УДК 686.12.056 (62-26)

П.Топольницький, канд.техн.наук; О.Черненко, ст. наук. с-к.
Українська академія друкарства

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ НОЖІВ ДЛЯ РІЗАННЯ БЛОКІВ ПАПЕРУ

У статті наведено результати експериментальних досліджень стійкості ножів, які коливаються з ультразвуковою частотою. Результати отримано під час досліджень ножів, зміцнених різними способами.

.

Лабораторні дослідження стійкості ножів проводилися непрямим способом з використанням токарного верстату. Рулон паперу за допомогою спеціальних оправок жорстко фіксувався в патроні і центрі верстату. На різцетримачі верстату встановлювалася стійка з тримачем, на якому монтувався магнітостріктор з ножем, крайка леза якого коливалася з ультразвуковою частотою.

Під час досліджень постійними величинами були: глибина різання $2{,}08\times 10^{-3}$ м, кут загострення леза 20^0, кут введення коливань 20^0 (кут між напрямком коливань леза та дотичною, проведеною через точку врізування вершини леза в рулон паперу). Різанню підлягав офсетний №1 папір.

Дослідження проводилися наступним чином. Рулону паперу надавалося обертання з постійною швидкістю у напрямку намотування паперового полотна. Різцетримачу із змонтованим на ньому магнітостріктором з різальним інструментом надавалася поперечна (перпендикулярна площині, в якій лежить вісь обертання рулону) подача. За один оберт рулону різцетримач разом із різальним інструментом переміщувався на $2{,}08\times 10^{-3}$ м (забезпечувалося автоматичною поперечною подачею різцетримача), що

відповідало обрізуванню умовного блоку, завтовшки 2,08 × 10^{-3} м. Швидкість розрізування рулону становила 0,4...0,5 м/с (в процесі різання діаметр рулону змінюється). Ширина смуги рулону, що відрізується, 3 × 10^{-3} м. Відрізана смуга паперу періодично відводилася із зони різання.

Стійкість різального інструменту визначалася періодичним вимірюванням сил різання [1] та оцінкою якості обрізування (візуально, шляхом порівняння з еталонним зразком та мікрофотографуванням). Контрольні вимірювання проводилися: до початку досліджень (новозагострений різальний інструмент); до 100 обрізаних умовних блоків (завдовжки 210 мм і завтовшки 2,08 мм) – після кожних 25 обрізаних блоків; під час припрацювання інструмента – після кожних 100 блоків і в подальшому – після обрізування чергових 500 блоків. Для проведення контрольних вимірювань магнітостріктор разом з різальним інструментом знімався з верстата і встановлювався на трикомпонентному динамометрі лабораторного пристрою. Реєстрація складових сил різання та якості обрізування проводилися під час обрізування брошурних блоків, виготовлених з друкарських №1 та №2, офсетних №1 та №2, типографського №2 паперів, які подавалися в зону обрізування із швидкістю 0,5 м/с зі збереженням умов проведення досліджень: кут введення коливань, ширина відрізаної смуги паперу тощо. Напрямок дії горизонтальної складової сили різання співпадає з напрямком подачі. Вертикальна складова лежить у площині різання і спрямована перпендикулярно до напрямку переміщення блока. Напрямок дії лобової складової перпендикулярний до площини різання (рис.1).

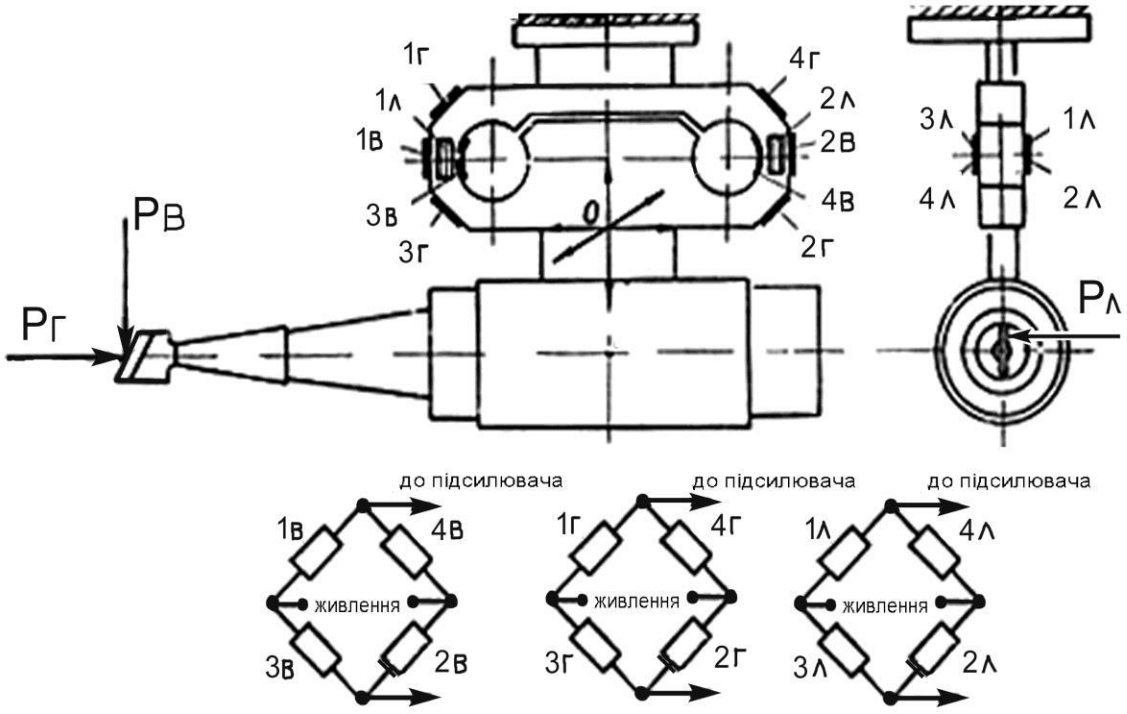

Рис.1. Схема трикомпонентного динамометра для вимірювання вертикальної Рв, горизонтальної Рг та лобової Рл складових сили різання

Під час досліджень обрізано 3375 умовних блоків, завдовжки 210× 10^{-3} м і завтовшки 2,08× 10^{-3} м. Залежності горизонтальної, лобової та вертикальної складових сили різання від кількості обрізаних умовних блоків наведені на рис. 2, 3 і 4.

З графіків видно, що процес припрацювання різального інструмента проходить під час обрізування перших 600 умовних блоків і супроводжується суттєвим збільшенням сил різання.

Рис.2. Зміна горизонтальної складової сили різання залежно від кількості обрізаних умовних блоків

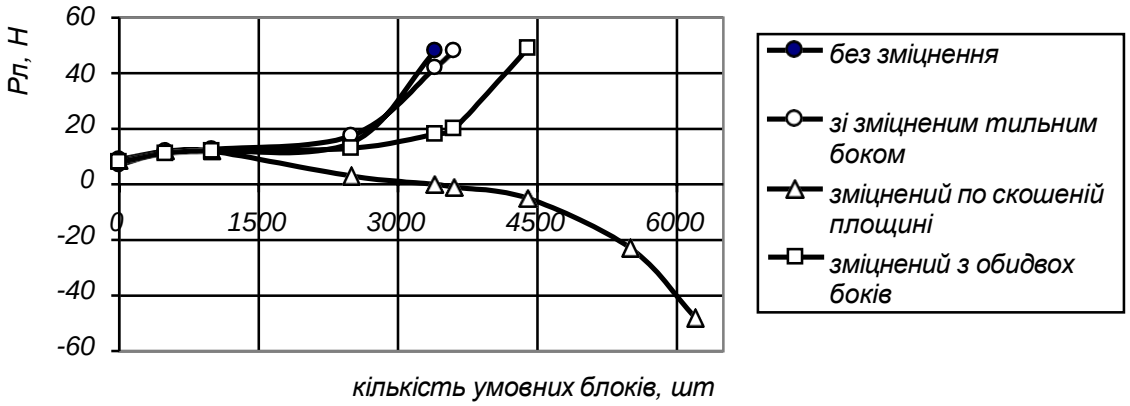

Рис.3. Зміна лобової складової сили різання залежно від кількості обрізаних умовних блоків

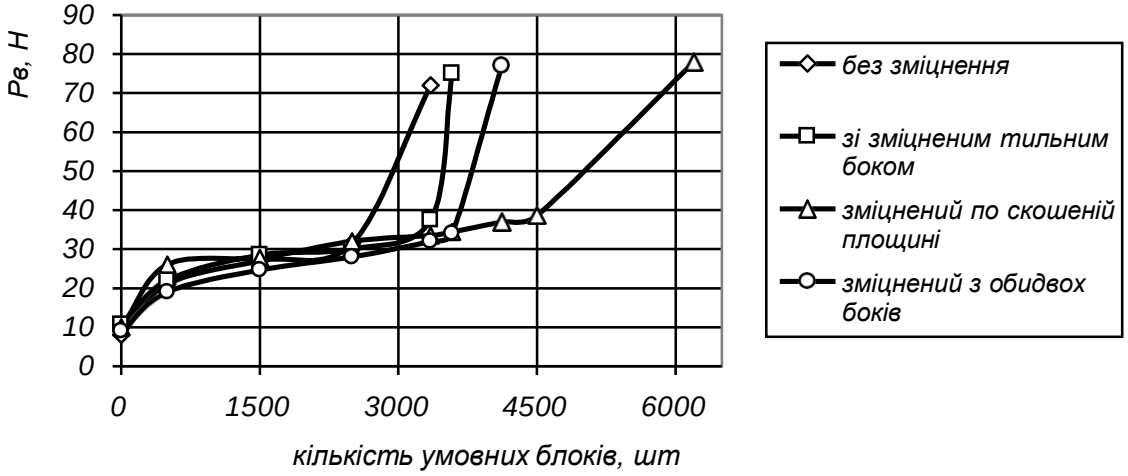

Рис.4. Зміна вертикальної складової сили різання залежно від кількості обрізаних умовних блоків

Такий характер зміни сил різання спостерігається впродовж обрізування 2500 умовних блоків. При цьому якість зрізу торцьової площини рулону та брошурних блоків є задовільною. Після 2500 різів і до кінця досліджень процес різання супроводжується утворенням значної кількості паперового пилу та погіршенням якості

площини зрізу рулона та брошурних блоків, що свідчить про затуплення різальної крайки леза. Зношування різальної крайки леза реєструвалося мікрофотографуванням.

Виявлено, що характер затуплення леза ножа, що коливається з ультразвуковою частотою, аналогічний до характеру затуплення (збільшення радіуса закруглення крайки леза) ножа при традиційному гільйотинному способі різання [2].

Після обрізування 2750 умовних блоків різко збільшилися зусилля різання та суттєво погіршилася якість площини обрізу. Почався процес злипання окремих аркушів, недорізування (виривання) ділянок площини зрізу, що свідчить про граничне затуплення різального інструмента..

Слід зауважити, що процес припрацювання ультразвукового різального інструмента (при порівняно малих силах різання) проходить швидше порівняно з процесом припрацювання леза ножа при традиційному способі різання [3]. Це пояснюється тим, що в процесі коливань під час обрізування блока крайка леза "проходить" в контакті з блоком значно більший шлях (порівняно з довжиною блока) і, як результат, інтенсивно "зношується" внаслідок значних сил тертя у зоні різання.

Під час досліджень була перевірена можливість збільшення стійкості різального інструмента шляхом нанесення (напилення) на робочі поверхні леза покриття з нітріду титану *(TiN)* методом іонно-плазмового напилення [4] на виробничому пристрої "Булат – Т". Вказане покриття має велику мікротвердість $H_м$-19ГПа і підвищену стійкість до абразивного стирання, високі адгезійні властивості щодо "підложки" (матеріалу інструмента, на який наноситься покриття). При стандартних режимах напилення товщина покриття наближено становить 7 мкм. Дослідження стійкості різальних інструментів, зміцнених шляхом напилення, проводилися за описаною вище методикою при дотриманні усіх режимів (кути загострення, введення коливань інструмента, величина подачі тощо).

Для виявлення ефективності зміцнення робочих поверхонь леза застосовувалися три однакові за геометричними розмірами різальні інструменти з різними варіантами нанесення зміцнюючого покриття: 1 – напилення зміцнюючого покриття на обидва боки леза; 2 – на тильний бік; 3 – на скошену площину леза.

Графіки залежностей зміни складових сили різання під час обрізування певної кількості умовних блоків наведені на рис. 2, 3 та 4.

Дослідження показали, що припрацювання зміцнених різальних інструментів відбувається під час обрізування 650-700 умовних блоків. В цей час згладжуються мікронерівності зміцнюючого покриття. Початкове зусилля різання порівняно з незміцненим інструментом дещо більше, що пояснюється незначним збільшенням радіуса закруглення крайки леза в результаті напилення зміцнюючого покриття. Плавне збільшення сил різання спостерігалося впродовж обрізування наближено 3050-3200 (різальні інструменти зміцнені за 1 і 2 варіантами нанесення зміцнюючого покриття) і 4500 (різальний інструмент зміцнений за 3 варіантом) умовних блоків.

Незначне збільшення стійкості різальних інструментів, зміцнених за 1 і 2 варіантами пояснюється характером зношування: під час припрацювання інструмента спостерігалося інтенсивне руйнування напиленого зміцнюючого покриття, в результаті чого робочі площини лез "оголилися" і в подальшому процес зношування нічим не відрізнявся від процесу зношування не зміцненого інструмента. Швидке руйнування напиленого зміцнюючого покриття пояснюється відносно низькою твердістю (НВ 30-35) "основи"- матеріалу, з якого виготовлений інструмент і незначною товщиною (наближено 7 мкм) зміцнюючого покриття. Під час різання в мікрооб'ємах крайки різального інструмента, яка знаходиться у постійному контакті з папером, виникають контактні напруження, які призводять до пружних деформацій матеріалу "основи" в цих мікрооб'ємах. В результаті крихке напилене покриття "проламується" і призводить до швидкого руйнування. На думку фахівців [5], збільшенням товщини зміцнюючого покриття до 100 мкм можна запобігти швидкого руйнування покриття, що дозволить

суттєво збільшити стійкість різального інструмента (такі дослідження не проводилися через складну технологію процесу напилення зміцнюючого покриття).

Як показали дослідження, найбільш ефективним (з огляду на стійкість різального інструмента) слід вважати інструмент із зміцненою скошеною площиною леза. Після обрізування 750 умовних блоків у характері зміни складових сили різання з'являється суттєва відмінність: горизонтальна і вертикальна складові продовжують зростати, а лобова складова починає плавно зменшуватися і, після обрізування 2450 умовних блоків, переходить нульову лінію, змінюючи свій знак на протилежний, що пояснюється ефектом самозагострення леза. Крайка різального інструмента прийняла форму загостреного з обидвох боків клина і змістилася у напрямку скошеної (зміцненої) грані інструмента. Під дією лобової складової сили різання починається інтенсивне абразивне зношування незміцненого тильного боку леза (порівняно зі зміцненою скошеною площиною леза), що пояснюється тим, що твердість та зносостійкість основи інструмента значно поступається аналогічним параметрам зміцненої скошеної площини леза, внаслідок чого крайка починає приймати форму загостреного з обидвох боків клина. Про початок цього процесу свідчить зменшення лобової складової сили різання. Утворення другої площини загострення призводить до виникнення додаткового зусилля (внаслідок "спливання" леза інструмента по площині обрізу), напрямок дії якого протилежний напрямку дії лобової складової під час обрізування перших 750 умовних блоків.В подальшому, в міру зношування тильного боку леза і збільшення другої площини загострення крайки леза, зусилля від "спливання" перевищує зусилля від деформації стружки (відрізаної частини паперу) і лобова складова змінює свій знак на протилежний. В результаті збільшення (за абсолютною величиною) лобової складової збільшуються контактні напруження між тильним боком леза та площиною обрізу, що призводить до збільшення інтенсивності зношування інструмента і, як результат, до ефекту самозагострювання леза. На заключній стадії досліджень площина самозагострювання збільшилася настільки, що лобова складова сили різання викликала пружну деформацію інструмента, в результаті чого точність і якість обрізування різко погіршилися.

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Проведені дослідження дозволили виявити реальну стійкість ультразвукових різальних інструментів (рис.5), а також можливі способи її збільшення за рахунок поверхневого зміцнення шляхом нанесення на лезо зносостійкого покриття.

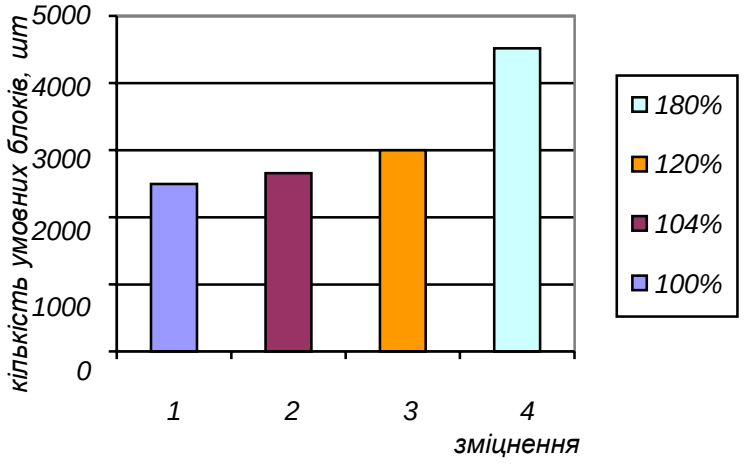

Рис.5. Стійкість ножів
1 - без зміцнення; 2 – зі зміцненим тильним боком;
3 – зміцнений з обидвох боків; 4 - зміцнений по скошеній площині

2. Задовільна якість площини обрізу різальним інструментом, робочі площини якого не зміцнювалися, спостерігалася під час обрізування перших 2500 умовних блоків; обрізування наступних (до 3375 шт.) умовних блоків супроводжується різким

збільшенням сил різання і недопустимим зниженням якості обрізування внаслідок граничного затуплення різального інструмента.

3. Нанесення зміцнюючого покриття на робочі площини леза збільшує стійкість різального інструмента: до 20% при нанесенні покриття на обидва боки леза або лише на тильний бік леза; на 80% при нанесенні покриття на скошену площину леза.

4. Реалізація явища самозагострювання леза різального інструмента в процесі різання (варіант зміцнення по скошеній площині леза) суттєво впливає на збільшення стійкості різального інструмента.

In the artcle experimental studies' results are brought for stability , which cutting edges oscillates with the ultrasonic frequency. The results were received during studies of the knives, reinforced by different ways.

Література

1. Макаров Р.А Тензометрия в машиностроении. –М.: Машиностроение, 1977.- 201с..
2. Альтшуль Е.А. О затуплении ножей на бумагорезальной машине. Труды ВНИИОПИТ, вып. №45.; 1973.-С.31-36.
3. Топольницький П.В. Дослідження різального інструмента на зносостійкість // Поліграфія і видавнича справа.- 1998.- № 34.- С.84-88.
4. Коваленко В.С. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов.- К.: Вища школа, 1985.-236 с.
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника.- М.: Машиностроение, 1989.-325 с.

Одержано 05.02.2002 р.