклічність ударних впливів буряка $M_{\Sigma H}$ залежить від змінної продуктивності ВБ і маси коренеплодів (0,3-0,5 кг):

$$N_{\Sigma H} = \frac{P_{\Sigma M}}{m} \quad (2.18)$$

Конструктивно в барабані ВБ розташовано 12 ножових рамок з двома

ножами у кожній, тому ми припускаємо, що ударні навантаження рівномірно розподіляються на грані 24 ножів і, виходячи з цього, кожен ніж сприймає $M_{\Sigma H} / 24$ навантажень за зміну.

Дані проведених розрахунків представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Показники робочого процесу подрібнення цукрових буряків у ВБ

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення
Загальна сила різання	F	Н	1836,38...3096,79
Момент від різання буряка	M_l	Нм	1285,46...2167,75
Зусилля притискання буряка при ковзанні по грані	F_{Π}	Н	8427,78.9193,95
Питомий тиск буряка при інерційному русі по ріжучих крайках	f_y	Н/м	16594,38.18102,96

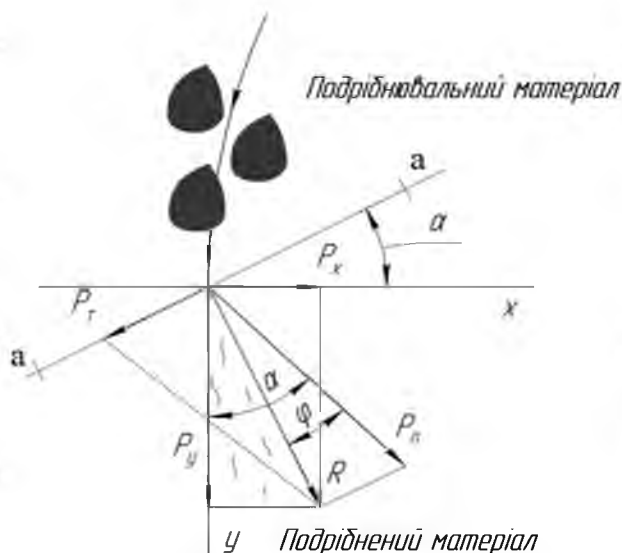
Кутова швидкість равлика	ω	рад/с	9,42
1	2	3	4
Крутний момент для подолання сил тертя під час інерційного руху	M_2	Нм	1179,88...1287,15
Швидкість різання	v	м/с	6,59
Змінна здатність ВБУ	$P_{ЗМ}$	т/добу	388...423
Загальна циклічність ударних впливів буряка	$N_{\Sigma H}$	ц/добу	846000...1293300
Кількість ударних впливів на один ніж за зміну	N	ц/добу	35255...53887
Модуль пружності буряка		мН/м ²	5,3...7,8
Границя міцності м'якоті буряка		мН/м ²	2,4...2,6
Максимальне відносне стиснення бурякової м'якоті		%	50...60
Коефіцієнт тертя буряка По металу		%	0,96

Продовження таблиці 2.1

Беручи до уваги конструктивні особливості ВБ, підраховано, що щодоби кожен ніж сприймає від 37500 до 53542 ударних впливів. Виходячи з цих показників, визначаються моменти, що виникають при різанні коренеплоду (див. табл. 2.1). Відповідно до схеми, показаної на рис. 2.3, процес подрібнення буряка здійснюється за рахунок його інерційного руху по різучих крайках 24 ножів, закріплених на нерухомому циліндрі в площинах різання $a-a$, напрямлених під певним кутом α до різучої кромки ножа. Сили інерції, що виникають при ударному впливі подрібненого матеріалу на різучу частину ножа, створюють сумарні знакоперемінні швидкості різання, що діють на різучі кромки граней ножа [70, 71]. При цьому у випадку рубаючого під нахилом різання напрямом зусилля різання спрямовано на різучу кромку під кутом α , що розкладає швидкість різання v_p на складові: нормальну швидкість v_n , перпендикулярну різучій кромці, і дотичну швидкість v_t , що характеризує кавзне різання.

НУБІГ

НУБІГ



ІНІ

ІНІ

НУБІГ

України

Рис. 2.3 - Схеми розкладання сил, що діють на лезо ножа у площині $\alpha - \alpha$

Ніж встановлюється під кутом α до ріжучої поверхні. При цьому виникають: вертикальна сила P_y , що діє в напрямку різання; горизонтальна сила P_x , яка викликає протидію процесу різання; довжні дотичні сили P_t , викликані ковзанням подрібненого матеріалу по лезу ножа; нормальна складова сила P_n .

Залежно від значення кута, який можна умовно встановити в межах $0 \dots 90^\circ$, процес різання відбувається з різними співвідношеннями сил дії P_y і протидії P_x .

Виходячи з аналізу дії сил, всі випадки різання можна розділити на три групи, а процес подрібнення ножами здійснюється наступним чином:

- різання нормальним тиском силою P_n , без участі дотичної сили P_t і без поздовжніх переміщень буряка по лезу ножа;

- різання із врахуванням дотичної сили P_t і поздовжнього руху буряка по ріжучій кромці, але без ковзання;

- різання з врахуванням дотичної сили P_t при наявності ковзання, при цьому кут установки ножа α більше кута φ , котрий характеризує нормальну силу P_n .

НУБІГ

України

Виходячи з конструктивного рішення ВБ і схеми контакту буряка з ріжучою кромкою, при її подрібненні у стружку процес різання слід віднести до третьої групи. Різання при цьому посилюється циклічністю навантаження від кожного наступного ударного впливу коренеплоду на ріжучі кромки грані ножа.

Наслідком такого удару є в першому випадку є низькі показники надійності (усуваються повторними перезаточуваннями ріжучої кромки, і, як наслідок, зменшення довжини країв ножа нижче гранично допустимих розмірів), в другому випадку - втрата працездатності через втому руйнування ріжучого краю, що вимагає тільки заміни ножа.

В обох випадках різко знижуються якісні показники стружки, та збільшуються перешкоди проникності паренхімальної клітини. Це призводить до погіршення виходу бурякового соку і необхідності збільшення терміну його дифузійної обробки. Низькі показники надійності і довговічності також призводять до необхідності частого ремонту і обслуговування. Все це призводить до збільшення собівартості виробництва цукру і втрат цукрози при переробці.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

2.3 Обґрунтування структурно-технологічних схем для підвищення зносостійкості і межі витривалості на згин граней ножа

Як було встановлено в розділі 1, виходи з ладу ножа характеризуються не втратою працездатності, а різкою зміною якості бурякової стружки. При цьому притуплення ріжучих країв призводить до поступового збільшення втрат цукрози з 2-5% на початку зміни до 28-30% в кінці. Виходи з ладу ріжучих кромки виправляють щомісячними перезаточуваннями, кількість яких визначається картиною подрібнення, що відображається у потовщенні стружки, обмежене 4-5, після цього ножі вибраковують.

Дана обставина свідчить про доцільність підвищення зносостійкості ріжучих країв граней ножів. Необхідно створити умови зносу, при яких довжина стружок (див. малюнок 5) протягом робочої зміни і до її кінця складе 14-11 м на 100 г навіски.

Значна кількість (близько 35%) ножів відбраковується через поломку ріжучих кромки або окремих ділянок, або по всій довжині граней (див. малюнки 10, 11). Поломки відбуваються з двох причин. Одна з них - навантаження, викликані ударними коренеплоду по верхівках граней ножа від відцентрових сил з моментом близько 2000 Нм. Їх циклічність при добовій потужності ВБ 425 т становить близько 50 000 ударів, що, відповідно, викликає руйнування втоми. Другою причиною руйнування ріжучих країв по довжині грані є попадання сторонніх твердих матеріалів (замерзлих грудочок землі, крижин і заморожених коренеплодів).

Ця обставина також обумовлює необхідність збільшення межі витривалості на згинання граней і, отже, міцності втоми.

Відповідно до розглянутих причин виникання дефектів і низьких показників напрацювання на відмовлення, для підвищення довговічності ножів потрібно використовувати конструктивно - технологічні методи зміцнення ножів. Вони полягають у використанні нових методів розрахунку і вибору конструкції, раціональних матеріалів і технологій відновлення і зміцнення ножів [96].

Найбільш ефективними конструкторськими рішеннями для підвищення довговічності є зниження рівня впливу динамічних навантажень на ріжучі кромки

і грані ножа шляхом зміцнення їх дна і верхівок, а також зміни марки матеріалу. Замість використовуваного в даний час інструментальної вуглецевої сталі У7, яка має добру ударостійкість, але схильна до притуплення, розтріскування і викришуванню ріжучої кромки, необхідно використовувати добре перевірені при використанні в ріжучих інструментах корозійностійкі, зносостійкі, стійкі до розтріскування і викришування сталі мартенситного класу 40X13.

Технологічно підвищення довговічності можливо за рахунок поліпшення властивостей матеріалу при формуванні ріжучих поверхонь. Заміна технології механічної обробки на обробку тиском призводить до поліпшення властивостей матеріалу. Термомеханічна обробка дозволяє значно підвищити зносостійкість і міцність ріжучих кромки і граней ножа. Завдяки нормалізації, що призводить до утворення дрібнозернистої однорідної структури, повинна підвищуватися міцність, в'язкість і зносостійкість країв ножа.

Як встановлено багатьма дослідженнями, методи об'ємного і поверхневого пластичного деформування підвищують втомлювальну міцність металу. Ефект затвердіння досягається шляхом створення значних залишкових компресійних напружень в поверхневих шарах деталі, що протидіють напруженню розтягу від зовнішнього навантаження.

При формуванні граней ножа шляхом фрезерування структура по перерізу ромбовидної грані однорідна за будовою. Механічна обробка не має зміцнювального впливу на цю конструкцію, на відміну від гісі, що утворюється після обробки тиском (прокатка, кування або штампування). Коли сили, що перевищують еластичну деформацію матеріалу, застосовуються в певному напрямку, то виникають умови, які призводять до утворення тангенціальних ліній ковзання і, відповідно, до зсувів і розшаруванню металевої конструкції [97]. Зсуви переміщують одну частину кристалічної решітки відносно іншої, супроводжуються одночасним обертанням певного обсягу кристалічної решітки під певним кутом, в залежності від напрямку деформації.

Подібною є структура матеріалу в площинах зсуву і дублювання, так як всі спотворення кристалічної решітки призводять до подрібнення зерен і, відповідно, до зміцнення матеріалу. При обробці тиском дендритна будова мікроструктури, деформується та перетворюється у волокнисту, яка добре ілюструється елементом кованого колінчастого валу (рис. 2.4).



Рис. 2.4 - Волокниста орієнтація структури при деформації

Напрямок і будова волокон залежать від напрямку деформації і, в разі наявності змінного профілю, безперервно повторюють його контури по всій глибині металевого шару. Як встановили дослідники в області матеріалознавства, механічні властивості матеріалу деталі вздовж перерізу мають більш високі характеристики міцності і в'язкості, ніж поперечний переріз деталі.

2.5 Дослідження напружено-деформованого стану і схем формоутворення при відновленні і зміцненні граней ножа

Обробка тиском у спеціальному штампувальному інструменті дозволить цілеспрямовано підвищити зносостійкість і ударну міцність граней ріжучих кромek ножів [98-114].

Відновлювальні операції з усунення деформованих країв ножа зі зміненими розмірами і геометричною формою ромбовидного профілю, що призводять до ускладнення роботи заточування ріжучих кромek, проводяться в штампувальному пристрої зі змінними деформуючими елементами (рис. 2.6).

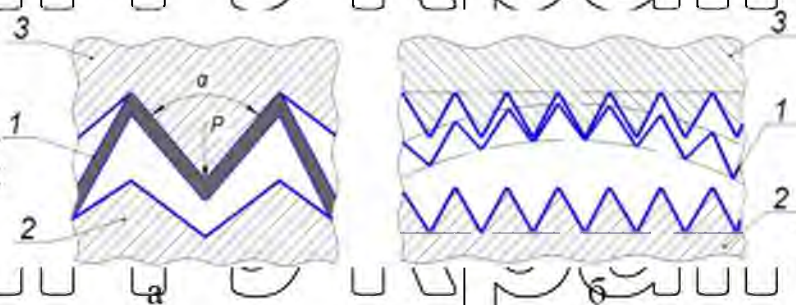


Рис. 2.6 - Діаграма формування ножових граней при відновленні деформованих граней (а) і деформації площини (б)

Грані деформуючих елементів матриці і пуансона штампа є конструктивно відзеркаленими формі і розмірам відновлюваного ножа. Відповідно до прийнятої схеми формування відновлюваний ніж встановлюється в грані матриці 2 штампа. Пуансон 3, під дією сили P , одночасно впливає на всі грані ножа, усуваючи при цьому деформацію форми граней (рис. 2.6, а) і деформацію площини (рисунок, 2.6, б). Процес відновлення завершується, коли елементи штампа повністю зімкнуться.

При розробці схеми формоутворення граней були прийняті умови, згідно з якими піддавалися обробці тиском ножу із деформованими гранями та заготовки товщиною 6 мм. На рис. 2.7 наведено схеми утворення граней ножа.

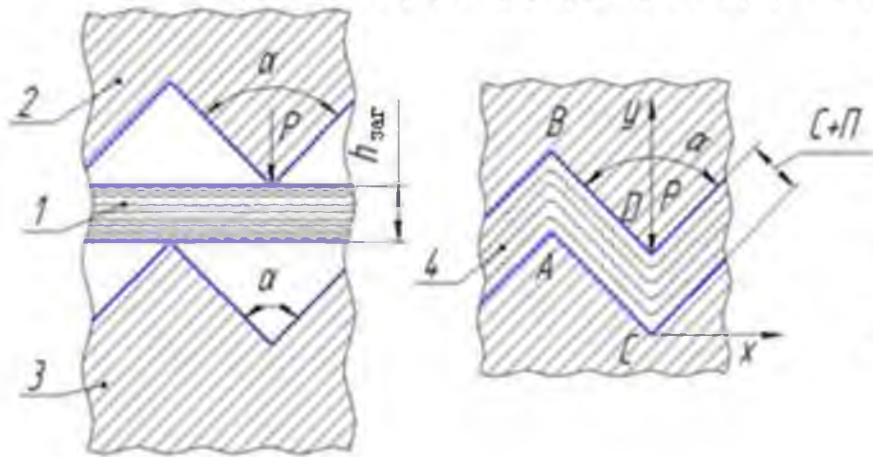


Рис. 2.7. Схема формоутворення граней при їх відновленні та зміцненні:

1 - заготовка; 2 - пуансон; 3 - матриця; 4 - сформовані грані ножа;
 P - застосування сили деформації; h_{zag} - товщина заготовки;
 $C + \Pi$ - товщина заготовки з припусками

Нормальні сили деформації були проаналізовані за одним елементом граней методом ліній ковзання [98, 107-110]. У зв'язку з тим, що при деформації заготовки 1 на деформуючій поверхні пуансону 2 і формуючій поверхні матриці 3 виникають максимальні дотичні напруження $\tau = k$, перша сім'я ліній ковзання в точках їх контакту буде спрямована дотично і перетинає матрицю під кутом $\phi = \pi/2$. На цій основі лінії ковзання AB по сформованих гранях ножа повинні належати до першого сімейства і утворювати бічні поверхні і піки граней ножа, а лінії ковзання AC і BD - до другого сімейства і утворювати також бічні стінки граней 4 і їх впадини.

Нормальні напруження σ_n , МПа, при деформації заготовки визначаються

$$\sigma_n = 2k(1 + \varphi), \quad (2.14)$$

виразом:

$$\sigma_n = 2k\left(1 + \frac{\pi}{2}\right).$$

де φ - кут повороту ліній ковзання від точки А до точки В, град.

Раніше вважалося, що деформуючі і формоутворюючі площини пунсона і матриці взаємно паралельні, тобто $\varphi = \pi/2$. Тоді:

$$\sigma_n = 2k\left(1 + \frac{\pi}{2}\right).$$

За умови, що при тангенціальному зсуві вираз (40) прийме форму

$$k = \frac{1}{\sqrt{3}}\sigma_s.$$

$$\sigma_n = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_s\left(1 + \frac{\pi}{2}\right) = -\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 2,57\sigma_s = -1,155 \cdot 2,57\sigma_s = -2,87\sigma_s \quad (2.16)$$

де σ_s - напруження текучості матеріалу, МПа.

Враховуючи, що напруження, що діє у поперечному перерізі пунсона за координатою у, має вигляд

$$\sigma_y = \sigma_n \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (2.17)$$

Сила P_1 , Н, що діє при утворенні однієї грані, розраховується за формулою:

$$P_1 = \sigma_n \sin \frac{\alpha}{2} S. \quad (2.18)$$

де s - площа поперечного перерізу одного сектора пунсону, м².

На основі даних, отриманих у виразі (41), рівність (43) буде записана наступним чином:

$$P_1 = 2,87\sigma_s \sin \frac{\alpha}{2} S. \quad (44)$$

Конструктивно ніж складається з ріжучих граней, тому і пуансон з матрицею складається із n деформуючих і формуютьючих граней. Тоді загальне зусилля деформації можна записати у вигляді:

$$P_1 = 2.87 \sigma_s \sin \frac{\alpha}{2} S n. \quad (2.20)$$

За формулою (45) можна визначити силові параметри пресового обладнання і характеристики міцності штампувального обладнання. Формування граней ножа з висотою 8 мм, з урахуванням припусків на механічну обробку, забезпечується шляхом перерозподілу металу по довжині грані.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика мікрометражних досліджень

Мікрометражним дослідженням піддавали ріжучі грані ножів з метою встановлення поступової зміни їх геометричних параметрів. Вивчали як ріжучі кромки, так і якість формування класних поверхонь ножа, наявність припусків на фінішну механічну операцію та прокатку.

Кількісно вибірці піддавали по 24 продефектованих ножа після кожної операції штампування та механічної обробки.

При контролі дефектних ножів перевіряли глибину зношування ріжучих кромки за місцем максимального зношування по довжині грані ножа після змінного напрацювання. Контроль довжини l грані здійснювали штангенциркулем ШЦ-П-250-0,05, ГОСТ 166-80, товщину грані h - мікрометром МК-7, а сплюсненість граней H - візуально за місцем наявності максимальної сплюсненості з подальшою фіксацією її величини (рис. 3.1).

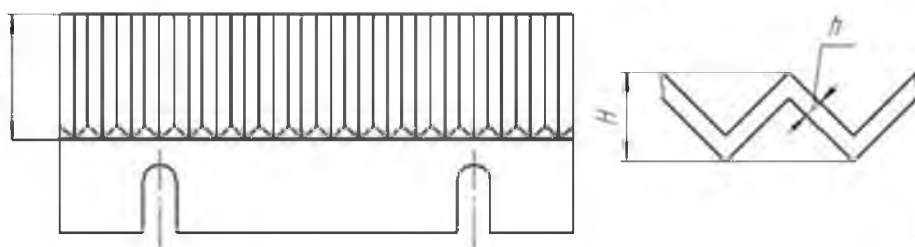


Рис. 3.1. Контроль зношених поверхонь за місцем максимальної сплюсненості

Наявність втомлених руйнувань фіксували візуально з наступним виміром глибини руйнування по довжині ріжучої грані.

Шорсткість поверхонь ріжучих граней контролювали за зразками шорсткості згідно з ГОСТ 9378-73.

3.2 Методика дослідження процесу штампування та прокатки при відновленні та зміні граней ножа

Для досягнення мети дослідження, що передбачає розробку технологій відновлення деформованих та змінення ріжучих граней, та відповідно до прийнятої схеми формоутворення теоретично встановлені форма та розміри заготовка, що враховують суворо певний обсяг металу, що забезпечує отримання привалювальної та ріжучої площин з ромбоподібними гранями. При цьому розраховані зусилля деформації, за рахунок чого протікає процес штампування і накатки.

Процес пластичної деформації керується та контролюється такими факторними показниками, як зусилля деформації P з розподілом по осях x та y , температура нагрівання деталі T , а також швидкість деформації.

Зусилля деформації встановлювали і контролювали тензорезисторним датчиком, а в міру остидження деталі - показниками падіння тиску преса від 280 до 260 МПа манометром.

Температуру реєстрували за показниками початкової температури, контрольованої піропатроном, встановленим у розплав солі $BaCl_2$. Верхня межа нагріву становила $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$, глибину прогріву оцінювали часом знаходження заготовки в розплаві солі.

Швидкість деформування змінювали від 0,04 до 0,16 м/с, інтервал варіювання було прийнято рівним 0,02 м/с, ступінь деформації $\theta, 1$.

Кількість повторів кожного експерименту приймалося рівним трьом, що, згідно [120, 121], дозволяє забезпечити 95% достовірність результатів дослідів.

При штампуванні заготовок контролювали формоутворення привалочних та ріжучих поверхонь ножів та їх відповідність геометричній формі та

конструктивним параметрам. Якість усунення кривизни ріжучої площини при відновленні фіксувати їх прямолінійністю.

3.3 Методика дослідження показників твердості

Показник твердості матеріалу дозволяє оцінювати такі експлуатаційні параметри ножів, як зносостійкість, ріжуча здатність, оброблюваність шліфуванням та різанням. Поряд з цим твердість поверхні дає можливість опосередковано оцінювати межу міцності та витривалість на вигин ріжучих граней.

Поверхневу твердість ріжучих граней ножа досліджували методом Роквелла [125]. При цьому використовували шкалу для твердих матеріалів.

Для оцінки міцності параметрів ріжучих граней ножа доцільним є аналіз показників по глибині зміцненого шару методом визначення мікротвердості, заснованим на вдавнюванні чотиригранної алмазної піраміди в шліф зрізу контрольованої поверхні з інтервалом 0,25 мм глибиною.

Мікротвердість деформованої поверхні перевіряли приладом ГМТ-3 шляхом виміру збільшеного відбитка на мікроскопі та наступного розрахунку за формулою [126]:

$$H_{\mu} = \frac{P}{F}, \quad (3.1)$$

де P – навантаження на алмазну піраміду, Н;

F – площа поверхні відбитка, м^2 .

3.4 Випробування витривалості на вигин

При розробці методики дослідження опору ріжучих граней втомі враховували рекомендації, наведені у ГОСТ 25.504-82 та інших джерелах [138-

140], що базуються на розрахункових методах обґрунтування конструкції елементів машин. У роботі використаний експериментальний метод, що базується на вібраційних навантаженнях граней ножа. Для цих цілей була використана вібраційна установка ВУ 5/5000, що забезпечує режимні характеристики, які цілком задовольняють умови подрібнення цукрових буряків у

відцентровій установці:

- діапазон зміни частоти коливань 5...5000 Гц;
- максимальне прискорення процесу стійкості до згину $a_{max} = 20 \text{ Н/см}^2$;
- максимальна амплітуда коливань $A_{max} = 3/1,8 \text{ мм}$;
- маса деталей - до 5 кг.

Випробуваний ніж 1 (рисунок 3.2) встановлювали площинного привалки 2 на спеціальне пристосування 3 на столі вібростенду.

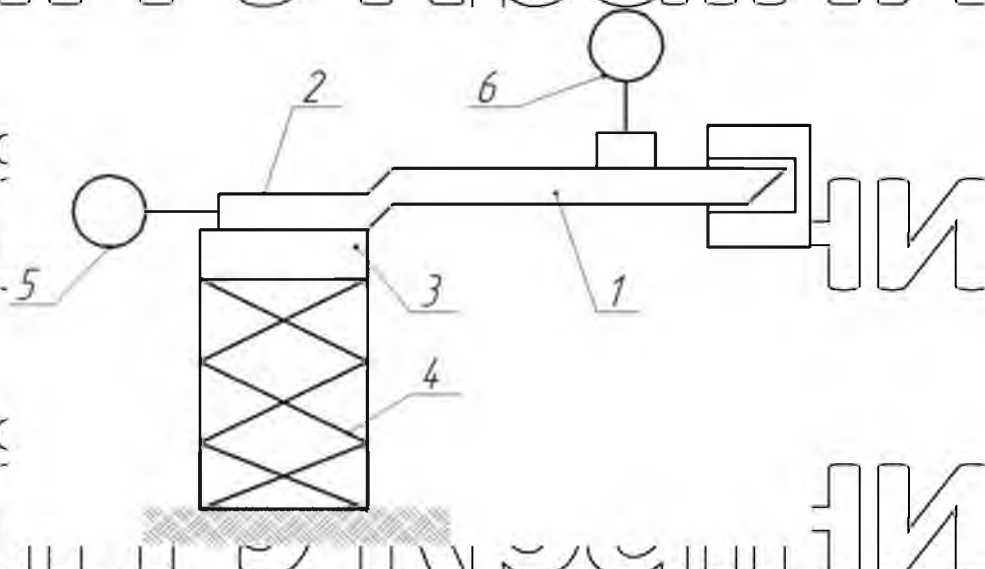


Рис. 3.2. Схема установки для дослідження витривалості на згин

Частоту коливань, створюваних вібратором 4, фіксували та встановлювали датчиком вібратора 5 та вимірним приладом 6. Час випробувань - до моменту появи руйнувань ріжучих граней ножа. Параметри витривалості на вигин визначали порівнянням даних серійного та експериментального зміцненого ножів.

3.5 Випробування на зносостійкість

Зносостійкість експериментальних ножів досліджували відповідно до рекомендацій, встановлених ГОСТ 30480-97 [141] за циклом прискорених випробувань на зносостійкість. При цьому вирішувалося завдання вибору найкращих конструктивно-технологічних рішень та оцінки безвідмовності та довговічності експериментальних ножів для подрібнення цукрових буряків.

При лабораторних випробуваннях використовували метод моделювання умов зовнішнього впливу з оцінкою фрикційно-зношувальних характеристик

пари тертя «ролик - колодка» на машині тертя за схемою, представленою на рисунку 3.3.

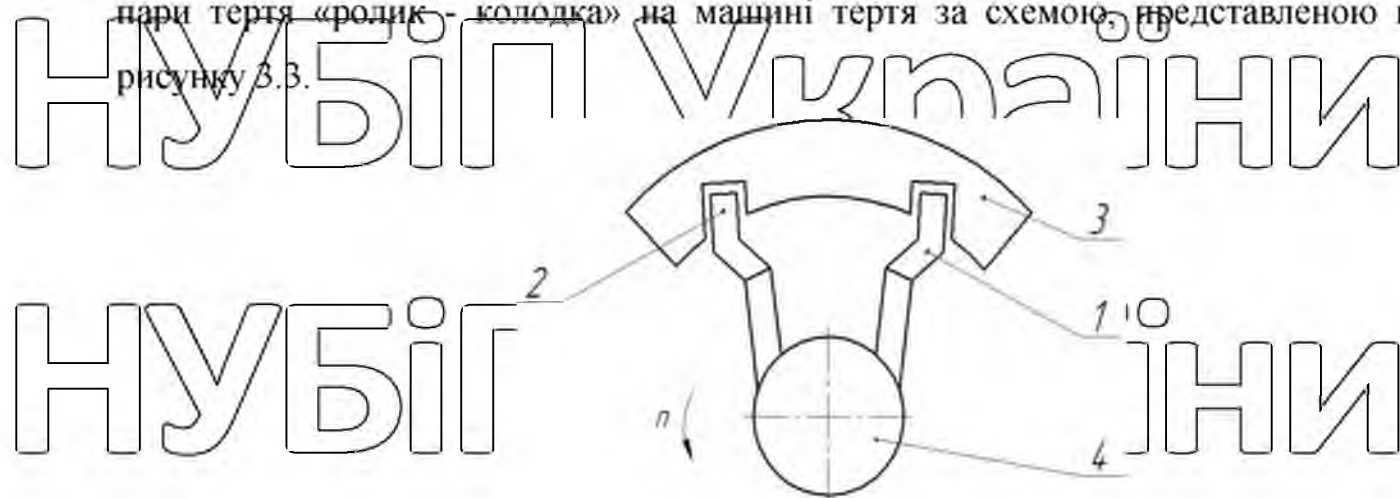


Рис. 3.3. Схема установки для випробувань ножів на зносостійкість

Стирання одночасно піддавалися два ножі: експериментальний 1 і сталонний 2, ніж, який використовується в виробництві. Ножі фіксували у спеціальній колодці 3, що забезпечує їх постійний притиск до ролика 4, виготовленому з конструкційної підшипникової сталі ШХ15, загартованої до твердості HRC65.

Для охолодження використовували 5% розчин соляної кислоти, що імітує кисле навколишнє середовище.

3.7 Виробничі випробування

Експлуатаційним випробуванням у реальних виробничих умовах на ВАТ «Балашівський цукровий комбінат» піддавали ножі, встановлені в 12-рамну бурякорізню установаку відцентрового типу.

Як об'єкти дослідження прийняті:

ножі бурякорізні серійні, що відповідають ТУ 3-750003-27-94, виготовлені на Луганському механічному заводі фрезеруванням кріпильної, привалкової та багатогранної різальної площини зі сталі У7;

ножі бурякорізні серійні із усуненими коробленнями;

ножі бурякорізні експериментальні, виготовлені за параметрами, описаними в патентах № 130542 та 150113, з зміцненими ріжучими гранями зі зносо- та корозійностійкої сталі 40X13.

З метою створення ідентичних умов випробувань відцентрову бурякорізну установку комплектували двоножовими рамками з ножами за схемою: 1, 3, 5, 7 - рамками з серійними та 2, 4, 6, 8 - рамками з експериментальними ножами. Це дозволило контролювати технічний стан ножів та якість бурякової стружки щозмінно під час проведення технічного обслуговування ЦС.

Реєстрацію технічного стану ножів при експлуатації здійснювали відповідно до регламенту, встановленого на підприємстві, згідно з яким заточування ріжучих кромок та заміну ножів з граничними зносами та втомними руйнуваннями проводили після закінчення кожної зміни. На заводі дефектацію проводили за шаблоном, на якому встановлені лінії: жовта характеризує допустиме зношування, а червона - граничний (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Карта дефектації ножів під час експлуатації

Періодичність перевірок, год.	Кількість перезаточок ріжучих кромок за шаблоном		Втомні пошкодження, мм
	Жовта лінія	Червона лінія	
12	Допустима кількість перезаточок 4-5	Гранична кількість перезаточок 5-6	3
24			
36	Величина зменшення довжини ріжучої кромки при перезаточенні 1,0-1,2 мм	Величина зменшення довжини ріжучої кромки при перезаточенні 1,0-1,2 мм	
48			
60			
72			

Розділ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Обґрунтування режимів пластичної деформації ножів

Основними показниками обробки тиском заготовок у штамповому оснащенні є технологічні режими, що характеризують температуру переддеформаційного нагріву, зусилля та швидкість деформації. Тільки при їх оптимальних значеннях можна отримати ніж з підвищеними показниками геометричної форми, розмірів поверхонь, опору зносу і втомному руйнуванню.

Експериментальні дослідження штапвової оснастки проводили відповідно до рекомендацій В.С. Маслова та В.М. Шаповала [143].

Дослідження температури переддеформаційного нагріву ґрунтувалися на умови використання високих пластичних властивостей матеріалу на початку процесу деформації та їх забезпечення протягом усього періоду деформації з урахуванням охолодження. При цьому важливим фактором рубіжку приймалося забезпечення конструктивних форм і розмірів ножа і змищення ріжучих граней. Результати експерименту наведено у таблиці 4.1.

Виходячи з даних експериментальних досліджень, слід зробити висновок про доцільність формоутворення ножа в інтервалі температур 950...1050 °С. Деформація при знижених температурах веде до низької якості формоутворення ріжучих граней, зниження швидкості деформування та показників міцності оснащення. Підвищена ж температура не дає жодних технічних переваг і негативно впливає на структурну міцність металу.

При правці ножів, виготовлених з інструментальної вуглецевої сталі У7 і У8, оптимальною прийнята температура в інтервалі 550 – 600 °С, що відповідає температурі нормалізації.

Експериментальна оптимізація режимів в пластичній деформації

Температура перед-деформаційного нагрівання, °С	Зусилля деформації, кН	Швидкість деформування, м/с	Якість формоутворення
800	1150	0,0017	Не до кінця сформовано розділ привалювальної та ріжучої площин, не витримано ромбічної форми граней.
850	1150	0,0028	Розділ площин сформований, більш якісне утворення ромбічної форми граней
900	1100	0,0021	Формоутворення якісне, ромбоподібна форма граней дотримана
950	980	0,0018	Формоутворення якісне, ромбоподібна форма граней дотримана
1000	750	0,00085	Формоутворення якісне, ромбоподібна форма граней дотримана
1050	530	0,00075	Формоутворення якісне, ромбоподібна форма граней дотримана
1100	400	0,00064	Формоутворення якісне, ромбоподібна форма граней дотримана

4.2 Результати мікрометражних досліджень

На відміну від прийнятої технології виготовлення ножів, заснованої на механічній обробці привалювальної та ріжучої площин з пластини товщиною 12 мм та з розмірами, що повністю відповідають конструктивним (рисунк 4.1), за дослідженою технологією ножі формували із заводських заготовок товщиною 5 мм та розмірами, представленими у додатку А.

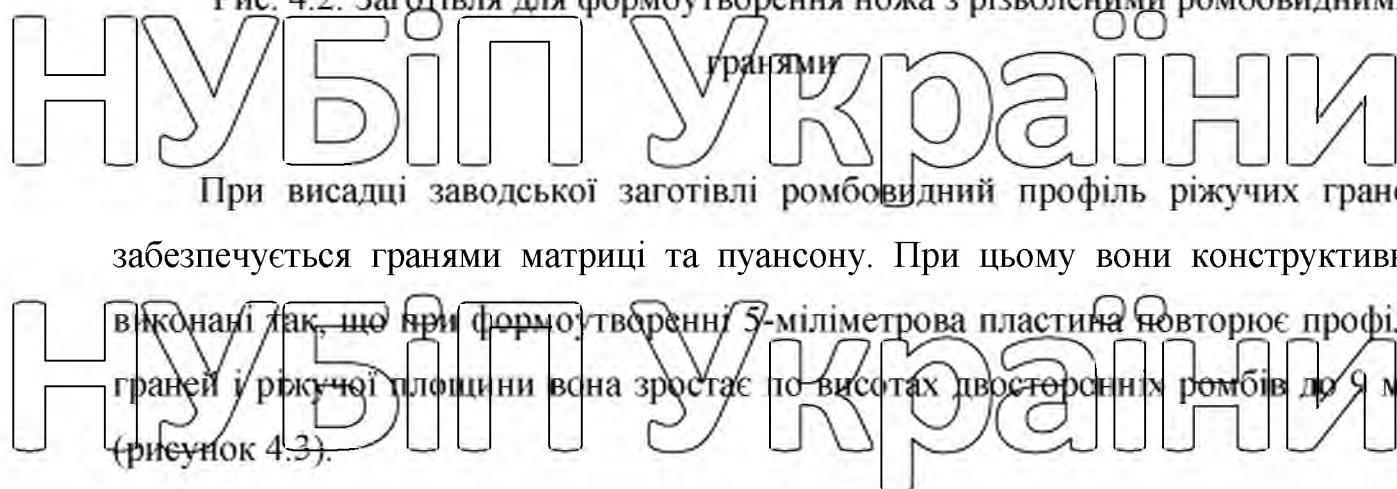


Рисунок 4.1 - Ніж, виготовлений механічною обробкою

З рис. 4.1-4.4, можна констатувати більш ніж дворазове підвищення коефіцієнта використання матеріалу за запропонованою технологією.



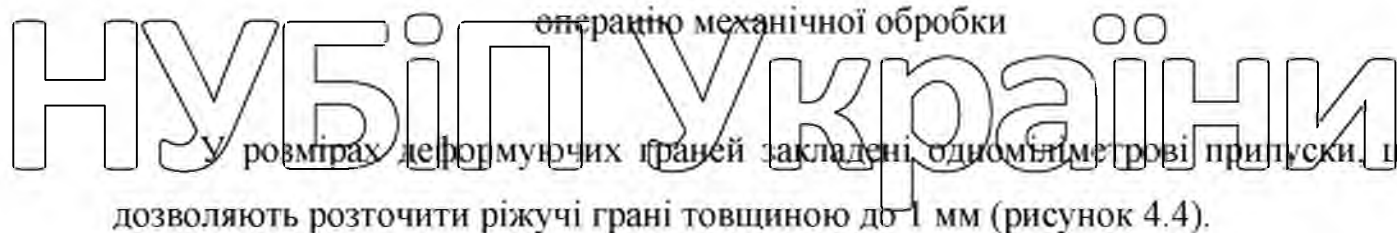
Рис. 4.2. Заготівля для формоутворення ножа з різьбленими ромбовидними гранями



При висадці заводської заготівлі ромбовидний профіль ріжучих граней забезпечується гранями матриці та пуансону. При цьому вони конструктивно виконані так, що при формоутворенні 5-міліметрова пластина повторює профіль граней і ріжучої площини вона зростає по висотах двосторонніх ромбів до 9 мм (рисуюнок 4.3).



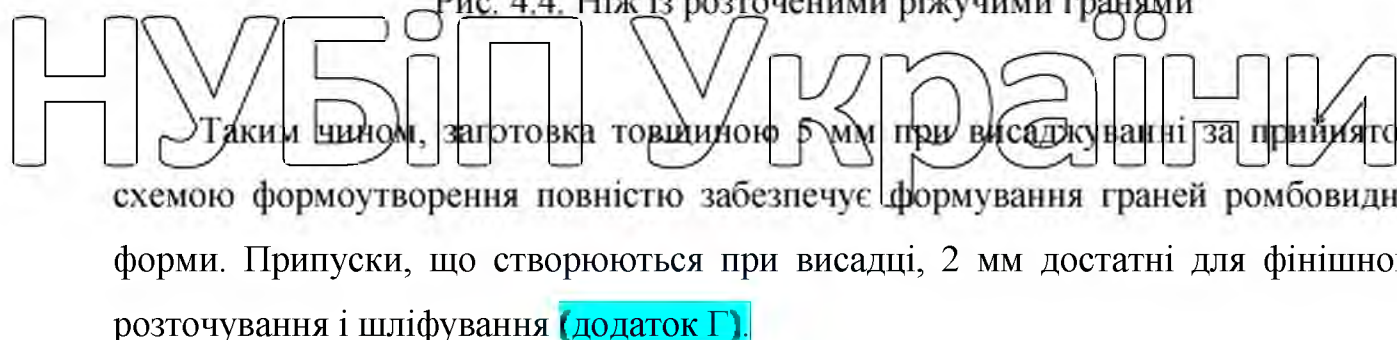
Рис. 4.3. Формоутворення ріжучих граней із припусками на фінішну операцію механічної обробки



У розмірах деформуючих граней закладені, одинмільметрові припуски, що дозволяють розточити ріжучі грані товщиною до 1 мм (рисуюнок 4.4).



Рис. 4.4. Ніж із розточеними ріжучими гранями



Таким чином, заготовка товщиною 5 мм при висаджуванні за прийнятою схемою формоутворення повністю забезпечує формування граней ромбовидної форми. Припуски, що створюються при висадці, 2 мм достатні для фінішного розточування і шліфування (додаток Г).

4.3 Дослідження показників, що характеризують ресурсні параметри ножів

Середній ресурс об'єкта, що досліджується, характеризується його напрацюванням від початку експлуатації до досягнення граничного стану, коли подальша експлуатація повинна бути (для нашого випадку) припинена з причин [148]:

- різкого погіршення функціональних та параметричних показників, що характеризуються погіршенням якості продукції, зниженням обсягу її випуску, значними ресурсними втратами;
- економічної недоцільності випуску продукції внаслідок різкого підвищення вартості її виробництва та ринкової неконкурентоспроможності.

Цей оцінний критерій характеризує безвідмовність та довговічність ножів для подрібнення цукрових буряків. При аналізі їх дефектного стану, встановлено, що превалюючими факторами, що ведуть до експлуатаційних відмов та граничного стану, є низька витривалість на згин та зносостійкість.

4.4 Результати мікро- та макроструктурних досліджень

Пластичний вплив на метал при різних режимних показниках супроводжується зміцнюючими або розміцнюючими наслідками. У зв'язку з цим мікроструктурний стан ріжучих площин ножа є характерним для призначення схеми формоутворення та режимів деформації.

Мікроструктурний стан ріжучих граней досліджуваних ножів характеризується прихованокристалічним мартенситом з карбідами хрому (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Мікроструктура досліджуваних ножів (x300)

Мікроструктура ріжучих площин ножів, виготовлених за традиційною технологією, є грубогільчастим мартенситом (див. рисунок 4.6)

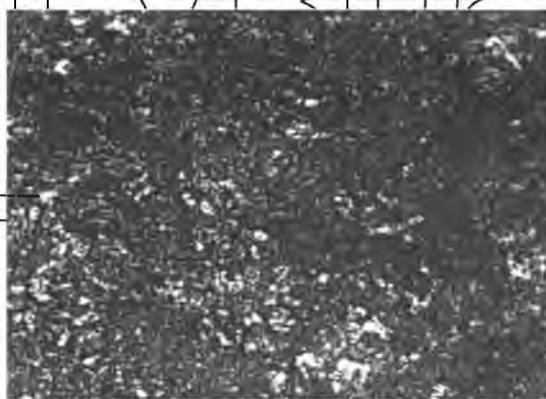


Рис. 4.6. Мікроструктура серійних ножів (x300)

Таким чином, очевидний загальний зміцнюючий ефект досліджуваної технології по всьому перерізу граней ножа.

Зміцнення структури також обумовлюється зміною дисперсності зерен, що протікає за рахунок їх подрібнення та утворення мозаїчної структури, витягнутості зерен та структури в цілому у напрямку тангенціального зсуву при деформації граней ножа. Безперечно, це веде до підвищення зносостійкості та витривалості граней на вигин.

Макроструктура граней ножа, виходячи з даних мікроструктурного аналізу, безперервно повторює напрямок зсуву та характеризується волокнистістю по всьому ромбічному профілю.

4.5 Аналіз показників виробничих випробувань

До завдань експлуатаційних випробувань, проведених у виробничих умовах

ВАТ «Балашівський цукровий комбінат», входили:

- перевірка частоти перезаточень ріжучих кромek;
- перевірка дефектувальних ознак при вибракуванні ножів;
- довжина бурякової стружки,
- проникність бурякової стружки.

Якість технологічної операції подрібнення цукрових буряків

характеризується довжиною бурякової стружки, що забезпечується лише технічним станом ножа у досліджуваній тривалості різання.

Кожне наддопустиме затуплення ріжучої кромки ножа слід врахати відмовою, що виникає поступово, протягом тривалого часу через процесу зношування. Внаслідок відмови виникають проблеми, пов'язані зі зміною характеру подрібнення буряків, погіршенням якості стружки та, як наслідок, недоотриманням сахарози.

Виробничими дослідженнями процесу подрібнення встановлено залежність виходу якісної стружки від технічного стану ножа. Ножі, виготовлені за традиційною технологією (рисунок 4.7), зношуються інтенсивно та фактично після кожної зміни вимагають перезаточування (додаток С).

Показники зношування відновлених ножів, виготовлених зі сталі У7 та У8, практично збігаються з показниками серійних ножів.

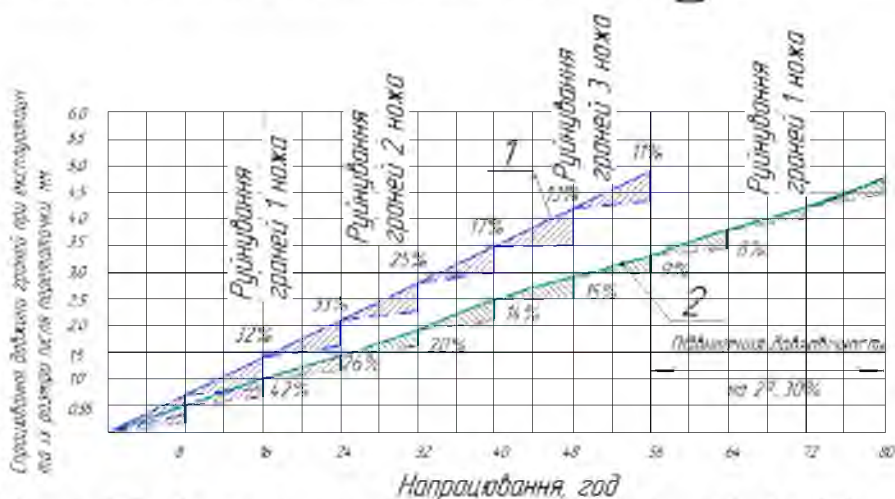


Рисунок 4.7 – Графік залежності зношеного стану довжини граней на показники безвідмовності та довговічності в експлуатаційних умовах:

1 – традиційний ніж; 2 – експериментальний ніж.

Відповідно до прийнятої методики виробничих випробувань як основні умови встановлено регламент проведення ремонтно-обслуговуючих робіт, прийнятий на ВАТ «Балашівський цукровий комбінат» для відцентрової бурякорізної установки. При цьому перезаточення ріжучих кромки ножів здійснювали після кожної зміни, що характеризується оціночними показниками напрацювання на відмову і до досягнення граничної величини зносу, яка визначає довговічність ножа.

Мікрометражними дослідженнями (див. рис. 4.7, графік 1) встановлено, що величина зношування довжини граней у серійних ножів становить 0,2 мм. При цьому повністю зношуються ріжучі кромки граней, два кути заточення яких на торці (рисунок 4.8) забезпечують якість стружки.



Рис. 4.8. Форма заточування ріжучих кромки граней ножа

При зносі та втраті встановлених кутів $\alpha = 75...80^\circ$ та $\alpha_1 = 50...60^\circ$ процес різання буряків супроводжується деформуванням стружки, що різко погіршує вихід із неї сахарози. З цієї причини подальша експлуатація ножів без перезаточення недоцільна. На цій підставі цього реєструють відмову ножа, що зумовлює показник напрацювання на відмову протягом однієї зміни (8 год).

Нерівномірне зношування довжини граней по ширині ножа веде до необхідності знімання 0,5 мм металу для вирівнювання торців до заточування ріжучих кромки. При усуненні першої відмови довжина граней ножа коротіє на 0,7 мм. Для забезпечення однакового вильоту кромки ножів у подібному вікні нерухомого циліндра у кожену рамку бурякорізної установки монтують два ножі з однаковими довжинами граней. На цій підставі обидва ножі розточуються по максимальному зносу граней пари.

При продовженні експлуатації ножів спостерігається подібна тенденція до процесу зношування. Інтенсивність укорочення довжин граней у період напрацювання 24 год перевищила 30%. Після чотирьох змін роботи інтенсивність

зношування почала знижуватися, що, на нашу думку, пов'язано зі зміною умов процесу подрібнення, так як при зменшенні довжини граней їхня витривалість на вигин підвищується і припадає на фарбування ріжучих кромок. Ця обставина підтверджує теоретичні передумови, наведені у розділах 2.2 та 2.5.

Після 56 год напрацювання, при усуненні семи відмов, ножі, виготовлені за традиційною технологією, досягають граничного стану за ознакою вибракування - довжині граней, що характеризує їх довговічність.

Механізм зношування експериментальних ножів немає принципових відмінностей від серійних (див. рисунок 4.7, графік 2). Він відрізняється лише величинами зношування і припусків, що припадають на заточування ріжучих кромок.

Зношування довжини грані зміцненого експериментального ножа після 8 год напрацювання становить 0,1 мм. Це вдвічі менше зносу серійного ножа. Стан ширини граней ножа загалом такий, що у перезаточку необхідний припуск 0,3 мм. У зв'язку з усуненням першої відмови довжина грані експериментального ножа зменшується в сукупності на 0,4 мм. Дана обставина свідчить про процес зміцнення граней, що відбувся, пластичним деформуванням.

Дещо підвищена інтенсивність зношування в початковий період експлуатації пояснюється, як і для випадку з серійними ножами, складністю подрібнення буряків в початковий період, більш тонкому і, отже, частому проході коренеплоду по ріжучій кромці. Проте навіть у цей час зносостійкість експериментальних ножів підвищується на 30 %. Надалі зменшення величини зношування і постійний припуск на перезаточення при щозмінних усуненнях відмов забезпечують наявність металу по довжині граней. Це збільшує час досягнення граничного стану довжин граней на 24 год, що становить три зміни роботи відцентрової бурякорізної установки у виробничих умовах. Показник довговічності експериментальних ножів досягає 88 год.

З метою підвищення межі витривалості на вигин граней ножів було запропоновано конструктивне вдосконалення, що полягає у потовщенні дна грані на кут β_2 , що становить $2...3^\circ$ від ріжучої кромки до основи. За результатами експлуатаційних випробувань з восьми випробуваних ножів було забраковано через руйнування та поломки граней:

серійних ножів: після 2-ї зміни – 1; після 4-ї - 1 та після 6-ї зміни - 1 ніж, що склало 25 %;

експериментальних ножів: після 8-ї зміни – 1 ніж, що становило 8 %.

За 56-годинний цикл напрацювання з 12 піддослідних руйнування зазнали

25% серійних ножів та 8% експериментальних, що свідчить про підвищення показника межі витривалості на вигин за рахунок зміцнення стінок граней та потовщення їх дна та вершини.

Підвищення показника межі витривалості на вигин конструктивно вдосконалених граней ножів та його зміцнення пластичним деформуванням свідчать про досягнення поставленої мети.

Виходячи з розглянутих у підрозділі 1.2 видів, наслідків та критичності відмов, у роботі проаналізовано процес подрібнення та його якість, що регламентуються напрацюванням на відмову та довговічністю ножів за якісною ознакою одержуваної бурякової стружки.

Якість стружки характеризується її довжиною 100 г навішування і проникністю, кількістю розчиненої в буряковій стружці сахарози (рнеунск 4.5).

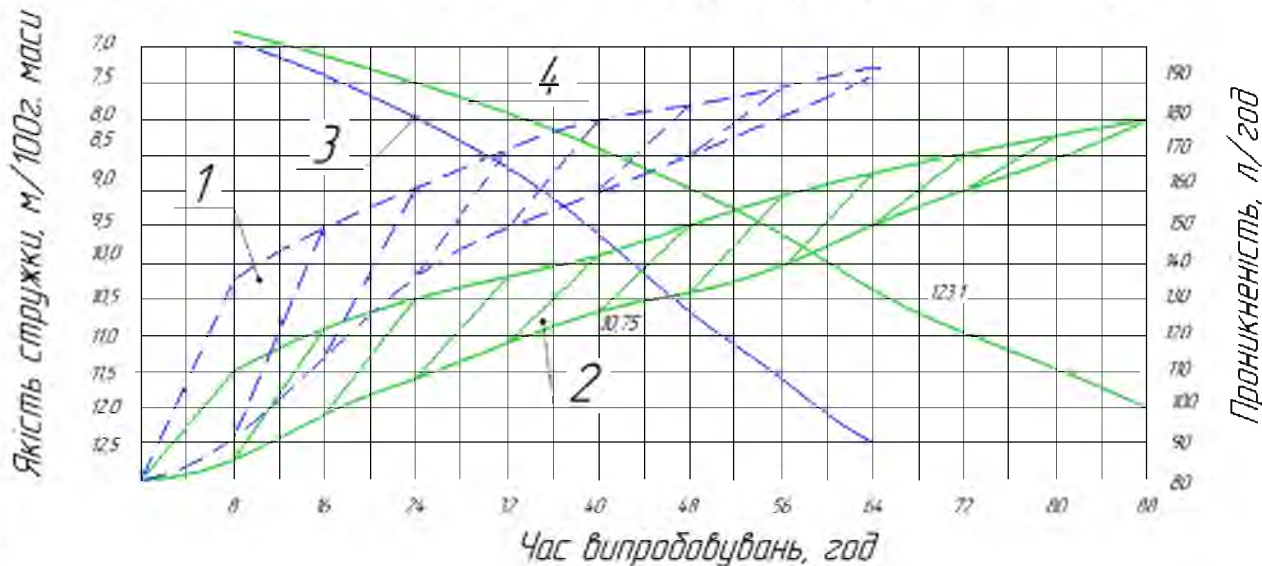


Рис. 4.9 - Зміна довжини та проникності бурякової стружки:

1, 3 - довжина та проникність стружки від традиційного ножа, відповідно;

2, 4 - довжина та проникність стружки від експериментального ножа, відповідно

У початковий період подрібнення буряків довжина стружки знаходиться в інтервалі 14,0...14,5 м. У подальшому, в міру затуплення та зносу ріжучих крайок

граней ножа, цей показник погіршується, і вже наприкінці першої зміни довжина стружки від серійних ножів зменшується на 27%. Після усунення першої відмови шляхом торцювання та заточування ріжучих граней у початковий період другої зміни довжина стружки збільшується з 10,24 до 12,41 м (див. рис. 4.9, графік 1).

Це забезпечує 190,5% проникність, що цілком задовільно для виробництва (див. малюнок 4.9, графік 3).

У експериментальних ножів (див. рис. 4.9, графік 2) довжина стружки зменшується після першої зміни на 18%, що пояснюється підвищеною стійкістю зміцнених ріжучих кромки до затуплення та зносу. Буряк подрібнюється якісніше, без деформацій меж зрізів.

Після заточування довжина стружки збільшується з 11,51 до 12,78 м, що забезпечує більшу проникність, що становить 191,5 % (див. рис. 4.9, графік 4). Встановлено, що у міру продовження експлуатації характер зменшення довжини та проникності стружки

взаємопов'язаний із змінним зносним станом граней (див. рис. 4.9). Після кожної наступної зміни у зв'язку зі зношуванням показник довжини стружки зменшується на 7-8%, картина аналізованого параметра після усунення відмов перезаточування ідентична.

Після шостої зміни довжина стружки вкорочується до граничного стану 8-7 м з падінням проникності до 90-80 %, що на підставі графіків, представлених на рисунках 4 та 6, зумовлює показник довговічності традиційних ножів 48-56 год напрацювання.

Зменшення довжини та проникності стружки, отриманої при подрібненні буряків експериментальними зміцненими ножами, менш інтенсивне. Довжина досягає граничного стану 8 м до 11 зміни. Проникність при цьому становить 95%.

Відповідно до графіків 1 і 2 (див. рис. 4.9), процес зміцнення граней експериментальних ножів наочно ілюструється полями розсіювання величини довжини стружки після настання відмови та її усунення.

Таким чином, зміцнення граней ножів пластичною деформацією дозволяє підвищити довговічність ножів на 40-45% і забезпечити при цьому допустимі показники якості стружки.

4.6 Аналіз механічних показників зміцнення граней

Зв'язку з конструктивними особливостями ножів бурякорізних установок ріжучі грані товщиною 0,8–1,0 мм при термомеханічній обробці прожарюються наскрізь, тому цілком достатньо прийняти виміри в трьох точках, що характеризують крайні та середні стани грані.

Показники мікротвердості, що найбільш достовірно характеризують міцність ріжучих граней за їх перерізом, а також опір ріжучих кромки зношування, дозволяють зробити висновок про позитивний вплив процесу деформації ножів.

Порівняльні показники мікротвердості представлені рисунку 4.10.

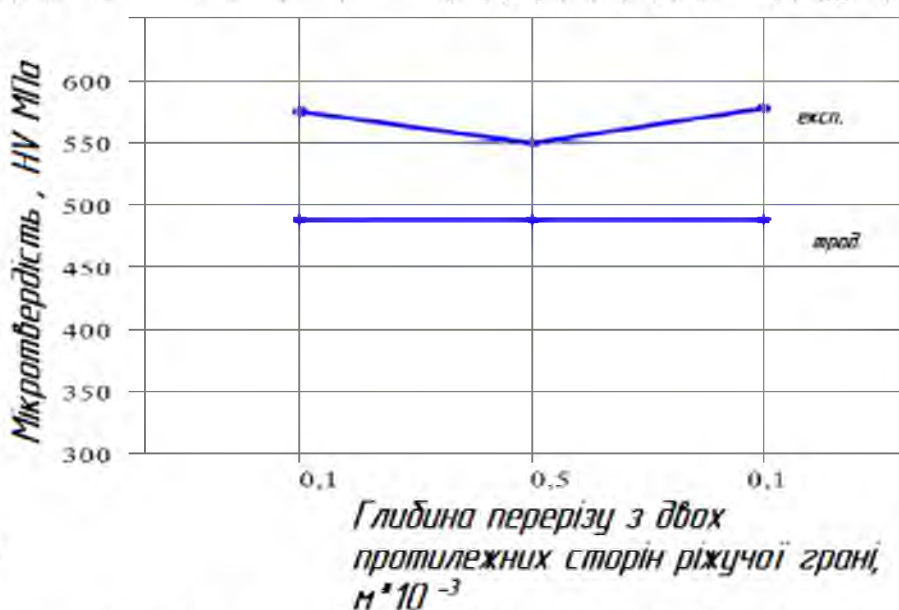


Рис. 4.10 - Показники мікротвердості перерізу ріжучої грані

Мікротвердість у крайових ділянках граней експериментальних ножів досягає 580 МПа, а у граней ножів, виготовлених за традиційною технологією, – 485 МПа. Ця обставина підтверджує наявність ефекту зміцнення при прокатуванні на 27%. Характерним є розподіл мікротвердості по глибині шару. У серійного ножа вона однакова по всій товщині перерізу, а експериментального – знижується на 40 МПа (рисунок 4.11). Це свідчить про більш щільну будову зерен по краях грані, що пояснюється процесом двійникування в кінці висадки, що підтверджується ілюстрацією мікроструктури (рисунок 4.11).

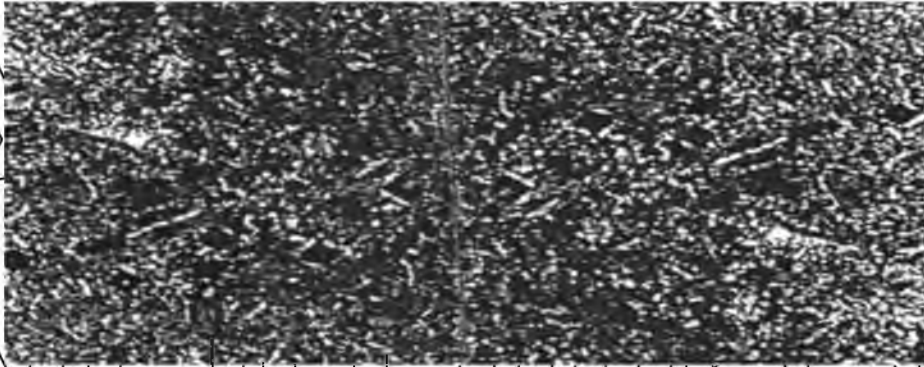


Рис. 4.11 - Зміна мікротвердості за глибиною шару ($\times 225$, $P = 200^\circ$; 136°)

Дещо знижена мікротвердість у центрі перерізу грані дозволить підвищити її стійкість до утворення субмікротріщин. Зважаючи на незначну товщину ножа та повне прожарювання граней, показники поверхневої твердості знаходяться в межах 55-60 HRC.

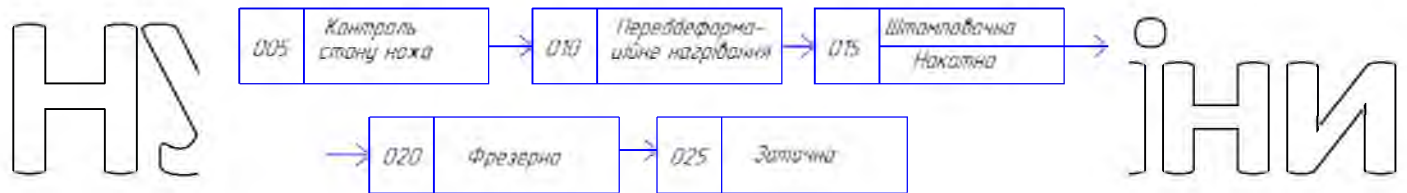
4.7 Технологічний процес відновлення та зміцнення ножів до ВБ

Теоретичними та експериментальними дослідженнями встановлено доцільність підвищення довговічності ножів до ВБ. Це дозволить підвищити якість подрібнення буряків, ресурсозберігаючи показники цукрового виробництва за рахунок підвищення ефективності виходу бурякового соку та знизити експлуатаційні витрати у зв'язку з підвищенням середнього ресурсу до списання ножів та зменшенням кількості перезаточок.

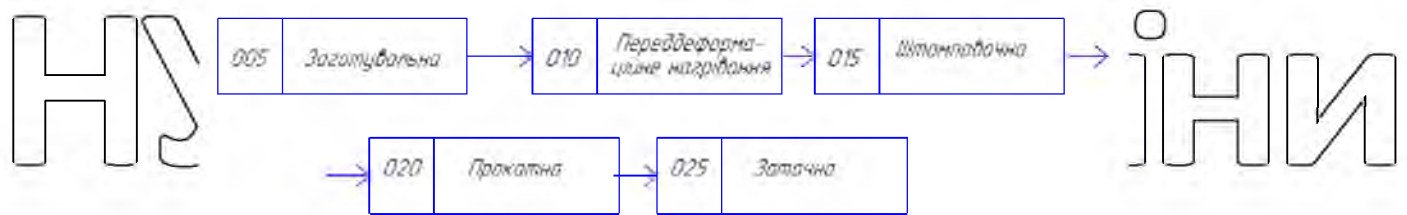
Заготівельна операція - вирубування з листа товщиною 5 мм заготовки з встановленими розмірами під подальшу операцію пластичної деформації. Для цієї мети використовується вирубний штамп, що встановлюється на кривошипний прес К 2130 С, де формуються розміри профілю ножа і лави установки.

Технологічні процеси відновлення та зміцнення ножів представлені на рис.

4.12.



а



б

Рис. 4.12 — технологічні процеси виготовлення ножів:
а — серійних; б — експериментальних

Під термічною операцією слід розуміти нагрівання заготовки до температури 1050 °С. Її здійснюють у цеховій установці ТВЧ.

Штампувальна операція висаджування заготовки з формуванням привалювальної та різальної площин з гранями ромбовидної форми.

Здійснюється у спеціальному штамповому оснащенні (див. малюнки 31 та 32).

Фрезерна операція є фінішною двосторонньою обробкою різучих граней багатопозиційною різальною фрезерною голівкою (див. рис. 33).

Заточна операція — заточування різучих граней. Її здійснюють на спеціальному заводському устаткуванні.

Висновки

1. У роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання підвищення довговічності ножів відцентрових бурякорізок за рахунок удосконалення технологій відновлення та зміцнення граней, спрямованих на забезпечення якості подрібнення цукрових буряків.

2. Обґрунтовано основні показники процесу подрібнення цукрових буряків, що виникають від впливу відцентрових та інерційних моментів під час переміщення буряків у ЦС. Силним аналізом робочого процесу встановлено доцільність збільшення довговічності ножів шляхом підвищення зносостійкості та межі витривалості на вигин.

3. Встановлено та досліджено технологічні та конструктивні удосконалення при відновленні та зміцненні ножів, що полягають у усуненні деформацій та викривлень граней та створенні потовщення дна та висоти під додатковим кутом $\beta = 2...3^\circ$, що забезпечує поступове потовщення від 1 мм у ріжучої кромки до 2-5 мм до вершини грані (патент № 130942) методом гарячого пластичного деформування (патент № 150113).

4. Розроблений технологічний процес з комплектами оснастки для відновлення та зміцнення бурякорізних ножів пластичним деформуванням дозволив за рахунок покращення фізико-механічних характеристик підвищити їхню довговічність на 27...30 %. Підвищення відносної зносостійкості ріжучих кромок (1,2) та межі витривалості на вигин (25 %) забезпечили позитивне підвищення довжини стружки на 18...20 % та проникності стружки на 16...18 %;

5. Встановлено енергосилові режимні параметри технологічного процесу відновлення та зміцнення бурякорізних ножів пластичним деформуванням, проведено виробничу перевірку технології та оснащення. Річний економічний ефект від впровадження результатів дослідження у виробництво за річної виробничої програми 30 тис. шт. ножів становитиме 1,5 млн грн.

6. Рекомендовано для виробництва використовувати розроблені технології відновлення та зміцнення ножів у системі ремонтно-обслуговуючих заходів цукрових виробництв.

Літературні джерела

1. Novitskiy A., Karabinhosh S. Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. Machinery & Energetics. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 2. 241. P. 106–121.

2. Novitskiy Andriy. Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. MCTROL. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 123–128.

3. Бабка В. М., Новицький А. В., Харківський І. С., Бабка Ю. В. Аналіз конструктивних особливостей, умов роботи та особливостей відновлення працездатності ножів машин переробки цукрових. Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems: III Міжнародна науково-практична конференція, 14-16 квітня 2021 року, м. Кропивницький: тези конференції. ЦНТУ, 2021. С. 41–43.

4. Болтяська Н. І. Підвищення експлуатаційної надійності машин і обладнання тваринництва прогнозуванням кількісного та номенклатурного складу запасних частин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. 05.05.11. Таврійська ДАТА. Мелітополь. 2005. 23 с.

5. Валентас, К. Дж. Пищевая инженерия : справочник.: под ред. К. Дж. Валентаса и А. Л. Ишевского. СПб.: Професия, 2004. 848 с.

6. Гребенюк С. М. Технологическое оборудование сахарных заводов. М.: Лег. и пищ. пром-ть, 1983. 342 с.

7. Карабинеш С. С., Ружило З. В. Ремонт машин и оборудования. Берлин: Lambert, 2014. 180 с.

8. Карабиньш С. С., Кучерявий В. М., Шугайло Ю. В. Обґрунтування технічного стану ножів сегментних. Механізація і електрифікація сільського господарства. 2011. Вип. 95. С. 368–374.

9. Коваленко В.С. Лазерні технології: завоювання нових позицій / Вісн. НАН України. -2000. -№1. -С 11-22.

10. Моделирование технологических процессов и оборудования переработки предприятий. Монография. Сухенко В. Ю., Сухенко Ю. Г., Сарана В. В., Муштрук М. М. / за редакцією В. Ю. Сухенко. ЦП «Компрінт». 2017. 520 с.

11. Науменко А. О. Розробка способу підвищення експлуатаційної стійкості ножів дванадцятирамних відцентрових бурякорізок. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Вип.183. Харків. 2017. С. 155–159.

12. Новицький А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11, No 2. P. 115–124.

13. Новицький А. В., Банний О. О. Статистичний аналіз функціонування ремонтної служби України. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 12. No 2. P. 39–47.

14. Новицький А. В., Засуцько А. А., Хмельовська С. З. Оцінка та підвищення рівня надійності ножів засобів для приготування і роздавання кормів. Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК: VII-а Міжнародна наукова конференція в рамках роботи XXXI Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2019». м. Київ, Україна, 04-07 червня 2019 року: тези конференції НУБіП України. Київ. 2019. С. 82–83.

15. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Класифікація робочих органів типу «ніж» засобів для приготування і роздавання кормів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262 (2017). С. 287–296.

16. Пат. 1481259 А1 СССР, МКИ С21D1/09. Способ лазерной закалки / Памфилов Е.А., Северин В.Д. (СССР). - №4276203/31-02; Заявл. 22.04.87; Опубл. 23.05.89, Бюл. № 19.-4 с.

17. Пат. 2062817 С1 РФ, МПК С23С14/00, 14/26. Способ повышения износостойкости режущих инструментов / Костин Г.В. (RU), Гордон А.М. (RU) Федоров Э.Л. (RU), Гречка В.Д.(UA), Данилов О.Ю. (UA) и др. - №5030949/10; Заявл. 11.02.92; Опубл. 27.06.96, Бюл. № 18. - 3с.

18. Пат. 42467 України, МКП (2009) С21D1/09, С23С14/00. Комплексний спосіб підвищення зносостійкості бурякорізальних ножів. Фабричкінова І.А. та ін. Заявл. 05.01.2009; Опубл. 10.07.2009, Бюл. №13, 2009 р.

19. Пат. 57072 України, МКП (2011.01) C23C8/24, C23C14/56.

Вакуумноплазмовий спосіб зміцнення різального інструмента з вуглецевої сталі / Гаркуша І.Є. та ін. - Заявл. 13.07.2010, Опубл. 10.02.2011, Бюл. №3, 2011 р.

20. Патент на корисну модель України 419949 МПК C21D 1/25 (2006.01),

C21D 9/573 (2006.01), C21D 9/38 (2006.01). Спосіб термомеханічної обробки

Сталі 50ХГА. Котречко О. О., Котречко С. О., Ружи́ло З. В., Новицький А. В.

Державна служба інтелектуальної власності України. Київ, u201705734, заявлено від 09.06.2017; опубліковано 10.10.2017, Бюлетень № 19/2017.

21. Патент на корисну модель України 121471 МПК C21D 1/56. № [c21d](#)

[1/56. Спосіб термічної обробки сталіх деталей.](#) Котречко А. А., Ружи́ло З. В.,

Новицький А. В., Покиленко Г. М., Новицький Ю. А. Державна служба інтелектуальної власності України. Київ, u201705335, заявлено від 31.05.2017;

опубліковано [11.12.2017](#). Бюлетень №23/2017.

22. Рудик Ф. Я., Скрябина Л. Ю., Ковылин А. П. Дефектное состояние

ножей к центробежным установкам и повышение их усталостной прочности.

Ремонт, восстановление, модернизация. 2014. № 8. С. 22–26.

23. Рудик Ф. Я., Богатырев С. А., Ковылин А. П., Тулиева М. С.

Повышение эффективности измельчения сахарной свеклы в центробежных свеклорезах. Вестник МГУ. 2021. №1. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-izmelcheniya-saharnoy-svekly-v-tsentrob>.

24. Ружи́ло З. В., Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень

надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс

агропромислового, лісового та транспортного комплексів», Харків. 2016, Вип. 2.

С. 223–231.

25. Сухенко Ю. Г., Сухенко В. Ю., Василів В. П., Кудашев С. М., Пушкар

Т. Д. Показники надійності обладнання харчових виробництв від зносо- та корозійної стійкості базових деталей. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2013. Вип. 44(2). С. 362–365.

26. Сухенко, Ю. Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв [Текст]: Підручник / Ю. Г. Сухенко, О. А. Литвиненко, В. Ю. Сухенко; під ред. професора Ю. Г. Сухенка. К.: РВЦ НУХТ, 2010. 547 с.

27. Фабричнікова І. А., Коломієць В. В. Дослідження способів підвищення зносостійкості бурякорізних ножів. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Вип. 59 «Механізація с/г виробництва», Харків: ЦП Черв'як, 2007. С. 394–397.

28. Ярчук М., Калініченко М., Чупахіна В. та ін. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків (Правила усталеної практики 15.83-37-106:2007) / Під кер. Шангєєва В. Вид-во «Цукор України», К., 2007. С. 64–75.

НУБІП України

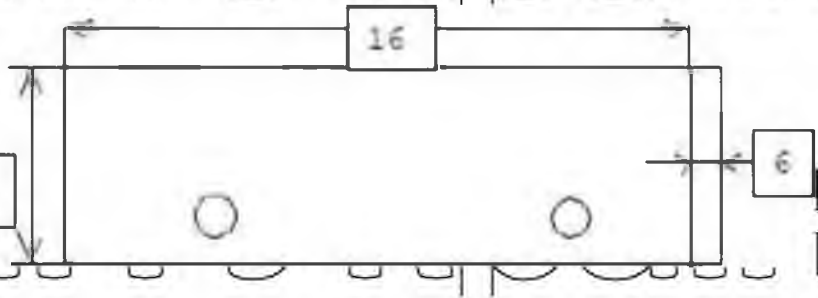
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Дані мікрометражних досліджень деформації заготовок у штампувальному обладнанні

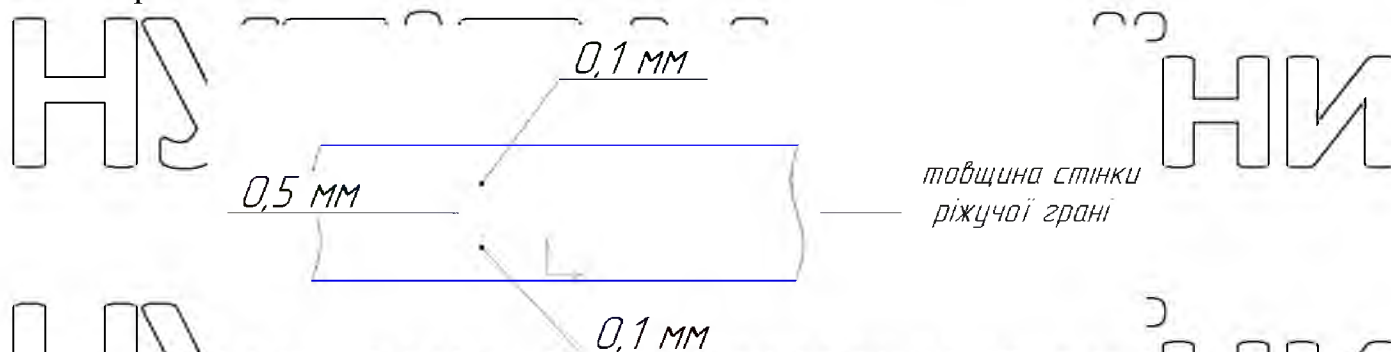
При вивченні технологічного процесу виготовлення ножів в штампувальному обладнанні використовувалася заготовка зі сталі 40Х13, розміри і форма якої виправдані методом розрахунку.



№ п/п.	Перевірені параметри деформаційної заготовки			
	Ширина посадкової площини 45 за кресленням Мм	Довжина ріжучого краю, 48 мм за кресленням	Товщина стінки ріжучих кромок, мм	Кут граней ромбічних поверхонь, град.
1	45 в усіх зразках забезпечується стабільно за рахунок установочних на штифти штампа 2 отворів у заготовки	49,34	2,86	75 В усіх зразках забезпечується стабільно за рахунок конструкції матриці і пуансона штампа
2		49,62	2,44	
3		50,03	2,56	
4		50,04	2,74	
5		49,83	2,76	
6		49,88	2,91	
7		49,92	3,02	
8		49,87	2,77	
9		49,88	3,04	
10		49,85	3,02	
11		49,83	3,02	
12		49,52	2,76	
13		49,63	2,83	
14		50,01	3,02	
15		49,73	2,81	
16		49,82	3,01	
17		50,04	3,01	
18		49,75	2,73	
19		49,79	2,82	
20		50,02	2,76	

Дані досліджень мікротвердості зразків з ножів зроблених із використанням традиційних та експериментальних технологій

При дослідженні мікротвердості зразків вимірювання показників проводилися за схемою:



№ п.п.	Показники мікротвердості VB. МПа					
	За традиційною технологією виготовлення			За експериментальною технологією виготовлення		
	Відста нь від стілки, 1,0 м	Відста нь від стілки, 0,5 мм	Відста нь від стілки, 0,1 мм	Відста нь від стілки, 1,0 м	Відста нь від стілки, 0,5 мм	Відста нь від стілки, 0,5 мм
1	484	482	480	550	549	551
2	475	479	478	570	552	570
3	485	486	485	583	554	581
4	480	481	480	578	550	576
5	475	475	476	584	549	584
6	471	464	470	575	551	575

Виробничі випробування ножів для подрібнення цукрових буряків на відцентрових бурякових заводах

На підставі договору про науково-дослідну роботу АТ «Балашівський цукровий завод» та ФСВП «Саратовський аграрний університет імені М. І.

Вавилова» від 12 жовтня 2013 року на тему: «Підвищення ефективності подрібнення цукрових буряків загартованими ножами поліпшеної конструкції» створено комісію для проведення виробничих випробувань у складі:

- від ВАТ "Балашівський цукровий завод"

- Саратовський аграрний університет імені М. П. Вавилова

К.Т.Н. Доцент Скрябіна Л.Ю., аспірант Ковитін А.П. - кафедра "Процеси та апарати харчового виробництва".

В якості об'єкта дослідження приймаються наступні:

- експериментальні ножі для різання буряків нової конструкції з підвищеною зносостійкістю і втому, розроблені в Вавиловському ДКАУ, виготовлені зі сталі 40X13:

- традиційні бурякові різання ножі, що відповідають ТУ 3-7501003-27-94, виготовлені з механічної обробки, виготовлені зі сталі U7;

- якісні показники бурякової стружки при шліфуванні буряка на відцентровому буряковому ріжучому заводі.

Мета випробувань:

встановлення показників експлуатаційної надійності експериментальних ножів для різання буряків, зіставлення результатів випробувань з даними з ножів, виготовлених за традиційною технологією.

- аналіз якості бурякової крихти, виробленої з використанням експериментальних і традиційних ножів.

Методологія дослідження:

- З метою створення однакових умов випробувань відцентровий буряковий завод повинен бути оснащений двоногими рамами з ножами за схемою: 1,3,5,7,9 - рами з традиційними ножами і 2,4,6,8 - рамами з експериментальними ножами:

контроль технічного стану ножів повинен здійснюватися відповідно до правил, встановлених на підприємстві:

- контроль габаритів і ріжучих країв ножів повинен здійснюватися кожну зміну при обслуговуванні обладнання:

- контроль якості бурякової тріски повинен здійснюватися кожної зміною в встановлені терміни, що відповідають відключенню установки для обслуговування зміни:

- контроль технічного стану ножів і якості бурякової крихти вести до тих пір, поки ножі не досягнуть максимального стану.

Результати випробувань

Порівняльні експлуатаційні випробування ножів, виготовлених за традиційними та експериментальними технологіями, встановили основні показники технічного стану ріжучих країв і країв, що характеризуються зносостійкість і міцність на втому, які визначають властивості надійності, довговічності і ремонтпридатності ножів:

- функціональні та параметричні стани, які встановлюють відповідність об'єктів дослідження подрібненню цукрових буряків відповідно до нормативних вимог.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

2 1e	16	0.71	1,01	12.11	10,80	188.9			
2e		0,70							
4 3e		0.71	0.99						
4e		0,69							
6 5e		0.70	1,01						
6e		0,71							
8 7e		0.69	1.00						
8e		0,70							
1 1Г	24	1,52	2,04	10.18	8,91	176.4	Не контр.		
2Г		1,52							
3 3Г		1.53	2,05						
4Г		1.54							
5 5Г		Заміна ножа							
6Г		1,53	2,03						
7 7Г		1.52	2.04						
8Г		1.53							
2 1e	24	1,22	1,52	10,65	10,43	182,2			
2e		1,20							
4 3e		1.18	1.48						
4E		1.17							
6 5E		1,20	1,51						
6e		1.21							
8 7e		1.18	1.48						
8A	1.18								
1 1Г	32	2.24	2,75	9,57	8,53	156.2	Не контр.		
2Г		2.25							
3 3Г		2.25	2,76						
4Г		2.26							
5 5Г		Заміна ножа							
6Г		2,23	2,73						
7 7Г		Руйнування граней ножів							
8Г		2,22	2,73						
2 1e	32	1.62	1,92	11,18	10,20	171.1			
2e		1.60							
4 3e		1,56	1.86						
4e		1,55							
6 5e		1.62	1,93						
6e	1.63								
8 7e		1.58	1.88						

	8e		1,56					
	1 1Г 2Г	40	2,93	3.43	9.09	8.18	128,4	
	3 3Г		2,92					
	4Г		2,94	3.45				
	5 5Г		2,95					Не контр.
	6Г		Заміна ножа					
	7 7Г		2,92					
	8Г		Заміна ножа					
			2,96					Не контр
	2 1e 2e	40	2,22	2,52	10,75	9,91	164.3	
	4 3e 4e		2,20					
	6 5e 6e		2,16	2,47				
	8 7e 8e		2,17					
			2,22	2,53				
			2,23					
			2,17	2,47				
			2,16					
	1 1Г 2Г	48	3.63	4,13	8.50	7,79	103,2	
	3 3Г 4Г		3,62					
	5 5Г		3.65	4,16				
	6Г		3.66					
	7 7Г		Заміна ножа					Не контр.
	8Г		3.63	4.14				Не контр.
			Руйнування країв ножів					брак
	2 1e 2e	48	2,63	2,93	10,45	9,57	151,2	
	4 3e 4e		2,62					
	6 5e 6e		2.57	2,87				
	8 7e 8e		2.57					
			2.62	2,93				
			2,63					
			2.56	2,87				
			2.57					
	1 1Г 2Г	56	4,38	4.86	7,97	7.61	97,4	
	3 3Г 4Г		4.36					
	5 5Г		4.37	4.88				
	6Г		4.38					
			Заміна ножа					Не контр
			4.36	4.86				

7 7Г		Заміна ножа					Не контр.			
8Г		Заміна ножа					Не контр.			
2 1е	56	3,07	3,37	10,00	9,18	138,5				
2е		3,08								
4 3е		3,02	3,33							
4е		3,03								
6 5е		3,06	3,36							
6е		3,06								
8 7е		3,03	3,34							
8А		3,04								
1 1Г	64	5,04	5,56	7,21		83,1				
2Г		5,06								
3 3Г		5,06	5,56							
4Г		5,05								
5 5Г		Заміна ножа						Не контр.		
6Г		5,04 5,54						Не контр.		
7 7Г		Заміна ножа						Не контр.		
8Г	Заміна ножа									
2 1е	64	3,48	3,37	8,95	8,77	123,4				
2е		3,46								
4 3е		Розбиття країв ножа					брак			
4е		3,43	3,74							
6 5е		3,45	3,75							
6е		3,45								
8 7е		3,45	3,76							
8А		3,46								
2 1е	72	3,89	4,20	9,12	8,47	103,1 103,1				
2е		3,90								
4 3е		Заміна ножа						Не контр..		
4е		3,84								
		4,15								
6 5е		3,86	4,16							
6е		3,84								
8 7е	3,85	4,15								
8А	3,83									

НУБІП України

Н	2 1e	80	4,30	4,61	8,77	8,24	97,6	Не контр.													
	2e		4,31																		
Н	4 3e		Заміна ножа						8,02	93,1	Не контр.										
	4e		4,24																		
Н	6 5e		4,27	4,57								8,02	93,1	Не контр.							
	6e		4,25																		
Н	8 7e		4,26	4,57											8,02	93,1	Не контр.				
	8e		4,27																		
Н	2 1e		88	4,72														5,02	8,02	93,1	Не контр.
	2e	4,70																			
Н	4 3e	Заміна ножа		8,02	93,1	Не контр.															
	4e	4,65																			
Н	6 5e	4,69					4,99	8,02	93,1	Не контр.											
	6e	4,68																			
Н	8 7e	4,68					4,98				8,02	93,1	Не контр.								
	8e	4,68																			

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України