

Одним із напрямків таких досліджень з моделюваннями може бути використання трирівневих діаграма Венна і чотирирівневих діаграм Венна-Ейлера [1], де складовими є: головний рух-оберти шпинделя  $n$ , привод повздовжньої подачі  $s$ , затискний механізм, який забезпечує радіальну силу затиску об'єкту (деталі, інструменту)  $F$ , система управління  $U$  для інтелектуалізації процесу роботи М-Ш.

Впровадження М-Ш з різним рівнем функціональних можливостей і інтелектуалізації на верстатах і технологічному обладнанні нового покоління різного призначення, їх теоретичні і експериментальні дослідження визначають актуальність наукового напрямку і необхідність конвергенції знань з використанням нано-біо-інфо-когно-соціо-еко (НБІКСЕ)-технологій.

#### Список посилань

1. Зюзьков В.М. Математическая логика и теория алгоритмов: учебное пособие / В.М. Зюзьков. – Томск: Эль Контент, 2015. - 236 с.
2. Будущее станкостроения-сердцевины машиностроения / Ю.Н. Кузнецов // Журнал «Вестник БРУ, рубрика машиностроения». – 2017. – №2 (55). – с.25-35.
3. Синтез шпиндельных узлов на базе мотор-шпинделів з використанням системно-морфологічного підходу/ К.О. Олійник // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2020. – Випуск 5-6(124-125). – С.133-138.
4. Hongrui Caoa. The concept and progress of intelligent spindles / Hongrui Caoa, Xingwu Zhanga, Xuefeng Chenb // International Journal of Machine Tools & Manufacture 112 (2017), – p.p. 21–52.
5. Jeremi Wojcicki, Giacomo Bianchi. A Smart Spindle Component concept as a standalone measurement system for Industry 4.0 Machine Tools. // Міжнародний семінар IEEE з метрології для промисловості 4.0 та Інтернету речей, Рим, Італія, 3-5 червня 2020 р.
6. Kuznietsov Y. Genetic modeling and structural synthesis of CNC multi-spindle automatic machines of new generation / Kuznietsov Y., Gaidaienko Iu. // International scientific journal “Industry 4.0”, issue 3/2018. – p.p. 115-119.
7. Olejnik K. Modulowe podejście do projektowania frezarek stolowych sterowanych numerycznie / J. Kuznietsov, A. Stepanenko // Kwartalnik 19 zeszyty naukowe politechniki Rzeszowskiej (Mechanika), Rzeszów (Polska). – 2012. – № 84. – С. 51–60.
8. Lunze J. What is a Hybrid System? Modeling? Analysis and Design of Hybrid Systems. Book series, volume 279. Springer 2002. – p.p. 3-14.
9. Oliinyk K.O. Operability analysis of spindle-motor hybrid electromechanical systems / Oliinyk K.O. // Mech. Adv. Technol. Vol.5. – No.1. – 2021. – p.p. 89-96.
10. Shinkarenko V. The operability analysis of spindle-motor hybrid electromechanical systems/ Y. Kuznietsov, V. Shinkarenko, I. Gaidaienko, K. Oliinyk / 13 th Anniversary International scientific Conference «Unitech'13», 22 – 23 November 2013. Gabrovo, Bulgaria. Vol. III, 2013. – p.p. 268 – 272.

УДК 669.14.018.2:622.24.051.

**Яким Р. С., докт. техн. наук, професор,**

Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка, м. Дрогобич

**Петрина Д. Ю., докт. техн. наук, професор**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, pepperiko@ukr.net

#### **ЗВ'ЯЗОК МІЖ ГЛИБИНОЮ ЦЕМЕНТАЦІЇ ТА ПРОЦЕНТНИМ ВМІСТОМ ВУГЛЕЦЮ ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ**

Тришарашкові бурові долота мають доволі складну конструкцію яка включає з'єднані зварюванням три секції, кожна з яких включає лапу з опорою на якій змонтовано шарошку. Довговічність опори головно залежить від зносостійкості, контактної витривалості спряжених елементів, а також якості охолодження й очищення під час буріння. Цементация робочих поверхонь бурових доліт забезпечує хороші характеристики поверхневої міцності та зносостійкості, проте може суттєво підвищити крихкість та погіршити контактну

витривалість робочих та спряжених поверхонь. Одним з методів є підвищенні пластичності сталі у ділянках вінців шарошки, зокрема забезпеченням захисту цих ділянок від цементації.

Для попередження внутрішнього окислення в камеру цементаційної печі на кінцевому етапі насичення вводять аміак. Азот, розчиняючись в аустеніті, підвищує його стійкість, при цьому частково компенсуються проблеми через внутрішнє окислення хрому і марганцю в сталі. Такий підхід дає змогу добитись досить непоганих результатів у попередженні крихкого руйнування шарошок. Тут також важливим є встановлення раціональних параметрів термообробки.

Досліджувані шарошки виготовлені зі сталі 14ХНЗМА-В згідно діючих ТУ14-550-51-2004. Також їхній склад задовольняє вимоги обумовлені в ГОСТ 18895-97. Зауважимо, що розсіювання хімічних елементів має типовий характер для плавок цієї сталі виготовлених за вказаними технічними умовами.

Для формування сприятливого розподілу фізико-механічних показників долотних сталей та підвищення в'язкості серцевини й попередження крихкого руйнування освоєно технологію цементації з підстуджуванням, яка описана в [6]. Оскільки в цьому напрямку вдалося отримати позитивні результати [5, 6], продовжено дослідження. При цьому особливу увагу зосереджено на пошуку тих параметрів другого гартування та відпуску долотної сталі, що забезпечують підвищення опірності заповільненому крихкому руйнуванню.

Досліджували п'ять партій зразків, які піддавали таким стадіям термообробки: на першій була цементація при 960°C й підстуджування до 870°C і гартування в оливу з цієї температури, високий відпуск з 630 – 650°C, друге нагрівання, витримка й гартування з 760 – 820°C в оливу. Кінцевим був низький відпуск з 170 – 200°C на повітрі.

Для формування різних параметрів процесів термообробки змінювали час насичення й витримки при термічних процесах. Базовими були такі параметри: час цементації 500°хв., час на високий відпуск 280°хв., час на друге гартування 120°хв., час на низький відпуск 120°хв.

За результатами експериментів отримали різний характер розподілу концентрації вуглецю (рис. 1) та твердості в загартованому цементованому шарі. Практично в усіх випадках вдалося отримати значення поверхневої твердості цементованого шару у вигляді так званої «полички», коли твердість не знижується практично майже до половини глибини цементованого шару, де також фіксуються сталі значення. При цьому утворюється загальна сприятлива картина розподілу твердості від поверхні до серцевини. Зважаючи на досвід термообробки долотних сталей та отримані раніше дані це дає підстави очікувати від деталей, зміцнених до таких показників, високі експлуатаційні показники.

Застосування стандартних параметрів хіміко-термічного зміцнення (цементація, перше гартування, друге гартування, низький відпуск), дає завищені показники твердості в небезпечних перерізах шарошок, що недопустимо. Встановлений характер розподілу твердості та концентрації вуглецю в загартованому цементованому шарі, а також фізико-механічні показники свідчать про занижені показники в'язкості серцевини шарошок. При цьому порушується основна вимога до долотної сталі щодо плавності зміни фізико-механічних показників від загартованого цементованого шару до серцевини, яка має забезпечувати баланс між високою зносостійкістю робочих поверхонь та міцністю серцевини. Для попередження крихкого руйнування шарошок запропоновано спосіб підвищення в'язкості руйнування шляхом зменшення температури другого гартування 820°C до 760°C. Отримано сприятливий характер розподілу твердості цементованого шару, коли твердість не знижується практично майже до половини глибини цементованого шару, де також фіксуються сталі значення.

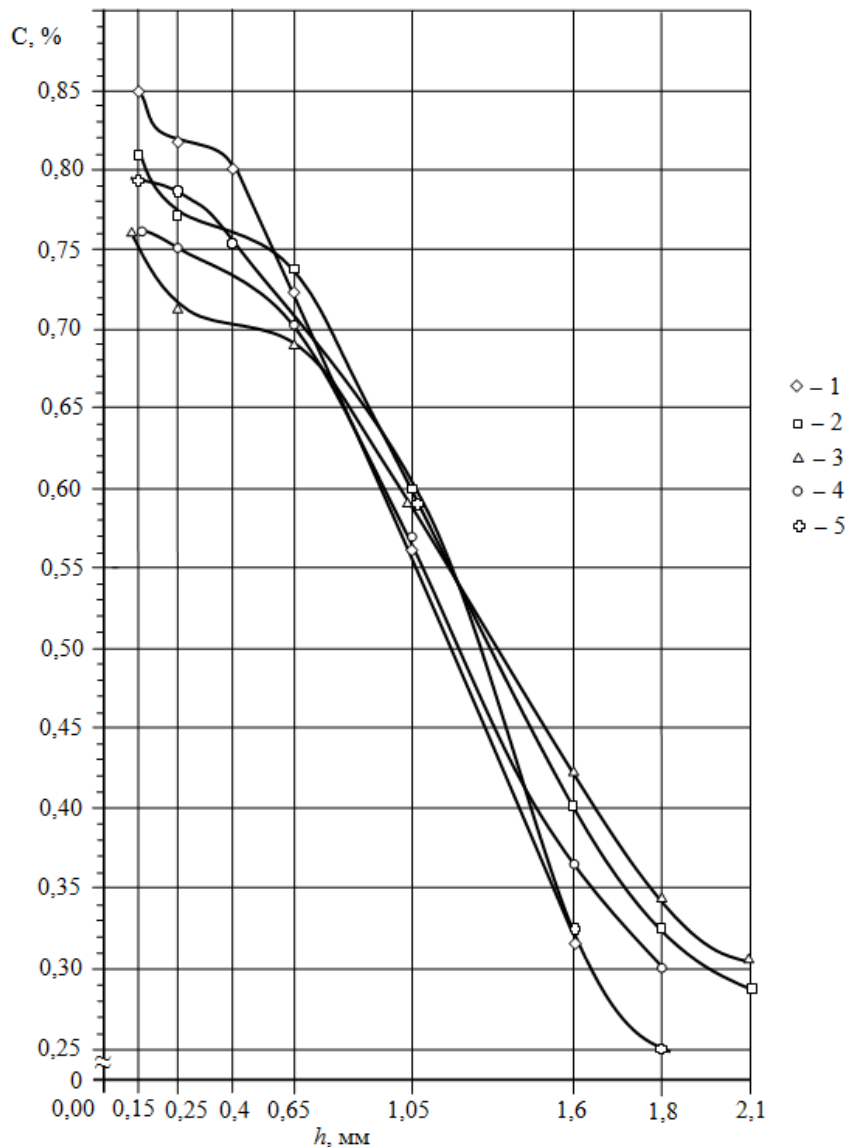


Рис. 1 – Характер розподілу концентрації вуглецю в загартованому цементованому шарі на зразках-свідках які цементовано на різну глибину 1 (1,6 мм), 2 (1,9 мм), 3 (2,0 мм), 4 (1,8 мм), 5 (1,8 мм)

#### Список посилань

1. Yakym R.S., Prtryna D.Yu. Analysis of Causes and Preventing Ways of Early Workability Loss of Three-Cone Rock Bit Cutters. *Metallophysics and Advanced Technologies*. Vol. 42, №5, May, 2020. p.731 – 751.
2. Яким Р. С. Підвищення тріщиностійкості шарошок тришарошкових бурових доліт. / Яким Р. С., Петрина Ю. Д., Пасинович Т. Б., Колодій А. Ю. // *Машинознавство*. – 2010. – № 1 – 2. С.26 – 30.
3. Yakym R. S., Petryna D. Yu. Increase of durability of three-cone rock bit cutters. *Journal of Hydrocarbon Power Engineering*. 2017, Vol. 4, Issue 2 – P. 49 – 53.
4. Яким Р. С. Аналіз причин раптових руйнувань шарошок тришарошкових бурових доліт зі вставним породоруйнівним оснащенням. / Р. С. Яким, Д. Ю. Петрина // *Нафтогазова енергетика*. – 2019. – № 1(31). – С. 72 – 82.
5. Яким Р. С. Теорія і практика забезпечення якості та експлуатаційних показників цементованих деталей шарошkových бурових доліт: монографія. / Р. С. Яким, Д. Ю. Петрина. – Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2011. – 189 с.
6. Петрина Ю. Д. Розробка науково-прикладних основ підвищення довговічності бурових доліт шляхом раціонального використання матеріалів: дис. ... доктора техн. наук: 05.15.07. – Івано-Франківськ, 1996. – 356 с.