



Запаров С.Ф.

Запаров С.Ф.¹, Захарчук Т.В.^{1,2}

¹Інститут термоелектрики НАН і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна,
e-mail: anatysh@gmail.com;

²Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського 2,
Чернівці, 58012, Україна,
e-mail: anatysh@gmail.com



Захарчук Т.В.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ЗРАЗКІВ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ПРЯМОКУТНОЇ ФОРМИ

У даній роботі наведено методи та описано устаткування для механічного розрізування термоелектричного матеріалу із застосуванням вільного абразиву й струнами із закріпленими алмазними зернами. Пробні різи показали, що точність і найбільш щадний режим при обробці термоелектричного матеріалу досягаються різальним інструментом з використанням вольфрамового дроту діаметром 0.11мм-0.14мм. Бібл. 3, рис. 9, табл. 2.

Ключові слова: обладнання для різання, інструмент для різання вільним абразивом, інструмент для різання зв'язаним абразивом

Вступ

Процес різання термоелектричного матеріалу має свої специфічні особливості, тому пряме використання сучасного серійного устаткування для різання напівпровідників не завжди виправдане щодо термоелектричного матеріалу.

Технологія різання є важливою частиною при обробці термоелектричних матеріалів, якість різання суттєво впливає на результати обробки, а, отже, параметри термоелектричних пристроїв.

Мета роботи – дослідження в лабораторних умовах розрізування термоелектричного матеріалу на малогабаритному настільному верстаті «Алтек – 13009» для випадку, коли продуктивність не відіграє істотної ролі і є можливість використовувати два методи розрізування термоелектричного матеріалу: інструментом з вільним і зв'язаним абразивом.

Різання вільним абразивом

Перед початком різання заготовку необхідно міцно закріпити на нерухомій підставці (робочому столику). Найпоширенішим способом є наклеювання за допомогою різних матеріалів, наприклад, воску, каніфолі, шелаку, гліфталевого мастила.

Після механічної обробки розрізані зразки відмивають від частинок матеріалу з невеликим підігрівом у спеціально підібраних розчинниках.

Руйнування крихкого термоелектричного матеріалу при обробці вільним абразивом відбувається так. Частки абразиву, у вигляді суспензії (карбід бору B_4C_3 , карбід кремнію SiC , електрокорунд Al_2O_3), які подаються у зону різання, вдавлюючись у поверхню оброблюваного термоелектричного матеріалу, викликають утворення у ньому мікротріщин. У процесі обробки ці мікротріщини збільшуються й поширюються вглиб від поверхні. Подальша обробка призводить до створення мережі тріщин, які, змикаючись, викликають відколювання окремих ділянок термоелектричного матеріалу. Частини, які відпали, видаляються з поверхні вихідного зразка. Таким чином, відбувається пошарове видалення матеріалу й здійснюється механічна обробка вихідного зразка. Наявність рідини сприяє процесу обробки, тому що абразивний порошок перебуває в рідині у зваженому стані й рівномірно розподіляється в ній. Це, у свою чергу, дає можливість розподілу абразивних зерен по всій оброблюваній поверхні. Абразивна суспензія досить добре відводить тепло із зони різання й спеціального охолодження не потребує (рис. 1).

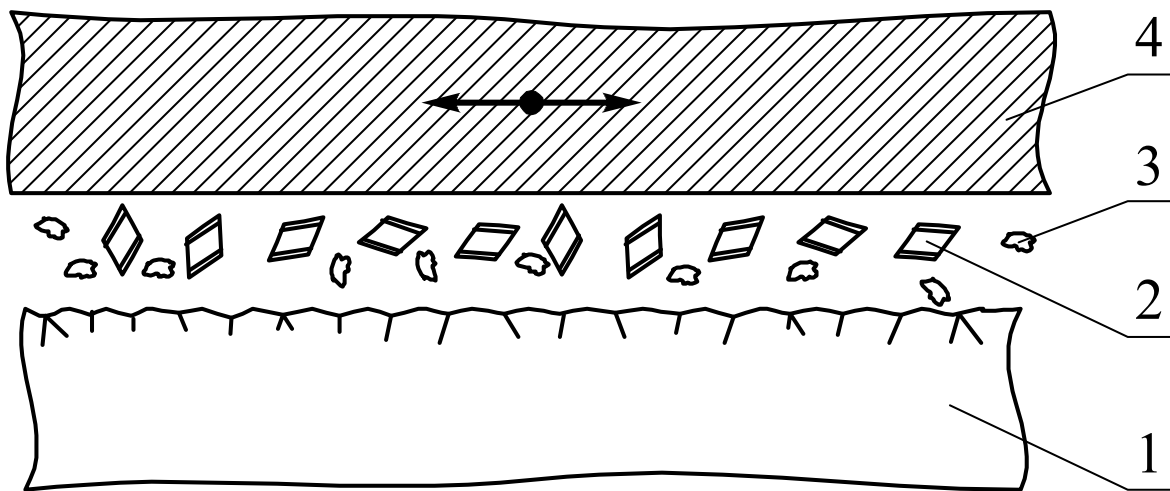


Рис. 1 Схема різання вільним абразивом.

1 – термоелектричний матеріал; 2 – зерна абразиву;
3 – відокремлені частини термоелектричного матеріалу;
4 – інструмент.

Змінна дротяна пилка, яка є різальним інструментом, являє собою набір вольфрамових струн, які намотують на рамку з максимальним натягом, крок задається пазами розмірних планок (рис. 2).

Різальний інструмент із використанням вільного абразиву дозволяє виконувати одночасно розрізання по всій площині пластини з точністю ± 0.01 мм. Але основна перевага дрогового різання полягає в тому, що при цьому методі можна одержати оброблені зразки з мінімальними порушеннями структури кристалу, які виникають у зоні контакту інструмента з оброблюваними зразками термоелектричного матеріалу (товщина порушеного приповерхневого шару складає $5 \div 15$ мкм). Однак йому властиві й обмеження (висота пластин не більше від 0.5 мм), які не дозволяють широко й ефективно використовувати даний спосіб при розрізуванні великих заготовок. Тому розглянутий спосіб застосовується при різанні на невелику глибину в лабораторних умовах (рис. 3).

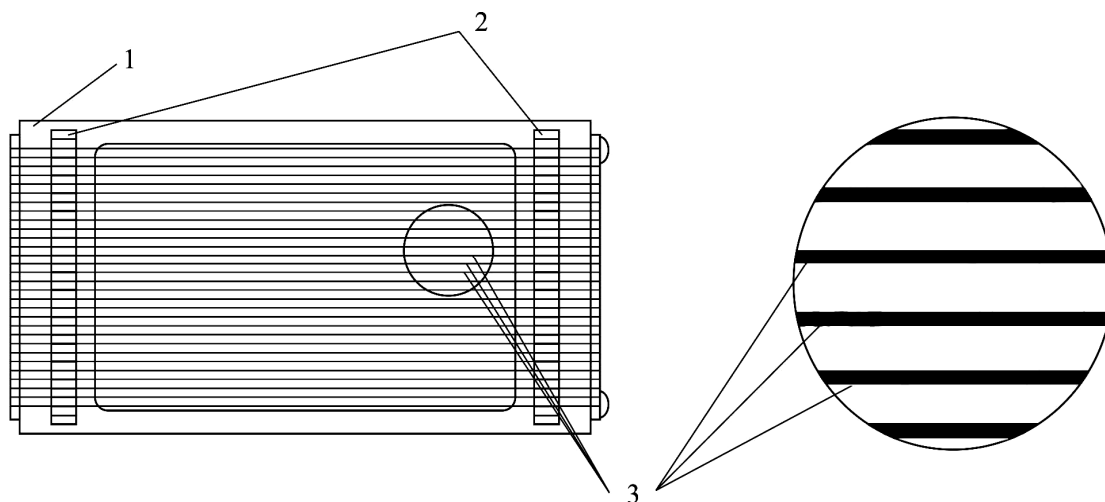


Рис. 2 Інструмент для різання струнами з використанням вільного абразиву. 1 – інструмент; 2 – розмірні планки; 3 – струни.

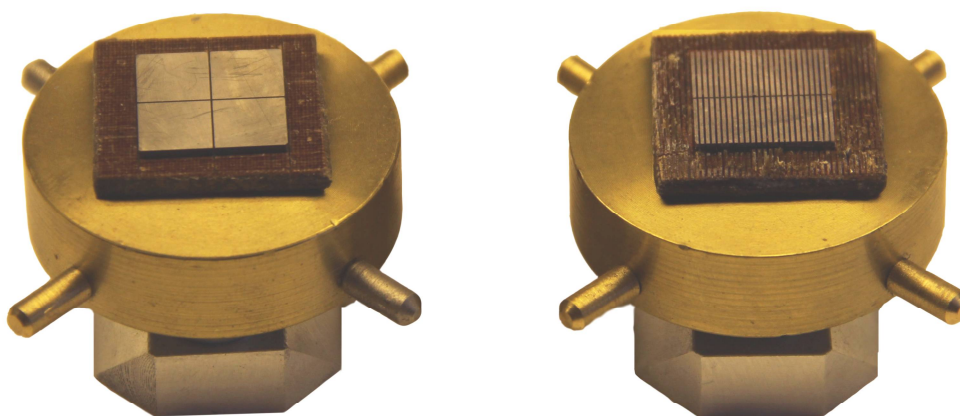


Рис. 3 Різання термоелектричного матеріалу вільним абразивом

Різання зв'язаним абразивом

Механізм різання дротяною пилкою зі зв'язаним абразивом дещо відрізняється від обробки вільним абразивом. При обробці зв'язаним абразивом до руйнування під дією нормальної сили, спрямованої перпендикулярно до поверхні (випадок обробки вільним абразивом), додається руйнування оброблюваної поверхні за рахунок зрізування мікровиступів закріпленими в ріжучій кромці алмазними зернами. Нормальні зусилля, передані від робочої кромки через зерна алмазу на заготовку термоелектричного матеріалу, викликають появу мікротріщин, які, збільшуючись у процесі обробки, поширюються вглиб і замикаються, утворюючи виколоті частини. Потім ці частини викришуються і видаляються із зони обробки. Видалення продуктів різання й охолодження ріжучої кромки струн здійснюється водою або 3.5 % водним розчином кальцинованої соди, який під тиском подається в зону обробки (рис. 4).

Змінна дротяна пилка для різання термоелектричного матеріалу виготовляється за принципом описаним вище, але для обробки зв'язаним абразивом на поверхню дроту наносять гальванічним методом алмазний мікропорошок АСН 40/28 і закріплюють осадженням металів перехідної групи (кобальт, нікель, хром) (рис. 5).

У даний час спосіб різання зв'язаним абразивом є найбільш перспективним і прогресивним з усіх існуючих. До переваг належить гарна якість обробки поверхні, точність різання становить ± 0.02 мм.

Після механічних операцій на поверхні напівпровідника залишається порушений шар, який істотно впливає як на подальшу технологічну обробку (травлення, окиснення) так, в остаточному підсумку, на параметри напівпровідникових приладів (рис. 6).

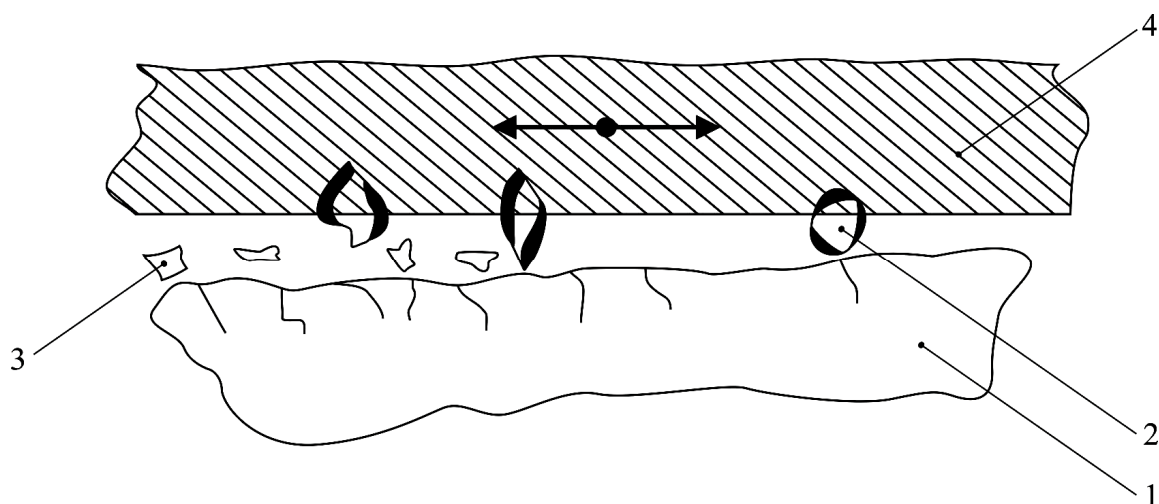


Рис. 4 Схема різання зразка зв'язаним абразивом.
1 – термоелектричний матеріал; 2 – закріплені зерна абразиву;
3 – відділені частини термоелектричного матеріалу; 4 – інструмент.

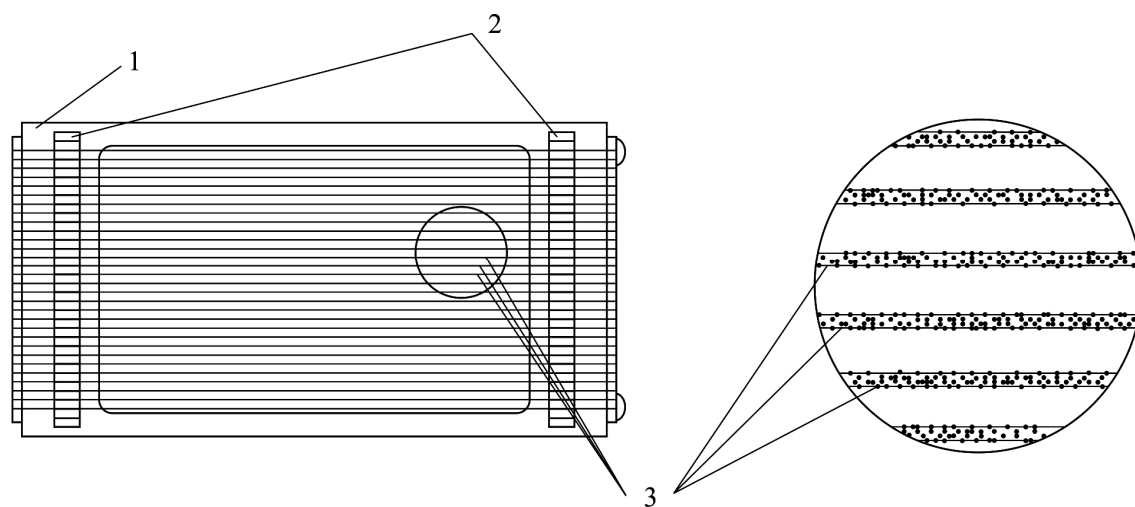


Рис. 5 Інструмент для різання струнами із закріпленими алмазними зернами. 1 – інструмент; 2 – розмірні планки;
3 – струни із закріпленими алмазними зернами.

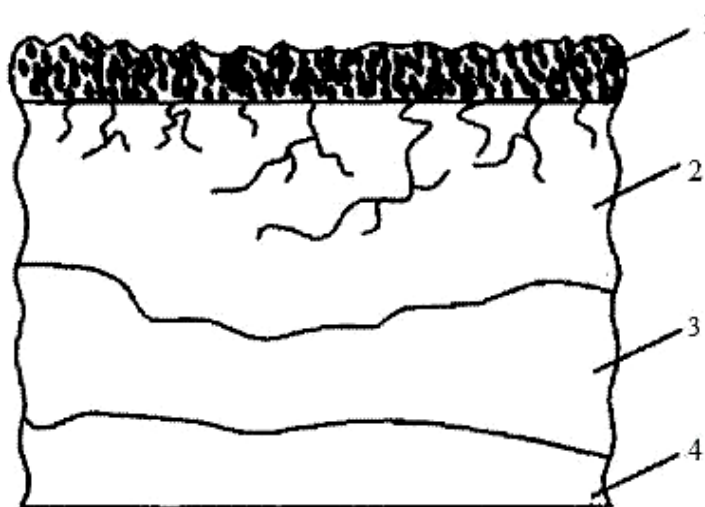


Рис. 6 Структура порушеного при механічній обробці поверхневого шару.
1 – рельєфний шар; 2 – мікротріщини;
3 – область скупчення дислокацій; 4 – монокристал.

При перерахованих методах обробки (табл. 1), порушені приповерхневі шари мають знижені механічні властивості, у результаті чого міцність зчеплення знижена, що знижує механічну міцність.

Таблиця 1

Метод розрізування	Товщина порушеного шару, мкм
Струнне різання вільним абразивом	5 ÷ 15
Струнне різання із закріпленими алмазними зернами	10 ÷ 25

Малогабаритний настільний верстат «Алтек-13009» призначений для одержання в лабораторних умовах зразків прямокутної форми з термоелектричного матеріалу. На процес різання істотний вплив справляють швидкість подачі заготовки та сила притискання до робочої кромки інструмента. При малих швидкостях подачі заготовки (0.1 ÷ 0.3 мм /хв) продуктивність різання занадто мала. Зі збільшенням швидкості подачі (0.4 ÷ 0.6 мм/хв) продуктивність підвищується, а точність обробки знижується за рахунок прогину струн. Пластина, що відрізається, буде мати викривлену поверхню. При малій товщині пластини це може призвести до її розламування в процесі різання. Тому рекомендується більш низька швидкість подачі для тонких пластин і більш висока швидкість подачі для більш товстих пластин, товщина порушеного приповерхневого шару при цьому становить 10-25 мкм (рис. 7).



Рис. 7 Різання термоелектричного матеріалу зв'язаним абразивом

Робочим інструментом верстата є рамка з паралельно розташованими на ній дротами. Верстат дозволяє робити розрізування за малих деформуючих впливів. Кріплення рамки на каретці, що рухається, виконується двома притискними гайками. Цими ж гайками ріжучі струни виставляються паралельно до напрямку руху інструмента. Підшипникове ковзання напрямних каретки забезпечує точність і легкість їх зворотно-поступального руху. На малогабаритному настільному верстаті початок і кінець процесу розрізування термоелектричного матеріалу контролюється індикатором ИЧ-10; пристрій регулювання стола дозволяє регулювати в горизонтальній площині по осях X , Y . Загальний вид верстата наведено на рис. 8).

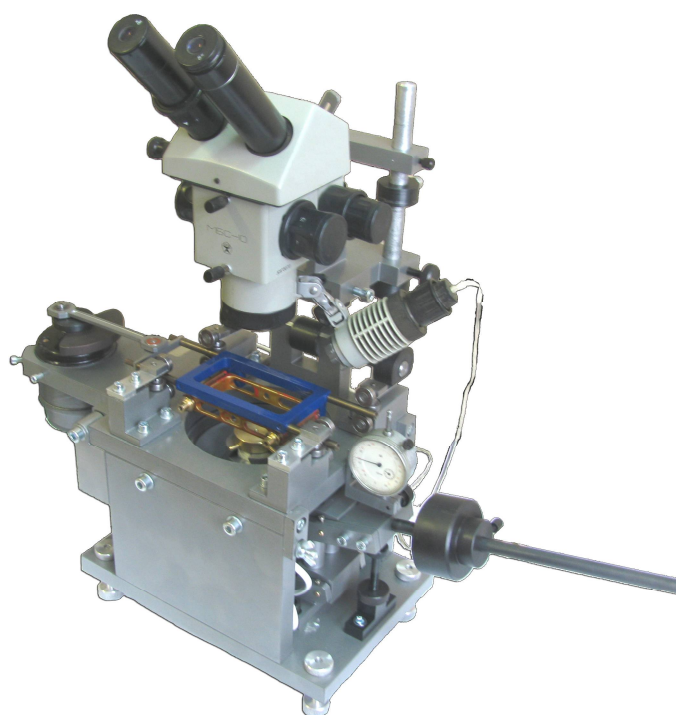


Рис. 8 Верстат «Алтек – 13009.

Верстат складається з каретки з різучим інструментом 7 поступально-зворотний рух якої здійснюється за допомогою шатуна 2 від електродвигуна 3 (СЛ-329 24В); вузлів кріплення каретки 4; механізму підйому-опускання стола 5 з противагою регулювання тиску на кромку різального інструменту; системи регулювання глибини різання 8, індикатора 9 (ІЧ-10) для контролю глибини розрізування; пристосування подачі охолоджувальної рідини 11 (рис. 9).

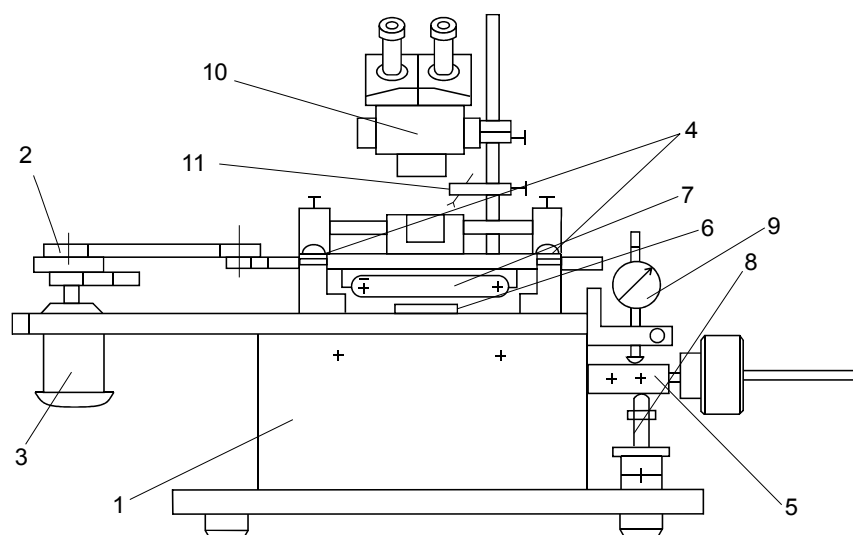


Рис. 9 Схема малогабаритного настільного верстата.
1-станина; 2- блок приводу; 3- електродвигун СЛ-329 24В;
4- вузол кріплення каретки; 5- механізм підйому-опускання стола;
6- матеріал; 7- різальний інструмент; 8-система регулювання й контролю
глибини різання; 9-індикатор ІЧ-10; 10- мікроскоп МБС-10;
11- подача охолоджувальної рідини.

Основні технічні дані й характеристики наведено в табл.1.

Таблиця 2

№п/п	Характеристики	
1	Максимальні розміри заготовки для розрізування, мм	40 × 40 × 15
2	Число струн Ø 0.14 на рамці мінімальне, шт.	1
3	Число струн Ø 0.14 на рамці максимальне, шт.	95
4	Ширина різ з алмазним покриттям, мм	0.22
5	Ширина різ з вільним абразивом, мм	0.15
6	Вага, кг, не більше	30
7	Споживана електрична потужність, Вт	60
8	Блок живлення, CODEGEN 300W, шт	1
9	Габарити, мм	340 × 690 × 630

Висновки

1. Малогабаритний настільний верстат економічний по споживанню електроенергії (60Вт), не вимагає більших матеріальних витрат. Порушення приповерхнього шару при використанні вільного абразиву становить (5-15мкм), а зв'язаним абразивом (10-25мкм).
2. Верстат для різання «Алтек-13009» зручний в експлуатації для виконання дослідницької роботи в лабораторних умовах.

Література

1. Готра З.Ю. Справочник по технологии микрорезисторных устройств. – Львов: Каменяр, 1986.–287с.
2. Сатиго А.В., Запаров С.Ф. О влиянии различных методов резания Bi_2Te_3 на свойства термоэлектрических модулей охлаждения // Термоэлектричество. – 2002.-№4.– с. 57–60.
3. Малогабаритный настольный станок для резки термоэлектрических материалов «Алтек – 13009». Рекламный проспект.

Надійшла в редакцію 20.11.2018

Запаров С.Ф.¹, Захарчук Т.В.^{1,2}

¹Інститут термоелектричства НАН і МОН України, ул. Науки, 1,
Черновці, 58029, Україна, e-mail: anatysh@gmail.com;

²Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, ул. Коцюбинського 2,
Черновці, 58012, Україна

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

В настоящей работе приведены методы и оборудования для механического разрезания термоэлектрического материала с применением свободного абразива и струнами с закрепленными алмазными зернами. Пробныерезы показали, что точность и наиболее щадящий режим при обработке термоэлектрического материала достигаются режущим инструментом с использованием вольфрамовой проволоки диаметром 0.11 мм-0.14 мм. Библ. 3, рис. 9, табл. 2.

Ключевые слова: устройство для резки, инструмент для резки свободным абразивом, инструмент для резки связанным абразивом

S.F. Zaparov¹, T.V. Zakharchuk^{1,2}

¹Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine,
1 Nauky str., Chernivtsi, 58029, Ukraine;
e-mail: anatysh@gmail.com

²Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
2 Kotsiubynsky str., Chernivtsi, 58012, Ukraine

DEVICE FOR PRODUCING RECTANGULAR SAMPLES OF THERMOELECTRIC MATERIAL

This paper presents methods and equipment for mechanical cutting of thermoelectric material with the use of free abrasive and by the wires with fixed diamond grains. Trial cuts have shown that the accuracy and most sparing mode of thermoelectric material processing is achieved by cutting tool with the use of tungsten wire of diameter 0.11- 0.14 mm. Bibl. 3, Fig. 9, Table. 2.

Key words: cutting device, free abrasive cutting tool, bound abrasive cutting tool

References

1. Gotra Z.Yu. Spravochnik po tehnologii mikroelektronnyih ustroystv. – Lvov: Kamenyar. – 1986.–287c [in Russian].
2. Satigo A.V., Zaparov S.F. On the effect of various Bi_2Te_3 cutting methods on the properties of thermoelectric cooling modules // Thermoelectricity. – 2002. – №4. – с. 57-60.
3. Malogabaritnyiy nastolnyiy stanok dlya rezki termoelektricheskikh materialov «Altek – 13009». Reklamnyiy prospekt [in Russian].

Submitted 20.11.2018