

## **Прилад вимірювання мікротвердості та шорсткості поверхні деталі в автоматичному режимі на верстатах з ЧПК**

### **Прибор измерения микротвердости и шероховатости поверхности детали в автоматическом режиме на станках с ЧПУ**

### **Measuring instrument of determination of microhardness and surface roughness of the details automatically on CNC machines**

1. **Номер державної реєстрації 0117U004263**
2. **Науковий керівник – д.т.н., проф. Тимчик Г.С., Тымчик Г.С., Tymchyk Gregory.**
3. **Суть розробки, основні результати.**

**(Укр.)** Створено нову концепцію побудови автоматичного твердоміра та вимірювача шорсткості поверхні деталі, на відміну від існуючих методик виконує свою методику вимірювання за технологією ТОНТОР. Нові підходи до отримання мікротвердості та шорсткості поверхні надточної деталі базуються на фізичних та математичних засадах технології ТОНТОР, яка передбачає проведення вимірювання параметрів взаємодіючих об'єктів з огляду на їх польові структури. Створено аналітичні моделі експрес-визначення мікротвердості матеріалу заготовки (деталі) практично у будь-якій координаті поверхні (маси) на будь-якому обробному обладнанні з системою CNC. Обгрунтовано аналітичні моделі дрейфу поверхні деталі під дією навантаження; - принципи та методика вимірювання мікротвердості матеріалу деталі та шорсткості поверхні на верстатах з ЧПК.

Розроблено та виготовлено прилад експрес-контролю параметрів мікротвердості та шорсткості поверхні деталі. Розроблено та досліджено нові методи вимірювання з застосуванням розробленого та створеного контрольно-вимірювального стенду, в склад якого входить прилад.

Створено технологічні пропозиції щодо виготовлення конструкції основних вузлів приладу вимірювання мікротвердості та шорсткості поверхні деталей для приладобудівного виробництва.

Обгрунтовано алгоритмічне забезпечення експрес-визначення мікротвердості матеріалу та шорсткості поверхні деталі безпосередньо на верстатах з ЧПК.

**(Рос.)** Обоснована новая концепция построения автоматического твердомера и измерителя шероховатости поверхности детали, в отличие от существующих методик выполняет свою методику измерения по технологии ТОНТОР. Новые подходы к получению микротвердости и шероховатости поверхности сверхточной детали базируются на физических и математических основах технологии ТОНТОР, которая предусматривает проведение измерения параметров взаимодействующих объектов с учетом их полевые структуры. Созданы аналитические модели экспресс-определения микротвердости материала заготовки (детали) практически в любой координате поверхности (массы) на любом обрабатывающем оборудовании с системой CNC.

Обоснованы аналитические модели дрейфа поверхности детали под действием нагрузки; -принципы и методика измерения микротвердости материала детали и шероховатости поверхности на станках с ЧПУ.

Разработан и изготовлен прибор экспресс-контроля параметров микротвердости и шероховатости поверхности детали. Разработаны и исследованы новые методы измерения с применением разработанного и созданного контрольно-измерительного стенда, в состав которого входит прибор.

Созданы технологические предложения по изготовлению конструкции основных узлов прибора измерения микротвердости и шероховатости поверхности деталей для приборостроительного производства.

Обосновано алгоритмическое обеспечение экспресс-определения микротвердости материала и шероховатости поверхности детали непосредственно на станках с ЧПУ.

**(Eng)** A new concept of constructing an automatic hardness gauge and a surface roughness meter has been created, unlike existing methods, it adheres to its TONTOR measurement technique. New approaches to obtaining microhardness and surface roughness of precision workpieces are based on the physical and mathematical principles of TONTOR technology, which involves measuring the parameters of interacting objects with respect to their field structures. Analytical models of express determination of the microhardness of the workpiece material (details) have been created in virtually any surface coordinate (mass) on any CNC machining equipment.

Analytical models of part surface drift under the influence of loading are substantiated; - principles and methods of measuring the microhardness of the workpiece material and surface roughness on CNC machines.

The device of express control of parameters of microhardness and roughness of a workpiece surface is developed and manufactured. New measurement methods were developed and investigated with the use of the developed and created control and measuring stand, which includes the device.

The technological proposals for the construction of the main components of the microhardness measurement device and the surface roughness of the parts for instrument manufacturing are made.

The algorithmic support for express determination of the microhardness of the material and the surface roughness of the workpiece directly on CNC machines is substantiated.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

1. Патент № 128709 України на корисну модель. Спосіб вимірювання микротвердості деталі. В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко, Булик М.О., Печонка М.М., Заявка № U201801193. 10.10.2018. Бюл. № 19.
2. Патент № 126430 Україна на корисну модель. Спосіб вимірювання тиску та деформацій об'єкта. В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко . Оpubл. 25.06.2018. Бюл. № 12
3. Патент № 133379 України на корисну модель. Микротвердомір. Скицюк, В.І., Т.Р. Клочко, Печонка М.М., Булик М.О., Заявка № U2018 06635. Пріоритет 13.06.2018. Оpubл. 10.04.2019, Бюл. № 7..
4. Патент № 126200 України на корисну модель. Пристрій для електричного контролю виробів, що мають складну форму тіл обертання \ Тимчик Г.С., Подолян О.О., Сувала А.В. опубл. 11.06.18.
5. Патент № 108743 Україна на корисну модель. МПК(2016.01) В23 Q 15/00, G 01N 3/58. Спосіб визначення траєкторії руху інструмента у робочому просторі верстата /В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко . Заявка № U2016 01543 Пріоритет 19.02.2016. Оpubл. 25.07.2016. Бюл. №14
6. Патент № 126476 України на корисну модель. Пристрій для ультразвукового контролю виробів, що мають складну форму тіл обертання / Тимчик Г. С., Подолян О. О. Сувала А.В. опубл.25.06.18
7. Свідоцтво авторського права на твір № 78124. Метод вимірювання микротвердості деталі. Скицюк, В.І., Т.Р. Клочко, Булик М.О., Печонка М.М., 06.04.2018
8. Патент № 110983 Україна на корисну модель. МПК7 В23 Q 15/00, В23Q 17/00. Спосіб позиціювання інструмента відносно деталі /Скицюк, В.І., Т.Р. Клочко. Заявка № 2016U04498. Оpubл. 25.10.2016. Бюл. №20.
9. Патент №134763 України на корисну модель. Спосіб автоматичного контролю діаметру деталей типу тіла обертання. / Скицюк, В.І., Т.Р. Клочко. Заявка № U2018 10717. Пріоритет 30.10.2018. Позит. ріш. 04.02.2019. Оpubл. 10.06.2019.
10. Патент № 134577 України на корисну модель. Спосіб вимірювання відстані / Яненко О.П., Шевченко К.Л., Т.Р. Клочко. Заявка № U 2018 12448 Пріоритет 31.08.2018. Оpubл. 27.05.2019, бюл. № 10.

11. Заявка № U 2019 08087 України на корисну модель. МПК (2019.01) G01N 3/42, G01B11/00. Спосіб автоматичного контролю деталі Скицюк В.І., Ключко Т.Р., Пріоритет 15.07.2019.
12. Патент України на корисну модель № 126477. Вимірювальний пристрій для контролю пазів п'єзоелектричним методом. Тимчик Г.С., Подолян О.О., Смольніков Д.Р, опубл. 25.06.18.
13. Патент України на корисну модель № 134496. Пристрій для безконтактного контролю шорсткості поверхні металевих деталей, Тимчик Г.С., Буковський О.М., Юрковець В.І., Завадський А.В., Шевченко В.В., пріоритет 14.12.2018, опубл. 27.05.2019, бюл. №10, 2019.
14. Патент України на корисну модель № 134497, Безконтактний контроль шорсткості поверхні деталей за допомогою лазера. Тимчик Г.С., Буковський О.М., Юрковець В.І., Завадський А.В., Шевченко В.В., пріоритет 14.12.2018, опубл. 27.05.2019, бюл. №10, 2019.

## **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Науково технічний рівень виконаної роботи відповідає світовому рівню та перевищує його за окремими показниками. Науковою новизною відрізняються аналітичні моделі визначення формотворення поверхні деталі, які базуються на засадах дуальності поверхні, елементарної похибки вимірювання та дрейфу координати поверхні, що надає можливості узгоджувати прилади з системою CNC верстата з метою наступної корекції режимів обробки.

Існуючі системи вимірювання параметрів якості виготовлення точних деталей не мають інтегрованої функції експрес-контролю мікротвердості та шорсткості поверхні деталі. Розроблений інтегрований прилад та методика його застосування забезпечують підвищення точності формотворення деталі, оскільки не потрібна зміна позиціонування деталі при виготовленні на верстаті з ЧПК, тобто забезпечується замкнений технологічний процес обробки. Прилад є транспортабельним, мобільним та легко переноситься з одного верстата на інший, що є ознакою певної універсальності виконання необхідних технологічних операцій на CNC верстатах.

Принципи побудови нового інтегрованого приладу, нові схемотехнічні рішення забезпечують поєднання функцій автоматичного твердоміра та вимірювача шорсткості поверхні деталі, що дозволяє виконання виробничих методик вимірювання надточних деталей та автоматизації технологічного процесу їх виготовлення. Обґрунтовано алгоритмізацію процесу, що дозволить виконувати пропонований контрольно-вимірювальний інтегрований прилад. Отже, нові принципи та технічні рішення надають вимірюванню параметрів прецизійної деталі більшої точності та надійності. Таким чином, принципи роботи інтегрованого вимірювального приладу забезпечують підвищення точності процесу металообробки під час виготовлення високоточних деталей приладів, що особливо важливо при обробці металів в умовах автоматизованого виробництва.

Високий рівень отриманих результатів підтверджено публікаціями у журналах наукометричних баз даних та доповідями на провідних міжнародних конференціях з проблем приладобудування.

## **6. Економічна привабливість для просування на ринок.**

Термін впровадження розробки складає близько 1 року.

## **7. Потенційні користувачі.**

Запровадження результатів роботи є дуже актуальним для підприємств приладобудівної, машинобудівної, авіакосмічної промисловості, підприємств точного верстатобудування.

Результати роботи можуть бути використані на підприємствах приладобудівної промисловості, які займаються автоматизованими процесами виготовлення

прецизійної продукції, наприклад НВО ПАТ "Київський завод автоматики ім. Г.Петровського" (м. Київ), ДАХК «АРТЕМ» (м. Київ), ДП НДІ «Квант», ТОВ «Автокоприлад» тощо.

#### **8. Стан готовності розробки.**

Розроблено, виготовлено та протестовано макет контрольно-вимірювального приладу параметрів якості деталей при механічній обробці металів в автоматизованому виробництві.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

Досліджено принципи дії розробленого приладу спільно з ІЕС ім. Є.О. Патона НАНУ, ТОВ «Автокоприлад» доведено доцільність застосування контрольно-вимірювальної апаратури для підвищення точності виготовлення деталей при механічній обробці шляхом експрес-контролю мікротвердості та формотворення поверхні.

**10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.** КПІ ім. Ігоря Сікорського, факультет приладобудівний, кафедра виробництва приладів, 044-204-83-02, [t.klochko@kpi.ua](mailto:t.klochko@kpi.ua)

#### **11. Фото розробки.**



Рис. 1. Розроблений зразок контрольно-вимірювального комплексу в стані налаштування вимірювання



Рис. 2. Дослідний зразок розробленого контрольно-вимірювального приладу



Рис. 3. Електронна система контрольно-вимірювального приладу

## 12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (основні):

### - монографії

1. Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко. Теорія біотехнічних об'єктів. Том 1. Узагальнені властивості біотехнічного об'єкта : Монографія. Київ: НТУУ"КПІ", ВПК "Політехніка", 2016. - 274 с.
2. Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко Теорія біотехнічних об'єктів. Том 2. Динаміка польових взаємодій об'єктів. Київ: Інтердрук, 2017, 224 с.
3. Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко. Теорія біотехнічних об'єктів. Том 3. Зони присутності об'єктів. Київ: Інтердрук, 2019, 386 с.
4. Антонюк В.С., Тимчик Г.С., Бондаренко Ю.Ю., Білокінь С.О., Ральченко С.П., Андрієнко В.О., Бондаренко М.О. Контроль параметрів якості функціональних покриттів. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018, 362 с.
5. Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, Т.Р. Клочко. Інформаційні технології діагностики стану біотехнічних об'єктів. Київ: НТУУ"КПІ", ВПК "Політехніка", 2017. - 344 с..
6. Безвесільна О.М., Г.С. Тимчик, Козько К.С., Чепюк Л.О. Прецизійний чутливий елемент автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи. Житомир: ЖДТУ, 2017, с.208.
7. Г.С. Тимчик, Кравченко А.Ю., Терещенко М.Ф., Чухраєв М.В. Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018, с.180.
8. Колобродов В.Г., Г.С. Тимчик, Микитенко В.І., Колобродов М.С. Проектування цифрових когерентних оптичних спектроаналізаторів. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, с.256.

### - навчальні матеріали:

1. Безвесільна О.М., Г.С. Тимчик, Наукові дослідження в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій: підручник. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018, с.592.

2. Г.С. Тимчик, Філіппова М.В. Лазерні технології: лабораторний практикум для студентів: навчальний посібник. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, [Електронний ресурс], 2018, с.75.
3. Г.С. Тимчик, В.І. Скицюк, Т.Р. Ключко. Перетворювачі автоматизованих систем: посібник. Київ, Інтердрук, 2019, 120 с.
4. Г.С. Тимчик, Терещенко М.Ф., Яковенко І.О. Біофізика. Практикум: навчальний посібник. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, с.288.
5. Г.С. Тимчик, Терещенко М.Ф., Яковенко І.О. Біофізика (підручник). Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, с.444.

### **Кандидатські дисертації**

1. Захищена аспірантом - Демченко Марією Олександрівною на тему «Вдосконалення акустичного методу діагностики напружено-деформованого стану фасонних профілів металевих конструкцій» за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин, (керівник доцент Філіппова М. В.), дата захисту 26 вересня 2017 року, спеціалізована вчена рада Д 26.002.18 при Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
2. Захищена аспірантом Барандич Катериною Сергіївною, тема «Аналіз впливу якості поверхневого шару деталі на її втомні характеристики», за спеціальністю 05.02.08, науковий керівник доцент .Вислоух С. П., дата захисту 17 квітня 2018 року, спеціалізована вчена рада Д 26.002.11 при Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".
3. Захищена аспірантом Матвієнком Сергієм Миколайовичем, тема «Вдосконалення методу визначення складу речовин за їх теплопровідністю», за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин, науковий керівник к.т.н. Вислоух С. П., дата захисту 19 березня 2019, спеціалізована вчена рада Д 26.002.18 при Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

### **Статті у виданнях, що входять до бази Scopus (основні)**

1. G. S Tymchyk, V. I Skytsiouk, T. R Klotchko, P. Komada, A. Tleshova, K. Mussabekov. Determination of the interaction of field structures in the presence area of abstract objects. *Optical Fibers and Their Applications* 2018, 2019, vol. 11045,.
2. G. S Tymchyk, V. I Skytsiouk, T. R Klotchko, P. Popiel, and K. Begaliyeva, "The active surface of the sensor at a contact to the technological object", *Proc. SPIE, 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments* 2018, 108085G (1 October 2018);
3. G. S Tymchyk, V. I Skytsiouk, T. R Klotchko, T. Ławicki, and N. Denissova, "Distortion of geometric elements in the transition from the imaginary to the real coordinate system of technological equipment ", *Proc. SPIE, 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments* 2018, 108085C
4. G. S Tymchyk, V. I Skytsiouk, T. R Klotchko, T. Zyska, and S. Rakhmetullina, "Two parameter active measuring probe for objects setting detection on CNC machines workspace", *Proc. SPIE, 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments* 2018, 108086A.
5. G. S Tymchyk, V. I Skytsiouk, T. R Klotchko, H. Bezmertna, W. Wójcik, S. Luganskaya, Zh. Orazbekov, and A. Iskakova, "Diagnosis abnormalities of limb movement in disorders of the nervous system", *Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments* 2017, 104453S.
6. G. S Tymchyk, O. O. Podolian, A. V. Pavlovych, Iu. Iu. Lysenko, P. Komada, and A. Kozbakova "Quality control system of well-bonded coupling fitting onto high pressure gas-main

pipelines", Proc. SPIE, 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 108085A.

7. G. S Tymchyk, Stelmakh N.V., Vasyura A.S., W. Wójcik, K. Muslimov, Automated generation of the design solution of the assembly in instrument engineering, Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 1080828.

8. G. S Tymchyk, V. I Skytsiuk, T. R Klotchko, A. Kotyra, A. Turgunbekov, S. Smailova, "Basic principles of technological object's touch registration during machining materials", Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 95 NR 4/2019.

9. Kolobrodov, V.H., Tymchyk, G.S., Kolobrodov, M.S., Pinchuk, B.Y., Omiotek, Z., Jarykbassov, D., Mekebayev, N. Influence of the aberrations of Fourier-lens on the resolution of the digital optical processor, Proc. SPIE, Vol. 11045, 2019, Optical Fibers and Their Applications 2018; Naleczow; Poland;

10. G. S Tymchyk, V. I Skytsiuk, T. R Klotchko, P. Popiel, and K. Begaliyeva, "The active surface of the sensor at a contact to the technological object", Proc. SPIE, 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 108085G, WOS:000450820000196.

11. Kolobrodov, V.G., Tymchik, G., Mykytenko, V.I. Kolobrodov, M.S., Lutsiuk, M. M., Influence of the Matrix Structure of the Modulator and Detector on the Optical Spectrum Analyzer Output Signal, Visnyk NTUU KPI Seriya-Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia, Вып. 72, Стр.: 78-85, 2018, ISSN: 2310-0389, WOS:000437171400010.

12. Kolobrodov, V.G., Tymchik, G., Kolobrodov, M. S. Limit characteristics of digital optoelectronic processor, Proc.SPIE, 10612, 2017, 106120L, WOS:000425522900020.

13. **Ключові слова.** деталь, верстат з ЧПК, поверхня, твердість, точність, шорсткість, вимірювання, контроль.