УДК 621.30

Григоренко Р.А., директор
Товариство з обмеженою відповідальність «ДАК», altis77@gmail.com
Чжу Уцин, аспірант
Саленко О.Ф., докт. техн. наук, професор
Гаврушкевич А.Ю., к.т.н., доцент
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», salenko2006@ukr.net

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВОДОКРИЖАНОГО РОЗКРОЮВАННЯ ТОНКИХ ПЛАСТИН ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ТА МІКРОЕЛЕКТРОННОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Технологія виробництва кремнієвих мікрочипів на стадії підготовки їх до збору в корпусах передбачає розділення напівпровідникової пластини на окремі кристали. Вимоги до операції розділення пластин [1,2] формуються у відповідності з вимогами, які ставляться до кристалу. Основні з них: високий відсоток виходу роботоздатних кристалів з якісним поверхневим шаром, відсутність відшарування металізованої плівки на поверхні, геометрична точність кристалів, відсутність значних залишкових мікронапружень, низький рівень сколів по краях кристалів, після розділення не повинно бути окисленого шару металізації поверхні, базовий різ необхідно ініціювати в кристалографічному напрямі $< 1120 > \pm 5°$ при орієнтації пластини $\{0001\} \pm 0{,}5°$, поверхневі забруднення повинні бути мінімальними.

Якість поверхні напівпровідникових пластин оцінюється з геометричної та фізичної точок зору [3]. З геометричної точки зору якість визначається нерівностями, виступами і впадинами реальної поверхні, з фізичної – відхиленням властивостей верхніх шарів матеріалу від властивостей вцілому (нормальної структури).

Водо-крижане різання постає дієвим та ефективним засобом розкрою тонких пластин електротехнічного призначення. Порівняно із водоструминним, такий процес є набагато ефективнішим, хоча і менш продуктивним за гідро-абразивне різання.

Ефективність процесу розрізання пластин електронного та електротехнічного призначення вбачається у забезпеченні якісного формоутворення виробів-заготовок мікрочипів шляхом керованої дії формозміненого двофазного потоку, зокрема, засобами і способами формування крайки з використанням елементів спрямлення струменя.

В роботі [4] зазначається, що продуктивність водо-крижаного різання є вищою порівняно із струминним, хоча і меншою за гідро-абразивний спосіб розкрою. Безсумнівною перевагою водо-крижаного різання є відсутність проблем, пов’язаних із забезпеченням абразивом та необхідністю утилізувати використаних абразив і шлам після обробки. У той же час раціональні параметри кригогенеруючої системи, як і режими ведення обробки, встановлені лише наближено, що робить задачу підвищення різальної здатності водо-крижаного струменя актуальною і значимою.

Процес формування крижинок та їх взаємодія зі струменем води надзвичайно складний. Це обумовлюється наступними аспектами: розподіл швидкостей потоку в різних точках поперечного перетину струменя нерівномірний; за довжиною струменя характер розподілу швидкостей у перетині змінюється з виокремленням так званого ядра (рис.1 за [5]); з віддаленням від сопла компактність струменя порушується: вона губить свою початкову циліндричну форму та поступово переходить у потік дрібних крапель; при русі крижинок уздовж калібрувального каналу вони постійно ударяються між собою та об стінку каналу.

Внаслідок цих явищ не всі частки однаково взаємодіють із струменем: одні проникають до ядра потоку і їх швидкості при цьому швидко зростають; інші захоплюються межовим шаром, швидкість якого відносно невелика, і тому швидкість та енергія цих часток теж

будуть малими. Окрім того, ці частки будуть втрачати енергію із-за ударів по стінках калібруючого каналу. Третя група часток буде захоплена ядром або межовим шаром, однак не вмить, а тільки після багатократних ударів зі стінкою змішувальної камери. Якщо взяти до уваги також і постійну взаємодію між частками при їх русі у двофазовому потоці всередині калібруючого каналу, то з урахуванням вищевикладеного стає зрозумілим, що побудова точної математичної моделі формування водо-крижаного струменя і визначення швидкості та енергії кожної частки у потоці є практично нерозв'язаною задачею.

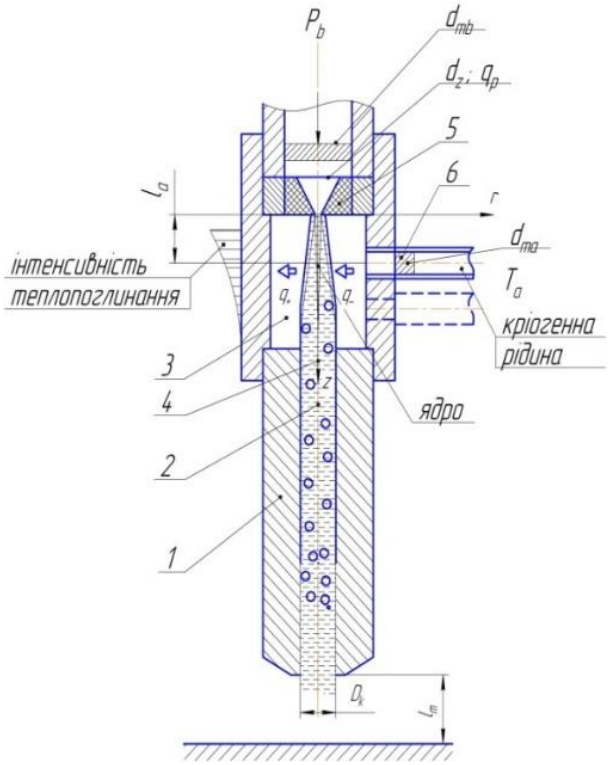

Рис. 1 – Схема утворення різального водо-крижаного струменю

Механізм утворення водо-крижаного струменю наступний: робоча рідина високого тиску з надзвуковою швидкістю витікає з сопла 5. Проходячи через змішувальну камеру 3, струмінь рідини 4 створює розрідження і охолоджується рідким азотом, що надходить до камери через штуцер 6. Виконавши охолодження, азот активно випаровується, внаслідок чого в камері зростає тиск. За час прямування до каналу 2 калібруючої трубки 1 частинки води перетворюються на кригу, і до каналу потрапляють вже мікрокрижинки, які розганяються водяним потоком і формують різальний струмінь.

Зазвичай якість обробки забезпечують моніторингом процесу гідрорізання, звертаючи увагу на такі чинники: контроль товщини заготовки (засоби використовуються при різанні складноформових заготовок і підтримують оптимальну відстань до поверхні натікання); контроль системи високого тиску (ці засоби забезпечують надійне функціонування джерела живлення високого тиску, а також підтримує сталість тиску); контроль системи приводів (зазвичай використовується в системах з кількістю керованих координат понад 3); формування струменя [6], [7]; контроль струминної ерозії (принципи контролю подані в [8], [9]; контроль системи генерації криги. Як і в інших струминних методах, параметри якості водо-крижаного різання безпосередньо визначаються енергетикою двофазного струменя, його спроможністю руйнувати тверде тіло. Основне рівняння для оцінки роботи руйнування:

$$E_п + E_т \rightarrow A, \quad (1)$$

де A є { h; α; v; ; b; d_w } – робота руйнування; h – глибина різу; v – швидкість контурної подачі; α - кут стінки різу; b – ширина різу; d_w - дефектна зона різу; $E_п$ – потенціальна енергія струменя; $E_т$ – енергія теплообміну.

Рівняння руйнування з урахуванням втрат енергії:

$$(E_п + E_т - e_v)\, k = A, \quad (2)$$

де k = f ($б_b$; H_b; B,H) – коефіцієнт використання енергії; $б_b$ – межа міцності; H_b – твердість матеріалу; B, H – геометричні параметри зони різання; e_v – опір оброблюваного середовища.

Рівняння (2) через параметр *k* може бути покладено в основу автоматичної системи моніторингу процесу, з метою забезпечення потрібної якості крайки та мікрогеометричних параметрів поверхні.

Список посилань

1. Технология СБИС. В 2 кн. Пер. с англ. /Под ред.С. Зи. - М.: Мир, 2006. -786 с.
2. Технология полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники. Книга 4. Механическая и химическая обработка./ С. Н.Никифорова-Денисова. М.: «Высшая школа», 2000. -96с.
3. Кондратенко В.С., Гиндин П.Д., Борисовский В.Е., Колесник В.Д., Сорокин А.В. Высокие технологии в производстве приборов микро – и оптоэлектроники // Интеграл. №6(208). 2008. С.8-9.
4. Kiyohashi H., Handa K. A. Study of Production of Ice Particles by the Heat of Vaporization of Cryogenic Liquefied Fuels and Their Applications in Ice Jets. In: Proceedings of the International Symposium on New Applications of Waterjet Technology. 1999. P. 51-60.
5. Бурнашов М.А., Прежбилов А.Н., Василенко Ю.В. Моделирование процесса разрушения покрытия водоледяной струей при очистке деталей машин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2017. Т. 17, № 2. С. 67–73.
6. Саленко О. Ф., Струтинський В. Б., Загірняк М. Ефективне гідрорізання. Кременчук : КДПУ, 2005. 488 с.
7. Саленко О.Ф., Доценко В.Г. та ін. Поширення принципів опису компонувальних структур на гідрорізне обладнання // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М.Остроградського, вип.1 (48), ч. 1. с. 55-68.
8. Tutluoglu, L., Hood, M., & Barton, C. C. (1983). An Investigation of the Mechanics of Water Jet Assistance on the Rock Cutting Process. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science & Geomechanics Abstracts, 743-749. https://corescholar.libraries.wright.edu/ees/72.
9. Фомовська О.В., Саленко О.Ф. Поліпшення якості виробів, отриманих на гідрорізних машинах //IX Міжнародна науково-технічна конференція АСПГП: Кременчук, 2008, КДПУ.

УДК 621.941.2.014

Чернишов О.В., старш. викладач
Музичка Д.Г., канд. техн. наук, доцент
Устименко К.А., магістр
Музичка В.А., аспірант
Коваленко К.О., аспірант
Дніпровський державний технічний університет, avch2006@ukr.net
Дербаба В.А., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 5762634@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДРОБЛЕННЯ МЕТАЛЕВОЇ СТРУЖКИ

Одним з важливих резервів економії металу є використання відходів металообробки у якості сировини для порошкової металургії. При застосуванні відповідної технології переробки стружки, що утворюється після механічної обробки металів, можна повернути на виробництво велику кількість цінного матеріалу. Одним з етапів технології переробки металевої стружки є її подрібнення на дробарках, що відрізняються за конструкцією та призначенням.

В ДДТУ для дроблення металевої стружки розроблена експериментальна конструкція ножової стружкодробарки, особливістю конструкції якої є профілювання різальної частини рухомих ножів шляхом розміщення вершин зубців на Архимедовій спіралі, забезпечення постійного кута загострення усіх зубців та їхньої висоти. Такий профіль зубців рухомих ножів, а також повертання ножів на валу на відповідний кут відносно один одного дозволяє забезпечувати рівномірне контактування зубців з нерухомими ножами, тобто рівномірний за часом процес подрібнення стружки. Це, у свою чергу, дає можливість позбавитися перевантаження й великих крутних моментів, що значно впливають на потужність привода. Тому розроблена ножова стружкодробарка має відносно невелику потужність привода.