

УДК 621.9.048.6

Аль-Яфаї Наср, магістр,
Г.Б. Параска, д-р техн. наук, проф.,
Хмельницький нац. ун-т,
В.П. Місяць, д-р техн. наук, проф.,
Київ. нац. ун-т технологій та дизайну

ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ РІЗАННЯ МАТЕРІАЛІВ В МАШИНАХ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Вступ. Велика питома вага операцій із застосуванням процесу механічного різання при обробці матеріалів у виробництві взуття і шкіргалантерейних виробів і, отже, величина енергетичних і матеріальних витрат на здійснення цих операцій визначають актуальність їх дослідження і оптимізації на основі узагальнення існуючих і отримання нових теоретичних і експериментальних даних.

Перспективним напрямом розвитку устаткування легкої промисловості є розробка і впровадження прогресивних принципово нових або значно видозмінених способів дії на матеріали робочими органами машин. Одним з таких способів є різання, проколювання і розкрюювання натуральних і штучних шкір з накладенням на інструмент ультразвукових коливань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Великий внесок у дослідження процесів ультразвукової механічної обробки різних матеріалів внесли багато вчених.

Аналіз великої кількості робіт дозволив вибрати вказаний напрям коливань як пріоритетний при дослідженні ультразвукового різання і проколювання матеріалів легкої промисловості. Тим часом огляд літературних джерел з ультразвукового різання показав, що дане питання вивчене недостатньо і в основному пов'язане з експериментальним розгляданням деяких окремих сторін процесу. Крім того, труднощі практичного застосування ультразвукового різання в легкій промисловості пов'язані не тільки з недостатнім його дослідженням, але й зі складністю розробки ультразвукових коливальних систем і визначенням основних вимог, що пред'являються до таких систем.

Мета дослідження. Виявлення закономірностей дії ультразвуку на основні показники процесу механічної обробки матеріалів легкої промисловості і розробка на їх основі пристроїв, що реалізують ультразвукове різання і проколювання на практиці, є важливим науковим завданням.

Метою роботи є підвищення ефективності різання і проколювання різних матеріалів з накладенням ультразвукових коливань на основі дослідження особливостей взаємодії інструмента і оброблюваного матеріалу.

Викладення основного матеріалу. Зроблена оцінка зусилля різання як одного з основних параметрів взаємодії леза з матеріалом і вплив на величину зусилля таких чинників як властивості об'єкта обробки і геометрія леза, показано, що зусилля, які виникають при впровадженні леза в матеріал, залежать від фізико-механічних властивостей і товщини останнього, а також від величини притуплювання різальної кромки, кута заточування леза різача і його фрикційних властивостей.

Відносне зниження дослідницького інтересу до процесів механічного різання в легкій промисловості в 70...90-х рр. XX ст. було пов'язане з вдосконаленням відповідного устаткування і різальних інструментів, в основному зарубіжного виробництва, що дозволило значно поліпшити якість обробки матеріалів різанням. Проте використання досконаліших конструкцій устаткування і оснащення з часом поставило перед підприємствами нові проблеми, пов'язані як з вибором оптимальних для конкретних завдань (визначених типом матеріалів) параметрів рі-

DOI: 10.15276/opu.1.43.2014.15

© Аль-Яфаї-Наср, Г.Б. Параска, В.П. Місяць, 2014

зальних інструментів і устаткування з усього різноманіття, представленого на ринку, так і з підвищенням надійності і стабільності їх функціонування при збереженні якості різання і максимальному зниженні витрат па проведення технологічних операцій.

Актуальність дослідження визначена значною мірою також тим, що для сучасних економічних умов характерне функціонування великої кількості конкурентоспроможних взуттєвих і шкіргалантерейних підприємств, що швидко реагують на зміну споживчого попиту. При цьому, для більшості з таких підприємств характерною продовжує залишатися наявність “старої спадщини” у вигляді високої долі устаткування з великими термінами експлуатації і відсутністю коштів для оновлення його парку і придбання комплектуючих високої вартості, недостатньо розвиненої ремонтної бази, відсутності інженерних знань.

Метод дослідження поєднує теоретичний аналіз і фізичний експеримент. У теоретичних дослідженнях застосовуються методи теорії різання і теоретичної механіки.

Експериментальні дослідження проводяться за допомогою комп’ютеризованого стенда, який складається з генератора ультразвуку УЗГ1-1 (максимальна потужність 1 кВт), механізму привода різального інструмента, пристрою для накладення ультразвукових коливань на інструмент, тензометричної системи вимірювання зусилля різання матеріалів, блока реєстрації даних на основі аналого-цифрового перетворювача і комп’ютера [1].

Експериментальні і теоретичні дослідження з різання різних матеріалів показали, що в більшості випадків ультразвукове різання найефективніше здійснюється при накладенні на інструмент тангенціальних ультразвукових коливань за виконання умови

$$v_p \leq 2\pi a_k f_k,$$

де v_p — основна швидкість різання м/с;

a_k — амплітуда коливань ріжучої кромки, м;

f_k — частота ультразвукових коливань ріжучої кромки, Гц.

Практика використання ультразвукових технологій показує, що при коливанні ріжучого інструмента з певною частотою і амплітудою можна досягати значного зниження зусиль опору різанню і покращення якості поверхонь поділу матеріалів [2].

Ультразвукова ріжуча система складається з генератора електричних коливань високої частоти, перетворювача електричних коливань в механічні, акустичного трансформатора, ріжучого інструмента і матеріалу, що ріжеться.

Для досягнення максимального технологічного ефекту ультразвукова ріжуча система повинна бути налагодженою під певний вид коливань (поздовжні або поперечні) з частотою, яка є резонансною для даної системи. При цьому визначальними чинниками є фізичні властивості акустичного трансформатора, інструмента і матеріалу, що ріжеться, та геометричні параметри системи [3].

При введенні в зону осьових ультразвукових коливань збільшується миттєва швидкість відносного переміщення поверхонь внаслідок зміни кінематичних умов контакту поверхонь тертя. В цьому випадку сила тертя за період коливань індентора міняє свій напрям. Протягом частини періоду вона співпадає з напрямом швидкості ковзання і є активною, а решту часу спрямована в протилежний бік і є реактивною. Із збільшенням швидкості ковзання і зменшенням амплітуди коливань ефективність дії ультразвуку знижуватиметься, оскільки зменшується час, протягом якого сила тертя співпадає з напрямом швидкості ковзання. Внаслідок цього ефективна сила тертя буде меншою, ніж в звичайних умовах. Міра зниження сил тертя під впливом ультразвуку

$$n = \frac{2}{\pi} \arccos \frac{V_{\text{різ}}}{V_{\text{узк}}},$$

де $V_{\text{різ}}$ — швидкість різання, м/с;

$V_{\text{узк}}$ — швидкість осьових ультразвукових коливань, м/с.

Результати. При обробці на швейному обладнанні натуральних і штучних шкір, а також “важких” тканин мають місце значні зусилля проколювання голкою матеріалу, що обумовлює

певні обмеження в виборі машин і їх продуктивності. Для зменшення зусиль проколювання голкою матеріалів запропоновано використати ультразвуковий пристрій. На рис. 1 представлено один з варіантів конструктивного виконання модернізації типової швейної машини шляхом оснащення пристроєм, що надає голці поперечні механічні коливання з ультразвуковою частотою.

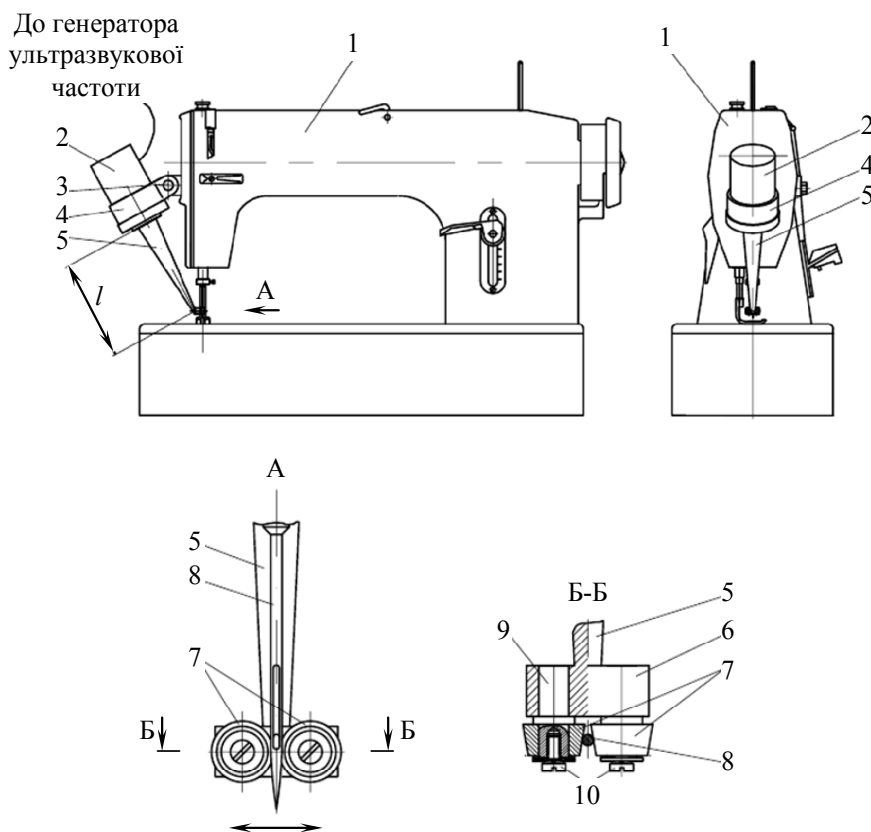


Рис. 1. Швейна машина, що оснащена пристроєм для накладення ультразвукових коливань на голку:
1 — швейна машина; 2 — збудник механічних ультразвукових коливань; 3 — кронштейн; 4 — хомут;
5 — акустичний трансформатор; 6 — перехідник; 7 — конічні ролики; 8 — голка; 9 — осі; 10 — гвинти

До головки швейної машини 1 кріпиться магнітострикційний або п'єзоелектричний збудник механічних ультразвукових коливань 2 за допомогою кронштейна 3 і хомута 4. На кінці акустичного трансформатора 5 жорстко закріплений перехідник 6, в якому нерухомо встановлені осі 9. На осях 9 встановлено конічні ролики 7 з можливістю вільного обертання. Ролики утримуються від поздовжнього переміщення гвинтами 10. Лезо голки 8 входить в проміжок між конічними роликами 7 і без зазорів контактує з їх бічними поверхнями. Збудник механічних ультразвукових коливань живиться від генератора ультразвукової частоти.

При роботі швейної машини вмикається живлення генератора і акустичний трансформатор передає механічні коливання ультразвукової частоти на вузол роликів 7, в результаті чого лезо голки 8 коливається в поперечному напрямі з амплітудою 10...20 мкм. При цьому голка вільно рухається зворотно поступально в вертикальному напрямку за рахунок обертання роликів 7 навколо осей 9.

На рис. 2 представлено конструктивне виконання аналогічної модернізації машини з стрічковим замкненим ножом для розкрюювання матеріалів легкої промисловості.

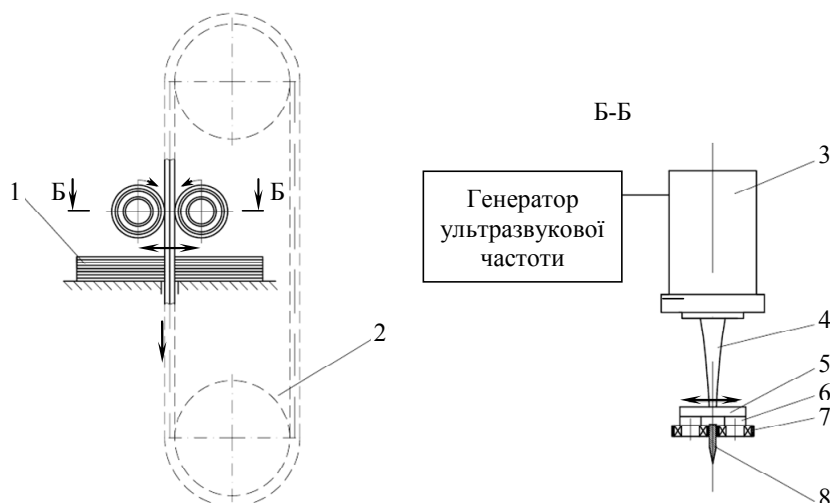


Рис. 2. Пристрій для накладення ультразвукових коливань на стрічковий ніж розкрійної машини: 1 — настил матеріалу; 2 — механізм стрічкового ножа; 3 — збудник механічних ультразвукових коливань; 4 — акустичний трансформатор; 5 — планка; 6 — осі; 7 — вузли підшипників кочення; 8 — стрічковий ніж

Висновки. В результаті виконаних досліджень отримано математичне обґрунтування зменшення зусилля різання в'язко-пружних матеріалів (натуральна шкіра, полімери і т.ін.) при поперечних ультразвукових коливаннях ріжучого інструмента. Процес руху індентора в розрізі матеріалу розглянуто за умови гармонічного деформування його бічними поверхнями фізичних моделей Кельвіна-Фогта і наявності сили тертя між ними. В результаті накладення ультразвукових коливань на лезо голки зменшуються зусилля проколювання матеріалу. Перевага такого конструктивного виконання полягає в можливості модернізації швейних машин різних класів без значного змінення їх базової конструкції.

Література

1. Гордієнко, Л. Розробка експериментальної установки для дослідження ультразвукових ріжучих пристроїв / Л. Гордієнко, Аль-Яфай Наср / Тези доповідей науково-технічної конференції молодих вчених КНУТД, 2010 р. — К.: КНУТД, 2010.
2. Аль-Яфай Наср. Теоретичне визначення раціональних параметрів інструменту для різання матеріалів легкої промисловості при дії ультразвукових коливань / Аль-Яфай Наср // Вісник Хмельниць. нац. ун-ту: Технічні науки. — 2013. — № 2. — С. 118 — 122.
3. Аль-Яфай Наср. Перспективи застосування ультразвукових пристроїв в легкій промисловості / Аль-Яфай Наср, Г.Б. Параска, В.П. Місяць // Вісник Київ. нац. ун-ту технологій та дизайну. — 2010. — Том 2, № 5. — С. 103 — 106.

References

1. Hordiienko, L. Rozrobka eksperymentalnoi ustanovky dlia doslidzhennia ultrazvukovykh rizhuchykh prystroiv [Development of an experimental setup for investigation of ultrasonic cutting devices] / L. Hordiienko, Al-Yafai Nasr / Tezy dopovidei naukovo-tekhnichnoi konferentsii molodykh vchenykh KNUVD [Abstracts of scientific conference of young scientists of KNUVD], 2010. — Kyiv, 2010.
2. Al-Yafai Nasr. Teoretychne vyznachennia ratsionalnykh parametriv instrumentu dlia rizannia materialiv lehkoï promyslovosti pry dii ultrazvukovykh kolyvan [Theoretical determination of rational parameters of tools for cutting the materials of light industry under ultrasonic vibrations] / Al-Yafai Nasr // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu: Tekhnichni nauky [Bulletin of Khmelnytskyi National University: Engineering science]. — 2013. — #2. — pp. 118 — 122.

3. Al-Yafai Nasr. Perspektivy zastosuvannya ultrazvukovykh prystroiv v lehkii promyslovosti [Application prospects of ultrasonic devices in light industry] / Al-Yafai Nasr, H.B. Paraska, V.P. Misiats // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu [Bulletin of Kyiv National University of Technologies and Design]. — 2010. — Vol. 2, #5. — pp. 103 —106.

АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ABSTRACT

Аль-Яфай Наср, Г.Б. Параска, В.П. Мисяць. **Застосування ультразвукових пристроїв для вдосконалення процесів різання матеріалів в машинах легкої промисловості.** Представлено перспективу використання ультразвукових пристроїв для інтенсифікації технологічних процесів різання і проколювання тканин, штучних і натуральних шкір з накладенням ультразвукових коливань на інструмент. Метою роботи є підвищення ефективності різання і проколювання різних матеріалів з накладенням ультразвукових коливань на основі дослідження особливостей взаємодії інструмента і оброблюваного матеріалу. Метод дослідження поєднує теоретичний аналіз і фізичний експеримент. У теоретичних дослідженнях застосовуються методи теорії різання й теоретичної механіки. Показано, що при коливанні інструментів з ультразвуковими частотами значно зменшуються зусилля різання і проколювання матеріалів. Наведено конструктивні рішення застосування ультразвукових пристроїв в механізмах голки швейних машин і стрічкових ножів.

Ключові слова: матеріали легкої промисловості, ультразвукові коливання, зусилля різання, швейна машина, стрічковий ніж.

Аль-Яфай Наср, Г.Б. Параска, В.П. Мисяць. **Применения ультразвуковых устройств для совершенствования процессов резания материалов в машинах легкой промышленности.** Представлена перспектива использования ультразвуковых устройств для интенсификации технологических процессов резания и прокалывания тканей, искусственных и натуральных кож с наложением ультразвуковых колебаний на инструмент. Целью работы является повышение эффективности резания и прокалывания разных материалов с наложением ультразвуковых колебаний на основе исследования особенностей взаимодействия инструмента и обрабатываемого материала. Метод исследования сочетает теоретический анализ и физический эксперимент. В теоретических исследованиях применяются методы теории резания и теоретической механики. Показано, что при колебании инструментов с ультразвуковыми частотами значительно уменьшаются усилия резания и прокалывания материалов. Приведены конструктивные решения применения ультразвуковых устройств в механизмах иглы швейных машин и ленточных ножов.

Ключевые слова: материалы легкой промышленности, ультразвуковые колебания, усилие резания, швейная машина, ленточный нож.

Ali-Jafai Nasr, G.B.Paraska, V.P.Misiats. **Applications of ultrasonic devices for perfection of cutting processes of materials in machines of light industry.** The prospect of using ultrasonic devices is presented for intensification of technological processes of cutting and pricking of fabrics, artificial and natural leathers with imposition of ultrasonic vibrations on the instrument. The aim of the work is to increase the efficiency of cutting and pricking of different materials with imposition of ultrasonic vibrations on the basis of researching the features of interaction of the instrument and the processed material. The research method combines both the theoretical analysis and physical experiment. The methods of cutting theory and theoretical mechanics are used in the theoretical studies. It is shown that, when instruments oscillate at ultrasonic frequencies, the efforts of cutting and pricking of materials are considerably reduced. Structural solutions for applying ultrasonic devices in the mechanisms of sewing machine needle and ribbon-knives are adduced.

Keywords: materials of light industry, ultrasonic vibrations, cutting effort, sewing machine, ribbon-knife.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Сур'янінов М.Г.

Надійшла до редакції 17 березня 2014 р.