

УДК 621.7

**В. А. ЧУБЕНКО, А. А. ХІНОЦЬКА, В. ЧУБЕНКО****ЗОВНІШНЯ ПОВЕРХНЯ ОСЕРЕДКУ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ВАЛКОВІЙ РОЗЛИВЦІ-ПРОКАТЦІ  
ТОНКИХ ЛИСТІВ**

Розвиток металургійної промисловості постійно ставить істотні вимоги щодо якості виробів, продуктивності машин і агрегатів, зменшення витрат матеріалів і енергетичних ресурсів. Задовольнити ці потреби можна при використанні процесу валкового лиття-прокатки. Такі способи дозволяють зменшити собівартість прокатного виробництва. Для освоєння технології розливання сталі досліджені зміни відбуваються з металом, який знаходиться в міжвалкового просторі. Проаналізовано процес утворення осередку деформації при валковій розливці-прокатці тонких листів, що впливає на якість виробів, енергосилові параметри та продуктивність процесу. Визначено його коефіцієнти та параметри в умовах лиття-прокатування. Запропоновано методику визначення площі зовнішньої поверхні осередку деформації при м'якому обтисненні в ливарно-прокатних клітках. Досліджено вплив кінцевої товщини смуги та величини обтиснення на розмір площі зовнішньої поверхні осередку деформації.

**Ключові слова:** осередок деформації, обтиснення, товщина смуги, площа зовнішньої поверхні осередку, валкова розливка-прокатування, довжина дуги захоплення

Развитие металлургической промышленности постоянно ставит существенные требования по качеству изделий, производительности машин и агрегатов, уменьшению расхода материалов и энергетических ресурсов. Удовлетворить эти потребности можно при использовании процесса валкового литья-прокатки. Такие способы позволяют уменьшить себестоимость прокатного производства. Для освоения технологии разлива стали исследованы изменения происходящие с металлом, который находится в межвалкового пространстве. Выполнен анализ процесса образования очага деформации при валковой разливке-прокатке тонких листов, что влияет на качество изделий, энергосиловые параметры и производительность процесса. Определены его коэффициенты и параметры в условиях литья-прокатки. Предложена методика определения площади внешней поверхности очага деформации при мягком обжатии в литейно-прокатных клетях. Исследовано влияние конечной толщины полосы и величины обжатия на размер площади внешней поверхности очага деформации.

**Ключевые слова:** очаг деформации, обжатие, толщина полосы, площадь внешней поверхности очага, валковая разливка-прокатка, длина дуги захвата.

The development of the steel industry is constantly puts significant demands on product quality, performance, machines and units, a decrease in the consumption of materials and energy resources. To satisfy these needs, you can process using a roll casting-rolling. Such methods can reduce the cost of rolling mills. For the development of casting technologies we have been investigated changes occurring metal, which is in the roll area. The process of formation of Hearth of deformation is analysed at Rolling teem-rolling thin folias, that influences on quality of wares, Expenses of energy and productivity of process. His coefficients and parameters in the conditions of casting-rolling, that appear in By a re ntal roller, are certain. The sizes of Wrining out, corner of fascination, length of arc of contact of stripe, are found with an instrument. A new formula is offered and investigational for determination of area of external surface of cell of deformation at soft Wrining out in casting-renal cages. Influence of eventual thickness of stripe and size of Wrining out is certain on the size of area of external surface of cell of deformation, where it is educed that at the increase of thickness of stripe the area of external surface increases, and at the increase of size of Wrining out – diminishes because обтиснення has less influence on the area of external surface than her.

**Keywords:** cell of деформации, thickness of stripe, area of external surface of cell, Wrining out, roll casting-rolling, the length of the arc of capture.

**Вступ.** Розвиток металургійної промисловості постійно ставить суттєві вимоги з якості виробів, продуктивності машин та агрегатів, зменшення витрат матеріалів та енергетичних ресурсів. Задовольнити ці потреби можна при використанні процесу валкового лиття-прокатування. Такі способи дозволяють зменшити собівартість прокатного виробництва. Для освоєння технології валкової розливки сталі потрібно дослідити зміни що відбуваються з металом, який знаходиться у міжвалковому просторі. Тому подальше дослідження процесів, що відбуваються в осередку деформації при "м'якому" обтисненні у ливарно – прокатних клітках з метою їх удосконалення є задача актуальна.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Останнім часом розвиток металургійної промисловості відбувається за рахунок впровадження агрегатів прямого розливання рідкої

сталі у тонкі листи. Така технологічна схема дозволяє зменшити собівартість виробництва за рахунок виключення операцій гарячого прокатування і відповідним скороченням устаткування для його здійснення, а також знизити енерго- та трудовитрати та підвищити якість виробів [1, 2, 3, 4, 5].

В цих машинах відбувається суміщення процесів лиття – прокатування сталі. Ливарно-прокатні клітки, які використовують в устаткуваннях прямого розливання, мають кристалізатор, який складається з двох валків, що розташовано безпосередньо під проміжним ковшем і обертаються в протилежних напрямках. Рідка сталь при розливанні надходить у простір між валками і утворює осередок деформації. Метал при контакті з поверхнею валків кристалізується, утворюючи затверділі шари, які рухаються разом з поверхнею і виходять із валків у формі листа, товщина якого

визначається відстанню між валками, а ширина бічними стінками кристалізаторів [1]. При валковому литті-прокатуванні заготовкою служить розплавлений метал, параметри зони пластичної деформації формуються внаслідок складної взаємодії матеріалу з інструментом [6].

На відміну від звичайного безперервного лиття-прокатування сталевих виробів, при валковому розливанні в осередку деформації має місце два суміщених процесу: кристалізація розплаву і пластична деформація спочатку тієї частини, що закристалізувалася, а потім і всієї маси металу [4]. В процесі кристалізації відбувається м'яке обтиснення сталі, при виході з кліті-кристалізатора смуга отримує подальше охолодження і надходить у прокатну кліть для подальшого обтиснення [5]. Для аналізу і оцінки отриманих результатів були використані дані досліджень С.Берковича [7], А. Ю. Гридіна [8], де показано основні процеси, що відбуваються в осередку деформації в ливарно-прокатних клітках.

Технологічна схема отримання тонкого листа із застосуванням двовалкових машин безперервного лиття заготовок дозволяє у 8 – 10 разів зменшити витрати енергетичних ресурсів, у 40 – 50 разів скоротити втрати металу в окалину, у 5 – 10 разів підвищити продуктивність праці, що забезпечує економічну доцільність подальшого розвитку та удосконалення технологічних процесів.

Виконано патентний пошук на предмет удосконалення ливарно-прокатних модулів, що дозволило вивчити динаміку розвитку і впровадження ливарно-прокатних агрегатів в Україні та Росії з 2000 по 2013 року. Даний аналіз дає можливість визначити переваги та недоліки у використанні таких агрегатів та виявити подальший напрямок дослідження зі зменшення перегріву металу при безперервній розливці сталі у валки-кристалізатори, що забезпечує можливість суміщення процесів лиття-прокатування [9].

Виявлено недоліки процесу валкової розливки-прокатки: ширина смуг не регулюється і коливається за довжиною. Для знешкодження цього явища запропоновано нову конструкцію валків кристалізаторів [10].

Развиток технології валкової розливки сталі стримується через великі втрати рідкого металу через низьку швидкість кристалізації. Для прискорення цього явища пропонується рідку сталь розливати безпосередньо в консольні прокатні валки, які є кристалізаторами і швидко зменшувати

перегрів металу перед розливанням використовуючи суспензійне розлиття [11].

Однією з переваг суспензійного розлиття є можливість утилізувати металовідходи (стружки, обрізи, недоливів, вирубки). Дослідженнями доведено, що швидкість кристалізації розплаву зі сталі 25 при введенні залізо містких добавок збільшується на 20 % в порівнянні з литтям без добавок.

Для досягнення максимального теплофізичного ефекту істотно регулювати параметри дисперсного інокулятора таким чином, щоб частинки повністю розплавлялися до миті досягнення температури ліквідус. Тому суттєвим показником технологічного процесу суспензійного лиття сталі є розмір частки дисперсного інокулятора [11]. Визнано оптимальним розміром радіус інокулятора, який дорівнюється близько 1 мм [12].

Важливим параметром при прокатуванні, що визначає якість виробів та витрати енергії, продуктивність процесу та собівартість виробництва є осередок деформації, що не достатньо досліджено в умовах валкової розливки-прокатування. Особливо важливою задачею є визначення коефіцієнтів та параметрів осередку деформації з метою оцінки продуктивності та якості процесу.

**Мета роботи** – дослідити зміни величини площі зовнішньої поверхні осередку деформації в залежності від параметрів та коефіцієнтів осередку деформації.

Для досягнення мети потрібно вирішити наступні **задачі**:

- виконати аналіз впливу товщини смуги на зміни коефіцієнтів осередку деформації при валковому литті-прокатуванні;

- визначити залежність величини площі зовнішньої поверхні осередку деформації від товщини смуги та розміру обтиснення.

**Методика проведення дослідження.**

Дослідження параметрів та коефіцієнтів осередку деформації відбувалося за схемою, що наведено на рис. 1. Валки мають радіус 500 мм. В дослідженнях застосовувалася смуга товщиною 2, 3 и 4 мм і шириною 1 м. Використовувалися теоретичні та експериментальні методи дослідження. В розрахунках вважалося, що товщина смуги не змінюється, тобто уширення не відбувається.

Кут захоплення визначався за загальною відомою [13, 14] формулою:  $\alpha = \sqrt{\Delta h/R}$ ; довжина дуги контакту валків зі смугою:  $l_d = \sqrt{R \cdot \Delta h}$ .

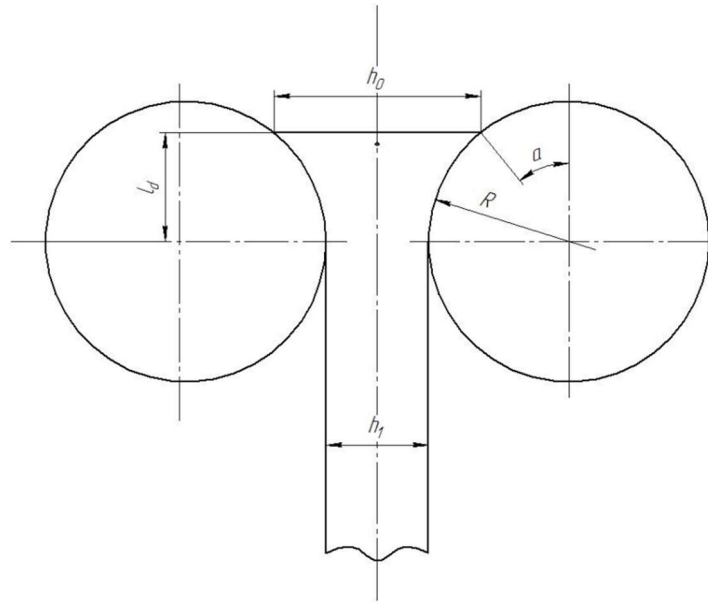


Рис. 1 – Схема осередку деформації при валковій розливці-прокатці для виготовлення тонких смуг:  $R$  – радіус валків-кристалізаторів;  $\alpha$  – кут захоплення;  $h_0$  – початкова висота смуги;  $h_1$  – кінцева висота смуги;  $l_d$  – довжина осередку деформації

Осередок деформації металу має призматичну форми і лічить шість поверхонь – чотири закриті і дві відкриті. Одна умовна поверхня поперечного перерізу розкату, через який він входить в осередок деформації. Дві закриті симетричні поверхні контакту між поверхнями валків і розкату. Ці поверхні мають циліндричну форму радіусом, який дорівнюється радіусу валків і шириною, рівною довжини дуги захвату.

Четверта поверхня представляє собою хвостовий кінець розкату, або площу поперечного перерізу на виході з валків, тобто кінець осередку деформації та процесів, які в ньому відбуваються. П'ята та шоста поверхні – це бокові поверхні смуги, які також симетричні між собою, відстань між цими поверхнями дорівнює ширині смуги. Через великі напруження, що виникають при деформації практично не має шансів у атомів контактної поверхні попасти в уширення. Тому в розрахунках величиною уширення будемо зневажати.

Сумарна продуктивність валків по утворенню зовнішньої поверхні прямокутної призми до площини входу дорівнює:

$$F_{0\text{зов}}=2(b_0+h_0)v_0, \quad (1)$$

а після виходу з валків вона дорівнює:

$$F_{1\text{зов}}=2(b_1+h_1)v_1, \quad (2)$$

де  $b_0$  – ширина осередку деформації на вході у валки;  $b_1$  – ширина осередку деформації на виході з валків;  $h_0, h_1$  – відповідно висота осередку деформації на вході та виході з валків.

Знову утворена поверхня розкату утворюється в осередку деформації.

Зовнішня поверхня осередку деформації дорівнює:

$$F_{\text{од зов}} = 2l_d \frac{b_0+b_1}{2} + 2 \frac{h_1+h_0}{2} R \sin \alpha, \quad (3)$$

де  $R$  – радіус валків;

$R \sin \alpha$  – довжина осередку деформації, тобто відстані між площ площинами  $h_0b_0$  і  $b_1h_1$ ;

$\alpha$  – кут захоплення;

Обчислення дорівнює:

$$\Delta h = h_0 - h_1$$

$l_d$  – довжина дуги захоплення, яка дорівнює:

$$l_d = \pi R \alpha / 180 = 0,017 R \alpha. \quad (4)$$

Після відповідних перетворень отримаємо:

$$F_{\text{од зов}} = R [0,017 \alpha (b_0 + b_1) + \sin \alpha (h_1 + h_0)]. \quad (5)$$

**Результати дослідження впливу коефіцієнтів та параметрів деформації на площу зовнішньої поверхні осередку деформації.** Результати досліджень змін коефіцієнтів та площі зовнішньої поверхні осередку деформації в залежності від кінцевої товщини смуги занесено в таблицю 1.

Таблиця 1. Коефіцієнти та площа зовнішньої поверхні осередку деформації при валковій розливці-прокатці штаби

| $h_1$ , мм | $h_0$ , мм | $\Delta h$ , мм | $\alpha$ , ° | $l_d$ , мм | $F_{\text{од зов}}$ , мм <sup>2</sup> |
|------------|------------|-----------------|--------------|------------|---------------------------------------|
| 2          | 22         | 20              | 11,5         | 100        | 2588,0                                |
| 3          | 22         | 19              | 11,2         | 97,4       | 2618,4                                |
| 3,5        | 22         | 18,5            | 11,02        | 96,18      | 2624,7                                |
| 4          | 22         | 18              | 10,9         | 94,8       | 2643,2                                |

З таблиці 1 видно, що при збільшенні висоти смуги величина обтиснення, кут захоплення, та довжина дуги контакту зменшуються, а площа зовнішньої поверхні осередку деформації збільшується. З формули (5) помітно, що кожен з цих параметрів впливає на величину площі зовнішньої поверхні осередку деформації. Кут захоплення зі зменшенням висоти смуги – збільшується, але

розрахунки виявили, що вплив цього кута несуттєвий. Більш суттєво впливає на площу зовнішньої поверхні величина висоти смуги до та після обтиснення.

Для визначення взаємного впливу коефіцієнтів та параметрів осередку деформації побудовано графік залежності зовнішньої поверхні осередку деформації від величини обтиснення (рис. 2).

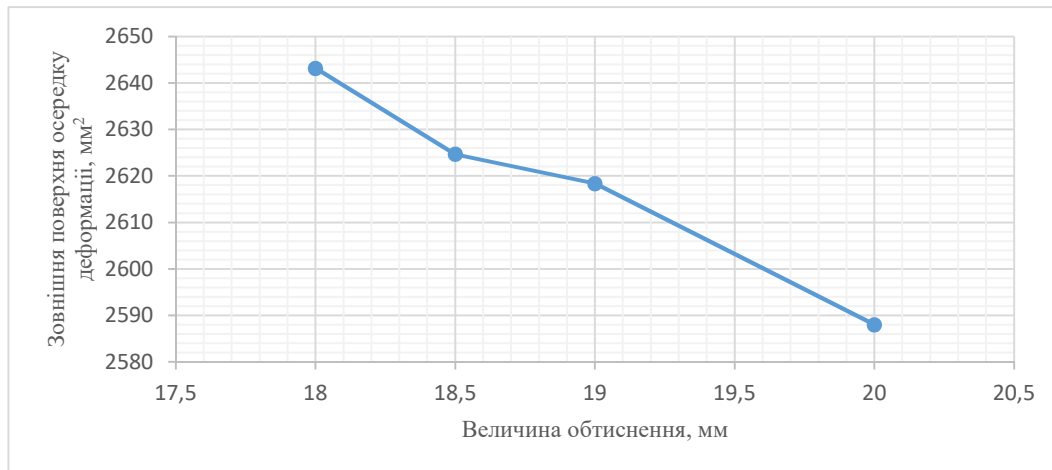


Рис. 2 – Вплив величини обтиснення на величину площі зовнішньої поверхні осередку деформації при валковій розливці для виготовлення тонких смуг

З рисунка 2 видно, що при збільшенні величини обтиснення зменшується площа зовнішньої поверхні осередку деформації. Таке зменшення відбувається тому, що при збільшенні величини обтиснення зменшується висота виробу, яка суттєво впливає на площу зовнішньої поверхні осередку деформації. Величина обтиснення має лінійний вплив на площу зовнішньої поверхні осередку деформації.

**Висновки.** Проаналізовано вплив товщини смуги на коефіцієнти та параметри осередку деформації при валковій розливці-прокатці сталі для виготовлення тонких смуг, що дозволило запропонувати методику визначення складових та загальної площі зовнішньої поверхні осередку деформації, яка залежить від радіуса валків, величини куту захоплення, початкової та кінцевої висоти та ширини смуги.

Розраховано коефіцієнти та параметри осередку деформації литтє-прокатуванні. Визначено вплив товщини смуги на площу зовнішньої поверхні осередку деформації, де виявлено, що при збільшенні товщини смуги площа зовнішньої поверхні осередку деформації збільшується, а при збільшенні величини обтиснення – зменшується тому, що зменшується товщина смуги.

#### Список літератури

1. Губін Г. В. Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза / Г.В.Губін, В.О. Півень. – Кривий Ріг: ПП «Видавничий дім», 2010. – 366 с.
2. Данченко В. Н. Прогресивные процессы обработки металлов давлением [Текст] / В. Н. Данченко // Металлургическая и

- горнорудная промышленность. – 2011. – № 7. – С. 1–8.
3. Минаев А. А. Возрождение металлургии на Украине невозможно без приоритетного развития прокатного производства [Текст] / А. А. Минаев, Ю. В. Коновалов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – № 7. – С. 143–144.
4. Данченко В. М. Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник / Данченко В.М., Гриркевич В.О., Головка О.М. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с.
5. Минаев А. А. Совмещенные металлургические процессы [Текст]: монография / А. А. Минаев. – Донецк: Технопарк Дон ГТУ УНИТЕХ, 2008. – 522 с.
6. Грідін О. Ю. Развитие научных та технологических основ процесів валової розливки-прокатки з інтенсивною формозміною металу при виробництві тонкий штаб з підвищеним рівнем механічних властивостей: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.03.05 "Процеси та машини обробки тиском" / О. Ю. Грідін. – Дніпропетровськ, 2014. – 40 с.
7. Berkovici S. J. Optimisation of 3C Roll Caster by Automatic Control // Proc. of Conference "Light Metals", TMS. – New York, 1985. – P.1285–1299.
8. Грідін А. Ю. Экспериментальный метод определения длины зоны деформации при непрерывной валковой разливке-прокатке / А.Ю. Грідін // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2010. – Вып. 42. – С. 48–58.
9. Ретроспективный анализ массива опубликованных патентов, характеризующие развитие литейно-прокатных модулей за период 2000-2013 г.г. в Украине и России [Н.Н.Бережной, М.М., Чубенко В.А., А.А.Хіноцька, С.О.Мацишин, А.А.Шепель, В.А.Чубенко ]// Технологический аудит и резервы производства. – 2015, №1/1 (21)/ – С. 4–7.
10. Патент України № 100153 МПК В21В1 Ливарно-прокатна кліть / М.М.Бережний, В.А. Чубенко, А.А. Ретроспективный анализ массива опубликованных патентов, характеризующие развитие литейно-прокатных модулей за период 2000-2013 г.г. в Украине и России [Н.Н.Бережной, М.М., Чубенко В.А., А.А.Хіноцька, С.О.Мацишин, А.А.Шепель, В.А.Чубенко ]// Технологический аудит и резервы производства. – 2015, №1/1 (21)/ – С. 4–7.

11. Затуловський С. С. Суспензионная разливка [Текст] / С. С. Затуловський. – К: Наукова думка, 1981. – 260 с.
12. The increase in efficiency of strips production process in foundry and rolling mill stand/ Nikolay Berezhnoy, Viktoriya Chubenko, Alla Khinotskaya, Valeriy Chubenko //Metallurgical and Mining Industry. – 2016, № 4. – P. 296–300.
13. Грудев А. П. Теория прокатки. – Уч. для вузов. – М.: Металлургия, 1988. – 240 с
14. Теория прокатки. – Справочник/А.И.Целиков, А.Д.Томленов, В.И.Зюзин и др. – Под научн.ред. В.И.Зюзина и А.В.Третьякова. – М.: Металлургия, 1982. – 335 с.

**Bibliography (transliterated):**

1. Gubin G.V. Suchasni promy'slovi sposoby' bezkoksovoyi metallurgiyi zaliza/ [Modern industrial methods cokeless iron metallurgy]. – Kry'vy'j Rig: PP «Vy'davny'chy'j dim», 2010. – 366 p.
2. Danchenko V. N. Prohressyvnne protsessy obrabotky metallov davleniem [Progressive metal forming processes] o // Metallurhycheskaya u hornorudnaya promyshlennost'. – 2011. – No 7. – P. 1–8.
3. Minaev A. A. Vozrozhdenie metallurgii na Ukraine nevozmozhno bez prioritetnogo razvitiya prokatnogo proizvodstva [The revival of industry in Ukraine is impossible without the development of the priority rolling production] // Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'. – 2011. – No 7. – P. 143-144.
4. Teoriya protsesiv obrobky metaliv tyskom: Pidruchyk/ [Theory of processes of metal forming] – Dnipropetrovs'k: Porohy, 2008. – 370 p.
5. Мынаев А. А. Совмешченные металлургические процессы [Combined metallurgical processes]: – Donetsk: Tekhnopark Don HTU UNYTEKh, 2008. – 522 p.
6. Gridin O.Yu. Rozvy'tok naukovy'x ta tehnologichny'x osnov procesiv valovoyi rozly'va-prokatky' z intensy'vnoyu formozminoyu metalu pry' vy'robny'cztvi tonky'j shtab z pidvy'sheny'm rivnem mexanichny'x vlasty'vostej: avtoref.

- dy's. na zbuttya nauk. stupenya dokt. texn. nauk: specz. 05.03.05 "Procesy' ta mashy'ny' obrobky' ty'skom" / O. Yu. Gridin. – Dnipropetrovs'k, 2014. – 40 p.
7. Berkovici S. J. Optimisation of 3C Roll Caster by Automatic Control // Proc. of Conference "Light Metals", TMS. – New York, 1985. – P. 1285–1299.
8. Gridin A. Ju. Jeksperimental'nyj metod opredelenija dliny zony deformacii pri nepreryvnoj valkovoj razlivke-prokatke [The experimental method of determining the length of the deformation zone in the continuous roll casting-rolling] // Vestnik nacional'nogo tehniceskogo universiteta «HPI». – 2010. – No. 42. – P. 48–58.
9. Retrospektyvnyy analiz massyva opublikovanykh patentov, kharakteryzuyushchye razvytye lyte yno-prokatnykh moduley za peryod 2000-2013 h.h. v Ukraine y Rossyy [Retrospective analysis of an array of published patents, characterizing the development of the casting-rolling units for the period 2000-2013 Ukraine and Russia] // Tekhnologicheskyy audyt y rezervy proyzvodstva. – 2015, /No 1/1 (21)/ – P. 4–7.
10. Patent Ukrainy №100153 MPK V21V1 Lyvamo-prokatna klit' / M.M.Berezhnyy, V.A. Chubenko, A.A.Khinots'ka, S.O.Matsyshyn, A.O.Shepel', V.A.Chubenko, DVNZ «Kryvoriz'kyy natsional'nyy universytet». – zayavl. 05.02.2015, opubl. 10.07.2015, Byul. No 13.
11. Zatulovskyy, S. S. Suspenzyonnaya razlyvka [Suspension casting]. – Kiev: Naukova dumka, 1981. – 260 p.
12. The increase in efficiency of strips production process in foundry and rolling mill stand / Nikolay Berezhnoy, Viktoriya Chubenko, Alla Khinotskaya, Valeriy Chubenko //Metallurgical and Mining Industry. – 2016, No 4. – P. 296–300.
13. Grudev A.P. – Teoriya prokatki. – Uch. dlja vuzov. [The theory of rolling] – Moscow.: Metallurgija, 1988. – 240 p.
14. Teoriya prokatki. . Spravochnik [The theory of rolling]. – Moscow.: Metallurgija, 1982. – 335 p.

Надійшло (received) 15.11.2016

*Бібліографічний опис/Библиографическое описание/ Bibliographic descriptions*

**Зовнішня поверхня осередку деформації при валковій розливі-прокатні тонкий смуг/ В.А.Чубенко, А.А.Хіноцька, В.Чубенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХП», 2016. – № 31(1203). – С. 69–74. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2519-2671**

**Внешняя поверхность очага деформации при валковой разливке- прокатке тонких полос /В.А.Чубенко, А.А.Хиноцкая, В.Чубенко/ // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХП», 2016. – № 31(1203). – С. 69–74. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2519-2671**

**The outer surface of the roll gap at the roll casting-rolling thin strips/ V.A.Chubenko, A.A.Khinotskaya, V.Chubenko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative technologies and equipment handling materials in mechanical engineering and metallurgy. – Kharkiv: NTU «KhPI» – 2016. – No 31(1203). – P. 69–74. – Bibliogr.: 14 – ISSN 2519-2671**

*Відомості про авторів/ Сведения об авторах/ About the Authors*

**Чубенко Вікторія Анатоліївна** – кандидат технічних наук, доцент, ДВНЗ «Криворізький національний університет», доцент кафедри металургії чорних металів та ливарного виробництва, тел.: 0507472823, e-mail victoria\_4@rambler.ru

**Чубенко Вікторія Анатоліївна** – кандидат технічних наук, доцент, ДВНЗ «Криворожський національний університет», доцент кафедри металургії чорних металів та литейного виробництва, тел.: 0507472823 e-mail victoria\_4@rambler.ru

**Chubenko Victoria Anatolievna** –Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Krivoy Rog National University, tel.: 0507472823, e-mail: victoria\_4@rambler.ru

**Хіноцька Алла Анатольевна** – старший викладач кафедри металургії чорних металів та ливарного виробництва ДВНЗ «Криворізький національний університет»

**Хиноцкая Алла Анатольевна** – старший преподаватель кафедры металлургии черных металлов и литейного производства ДВНЗ «Криворожский национальный университет»

**KHinotskaya Alla Anatolievna** – Senior Lecturer of Department of Iron Metallurgy Metals Krivoy Rog National University

**Чубенко Валерій Андрійович** – ДВНЗ «Криворізький національний університет», студент

**Чубенко Валерий Андреевич** – ДВНЗ «Криворожский национальный университет», студент

**Chubenko Valeriy Andreevich** – Student, Krivoy Rog National University