

РАЗДЕЛ II ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621.735.35

Герасименко О. В.
Марков О. Є.
Хващинський А. С.
Маркова М. О.
Різак П. І.

РОЗРОБКА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО ПРОЦЕСУ КУВАННЯ ПУСТОТІЛИХ ПОКОВОК ВІДПОВІДАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Пріоритетним напрямком розвитку важкого машинобудування в Україні є підвищення якості деталей відповідального призначення для поліпшення їх експлуатаційних характеристик і зниження витрат на їх виробництво. На сьогоднішній день існує затребуваність у підвищенні якості й зниженні витрат на виготовлення крупногабаритних деталей відповідального призначення, які застосовуються в енергетичному та важкому машинобудуванні. Підвищення механічних властивостей деталей відповідального призначення стане можливим за рахунок розробки нових способів кування для гарантованого одержання заготовок високої якості.

У важкому машинобудуванні значну частку становлять деталі типу пустотілих циліндрів із дном (наприклад, циліндри гідравлічних пресів і пустотілі плунжери гідроциліндрів). На сьогоднішній день ці деталі виготовляються двома способами: із заковуванням дна (рис. 1) і одержання циліндрів із глухим дном способами зварювання двох деталей (рис. 2).

Технологія виготовлення циліндрів із глухим дном із заковуванням дна полягає в протягуванні на конічній оправці заготовки із буртом, видаленні оправки, заковування бурту. Недолік даного процесу кування циліндрів із дном – несучільність металу дна через окиснену поверхню металу.

При виготовленні циліндрів із дном зварюкутими окремо виготовляється пустотілий циліндр протягуванням на оправці й окремо робиться дно циліндра, яке приварюється. Зварюкуті гідравлічні циліндри руйнуються в місці розташування зварного шва – під дією знакозмінних циклічних навантажень (стискання-розтягування) відбувається утворення втомних тріщин у зварному шві, що й приводить до обриву дна циліндра.

Відмінність даного технологічного процесу від існуючого полягає у виключенні застосування оправки при протягуванні пустотілих циліндричних поковок із дном [1]. Для застосування даної технології виготовлення циліндрів на виробництві потрібна розробка рекомендацій і методики проектування процесу.

Аналіз результатів теоретичних і експериментальних досліджень дозволив встановити закономірності напружено-деформованого стану порожніх заготовок у процесі протягування вирізними бойками зі скосами й розробити рекомендації для проектування технологічного процесу кування порожніх заготовок із дном [2, 3].

Технологічний процес кування має кілька послідовних етапів: складання креслення кування, вибір зливка і його форми, розробка режимів нагрівання й вибір ковальських операцій. Маса зливка розраховується як сума мас: поковки, угару, відходів, прибуткової й донної частин. Маса поковки розраховується через її об'єм. Припуски на деталь визначаються за державними стандартами. Маса угару металу залежить від режиму нагрівання й підігріву.

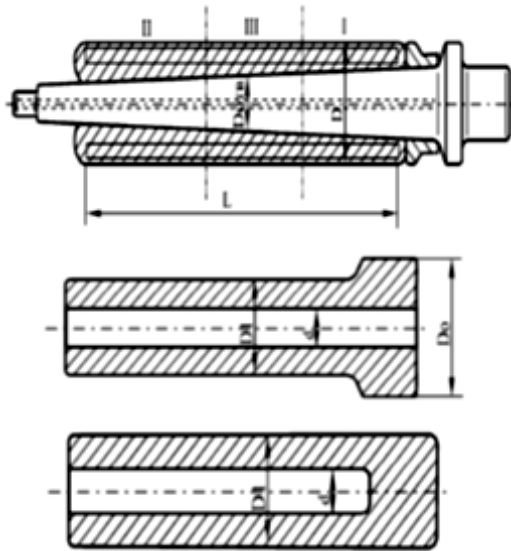


Рис. 1. Технологія виготовлення пустотілих циліндрів із заковуванням дна

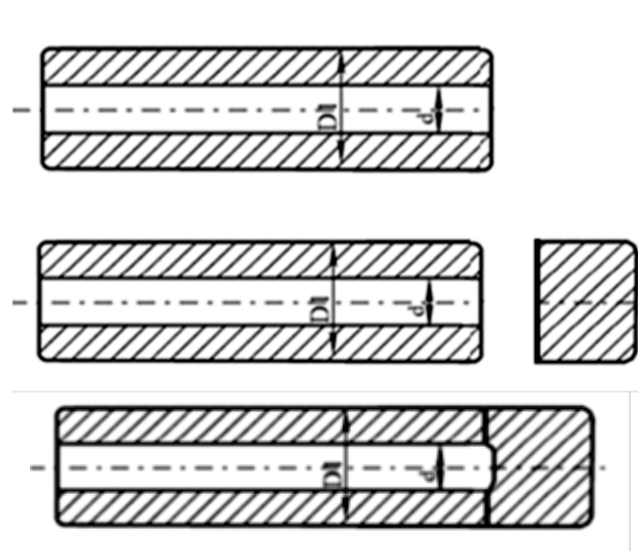


Рис. 2. Технологія виготовлення пустотілих циліндрів з приварюванням дна

Виготовлення пустотілих поковок з дном за новою технологією не передбачає наскрізного прошивання, тому маса відходу дорівнює нулю.

Розробка технологічних переходів кування таких циліндрів складається з наступних основних етапів: визначення ковальських операцій, послідовності їх застосування, застосовуваного інструмента й термомеханічних режимів деформування. Перераховані вище параметри залежать безпосередньо від форми й розмірів поковки.

Однією з основних особливостей нового технологічного процесу є визначення ефективної геометрії вирізного бойка. Щоб одержати сприятливий напружено-деформований стан для більш інтенсивної витяжки заготовки. Як показали попередні результати досліджень, необхідно застосовувати вирізні бойки з кутом вирізу $\alpha = 115^\circ$, кутом скосів $\beta = 10^\circ$ і шириною деформуючої полиці 100...300 мм (рис. 3) [4–8].

Ідея застосування вирізних бойків зі скосами полягає в тому, що така геометрія деформуючого інструменту забезпечує виникнення пластичних деформацій у поверхневих шарах заготовки (зона пластичної деформації при куванні не проникає вглиб заготовки) і завдяки малим подачам переважний плин металу відбувається уздовж осі заготовки, що забезпечує її подовження й виключає інтенсивне закування отвору.

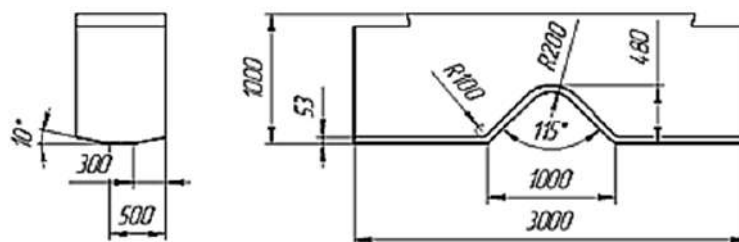


Рис. 3. Ескіз вирізного бойка зі скосом для преса 100 МН

Для забезпечення високої якості поверхні й виключення утворення затисків при протягуванні вирізними бойками було встановлено, що обтиснення повинне становити не більш 10 % від діаметра заготовки та подача 10 %.

Більш високий та рівномірний розподіл деформацій у тілі заготовки та її інтенсивне подовження забезпечує протягування у вирізних бойках за схемою: прохід → кантування на 90° → прохід → кантування на 90° → прохід → кантування на 45° → прохід.

Новий технологічний процес виготовлення пустотілих циліндрів з дном включає наступні технологічні операції (рис. 4):

- нагрівання до ковальської температури злитка (рис. 4, а);
- відтягнення цапфи під діаметр нижньої осадочної плити для утримання заготовки під час подальшого кування маніпулятором;
- обкочування граней злитка до діаметра $D_{i\phi}$ (рис. 4, б);
- осадження верхньою плоскою плитою до висоти $H_{i\phi}$ (рис. 4, в);
- прошивання суцільним прошивнем з утворенням перетинки $t = (0,5...0,9) \times t\partial$, де $t\partial$ – товщина дна поковки для формування майбутньої порожнини циліндра (рис. 4, г);
- протягування вирізними бойками зі скосами (рис. 4, д).

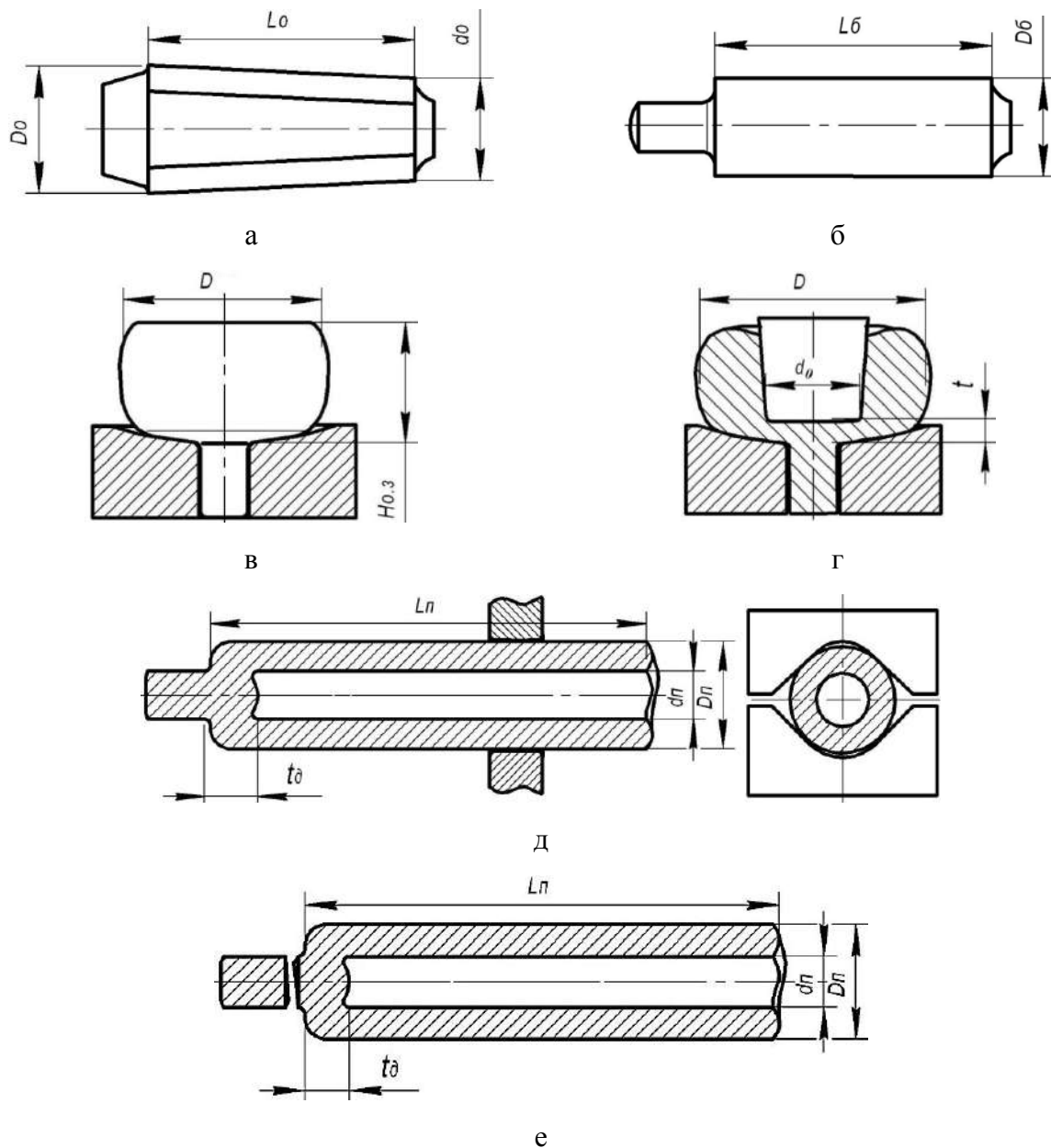


Рис. 4. Технологічні переходи кування циліндрів без оправки
 а – ковальський злиток; б – злиток після білетування; в – осадження злитка;
 г – заготовка після прошивання; д – протягування заготовки вирізними бойками зі скосами без оправки; е – рубка цапфи.

Суцільний прошивень видавлюється із заготовки при протягуванні за рахунок його конусної поверхні, на яку тиснуть осеві сили при куванні. Більше того, на першому етапі протягування прошивень виконує функцію оправки й зменшує ступінь закування отвору.

Після видалення прошивня заготовка направляється на підігрівання, після чого вона протягується до діаметру поковки D_f (див. рис. 4, д). Після протягування порожньої заготовки з дном без оправки рубиться цапфа (рис. 4, е). Спосіб дозволяє виключити додаткові операції: заковування дна або його заварювання.

Відсутність оправки сприяє закуванню отвору пустотілої заготовки й збільшенню товщини стінки поковки, що ускладнює проектування технологічного процесу. У цьому зв'язку необхідно встановити початкові розміри заготовки (d_0/D) у залежності від остаточних поковочних розмірів (d/D) і ступеня деформації (ε). Отримана графічна залежність (рис. 5) і алгоритм розрахунків (рис. 6) дозволяє визначати необхідні початкові розміри пустотілої заготовки для одержання необхідних кінцевих розмірів поковки, при куванні вирізними бойками з кутом вирізу 115° , кутом скосів вирізу $\beta = 10^\circ$ і подачею 100...300 мм.

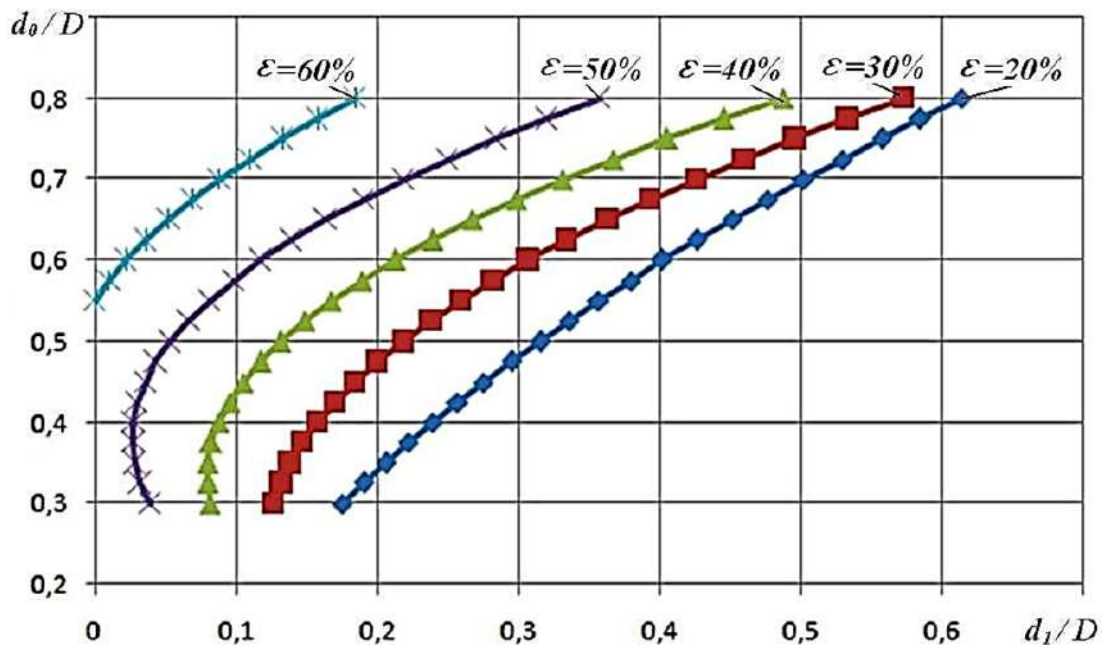


Рис. 5. Номограма для визначення діаметра отвору вихідної заготовки до операції протягування без оправки

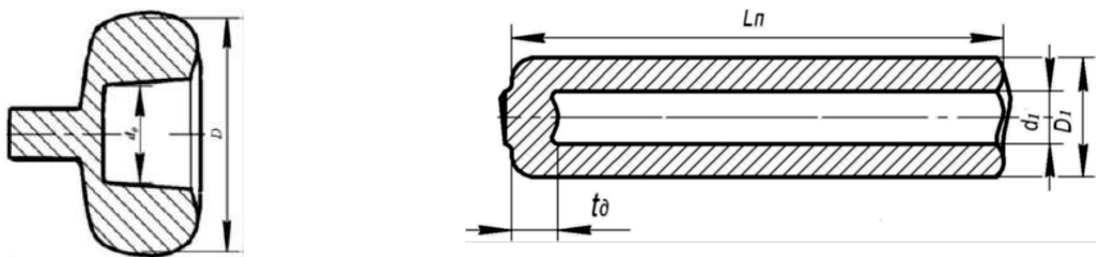


Рис. 6. Алгоритм розробки

- 1) Визначення об'єму й маси поковки.
- 2) Вибір злитка з урахуванням прибуткової, донної частин і угару.
- 3) Визначення діаметра й довжини злитка.
- 4) Визначення висоти осадженої заготовки $H_{o.з.} = 0,5L_{\sigma}$.
- 5) Визначення зовнішнього діаметра (діаметра осадженої заготовки) перед протя-

ганням
$$D = \sqrt{\frac{D_{\sigma}^2 \cdot L_{\sigma}}{H_{o.з.}}}$$

6) Визначення ступеня деформації $\varepsilon = \sqrt{\frac{D - D_1}{D}} \cdot 100\%$.

7) Визначення відносного діаметра поковки d_1 / D .

8) Знаючи d_1 / D й ε , по номограмі визначаємо відносний діаметр отвір вихідної заготовки d_0 / D .

9) Визначення діаметра отвору заготовки для прошивання d_0 .

Використовуючи розроблені рекомендації з процесу кування пустотілих заготовок без оправки були розроблені нові технологічні процеси кування й проведена апробація у виробничих умовах при куванні 2 поковок «Труба». Матеріал злитка – сталь 15X1M1Ф и 16ГС, маса злитків 21 000 кг.

Після осадження вирубаного зі злитка блоку заготовка прошивалася суцільним прошивнем. Після розкочування на дорні проводилося кування труби без оправки.

Кування без оправки привело до збільшення хвилястості на внутрішній поверхні, що потребувало призначення на цю поверхню подвійного припуску на механічну обробку. Однак отримана пустотіла заготовка відповідає вимогам креслення поковки.

ВИСНОВКИ

Відсутність оправки знизила інтенсивність охолодження заготовки, що дозволило зробити кування пустотілої заготовки за одне нагрівання.

Прошивання суцільним прошивнем дозволяє заощадити за рахунок відсутності відходу. Припуск по внутрішньому отвору кування після кування без оправлення не перевищував подвійного припуску. При цьому була усунута конусність внутрішнього отвору. В результаті поковка, яка виготовлена без оправки, по масі відрізнялася на 3 % від маси поковки, відкутої за базовою технологією. Таким чином, збільшений припуск по внутрішній поверхні отвору (за рахунок хвилястості), перекриває конусність отвору.

Кування без оправки доцільно проводити вирізними бойками зі скосами. Спроектвана спеціальна конструкція вирізних бойків з кутом вирізу 115 ° і кутами скосів 10 °. Розроблена методика проектування технологічних процесів кування, яке полягає у визначенні діаметра отвору заготовки перед протягуванням без оправки залежно від діаметра отвору поковки й ступеня деформації.

У результаті впровадження нової технології кування пустотілих заготовок без оправлення продуктивність процесу кування підвищилась на 25...30 %, а число нагрівань знизилася на 15...25 %. Запропоновані рішення розширили технологічні можливості процесу кування пустотілих заготовок з дном. Якість отриманих поковок відповідає вимогам замовника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Baoguang S. *A novel technique for reducing macrosegregation in heavy steel ingots* / S. Baoguang, K. Xiuhong, L. Dianzhong // *J. Materials Processing Technology*. – 2010. – № 210. – P. 703–711.
2. *Research on Charging Combination Based on Batch Weight Fit Rule for Energy Saving in Forging* / Zhu Baiqing, Lu Haixing, Tong Yifei, Li Dongbo, Xia Yong // *Mathematical Problems in Engineering*. – Volume 2015. – Article ID 531756, 9 pages. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/531756>.
3. Kun, Chen. *Strain function analysis method for void closure in the forging process of large sized steel ingot* / Kun Chen, Yitao Yang, Guangjie Shao // *Computational Materials Science*. – № 51 (2012). – P. 72–77.
4. *Неравномерность распределения показателей напряженно-деформированного состояния при ресурсосберегающих режимах протяжки заготовок с обкаткой в комбинированных бойках* / В. В. Кухарь, Е. Ю. Балалаева, О. А. Тузенко, О. В. Василевский // *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : Технічні науки / ВНАУ*. – Вінниця : ВНАУ, 2015. – Випуск 1 (89), Том 1. – С. 22–26. – ISSN 2306-756X.
5. Чухлеб В. Л. *Основные предпосылки управлением качеством продукции и их возможная реализация в условиях ОАО "Днепроспецсталь"* / В. Л. Чухлеб, А. Н. Тумко, А. В. Ашкелянец // *Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»*. *Машиностроение К. НТУУ «КПИ»*. – 2011. – № 62. – С. 146–149.

6. Маркова М. А. Исследование деформированного состояния заготовки при протяжке полых поковок без оправки бойками со скосами / М. А. Маркова // *Научный Вестник ДГМА : сб. науч. трудов. – Краматорск, 2014. – № 3 (15E). – С. 74–82. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvdgma_2014_3_15.*

7. Маркова М. А. Формоизменение полых поковок в процессе протяжки без оправки бойками со скосами / М. А. Маркова, П. И. Ризак // *Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2014. – № 2 (39). – С. 81–87.*

8. Zavorodnii A. V. *Mathematical modeling of stress-deformed state of metal while flattening of the straddle profiled metal* / Andrii V. Zavorodnii, Svetlana S. Nastoyasha, Marina A. Markova // *14th International Conference «Research and development in mechanical industry» RaDMI 2014. – Topola, Serbia 18–21 September 2014. – Vol. 2. – P. 305–309.*

REFERENCES

1. Baoguang S. *A novel technique for reducing macrosegregation in heavy steel ingots* / S. Baoguang, K. Xiuhong, L. Dianzhong // *J. Materials Processing Technology. – 2010. – № 210. – R. 703–711.*

2. *Research on Charging Combination Based on Batch Weight Fit Rule for Energy Saving in Forging* / Zhu Baiqing, Lu Haixing, Tong Yifei, Li Dongbo, Xia Yong // *Mathematical Problems in Engineering. – Volume 2015. – Article ID 531756, 9 pages. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/531756>.*

3. Kun, Chen. *Strain function analysis method for void closure in the forging process of large sized steel ingot* / Kun Chen, Yitao Yang, Guangjie Shao // *Computational Materials Science. – № 51 (2012). – R. 72–77.*

4. *Neravnornost' raspredelenija pokazatelej naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija pri resursoberegajushhij rezhimah protjazhki zagotovok s obkatkoj v kombinirovannyh bojkah* / V. V. Kuhar', E. Ju. Balalaeva, O. A. Tuzenko, O. V. Vasilevskij // *Zbirnik naukovih prac' Vinnic'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Serija : Tehnichni nauki / VNAU. – Vinnicja : VNAU, 2015. – Vipusk 1 (89), Tom 1. – S. 22–26. – ISSN 2306-756X.*

5. Chuhleb, V. L. *Osnovnye predposylki upravleniem kachestvom produkcii i ih vozmozhnaja realizacija v uslovijah OAO "Dneprospecstal"* / V. L. Chuhleb, A.N. Tumko, A. V. Ashkeljanec // *Vestnik nacional'nogo tehničeskogo universiteta Ukrainy «Kievskij politehničeskij institut». Mashinostroenie K. NTUU «KPI». – 2011. – № 62. – S. 146–149.*

6. Markova M. A. *Issledovanie deformirovannogo sostojanija zagotovki pri protjazhke polyh pokovok bez opravki bojkami so skosami* / M. A. Markova // *Nauchnyj Vestnik DGMA : sb. nauch. trudov. – Kramatorsk, 2014. – № 3 (15E). – S. 74–82. – Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvdgma_2014_3_15.*

7. Markova M. A. *Formoizmenenie polyh pokovok v processe protjazhki bez opravki bojkami so skosami* / M. A. Markova, P. I. Rizak // *Obrabotka materialov davleniem : sb. nauch. trudov. – Kramatorsk : DGMA, 2014. – № 2 (39). – S. 81–87.*

8. Zavorodnii A. V. *Mathematical modeling of stress-deformed state of metal while flattening of the straddle profiled metal* / Andrii V. Zavorodnii, Svetlana S. Nastoyasha, Marina A. Markova // *14th International Conference «Research and development in mechanical industry» RaDMI 2014. – Topola, Serbia 18–21 September 2014. – Vol. 2. – R. 305–309.*

- Герасименко О. В. – канд. техн. наук, докторант ДДМА;
Марков О. Є. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. КДіМППМ ДДМА;
Хващинський А. С. – аспірант каф. КДіМППМ ДДМА;
Маркова М. О. – канд. техн. наук,
Різак П. І. – мол. наук. співроб. ДДМА.

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

E-mail: profalliance@i.ua; oleg.markov.omd@gmail.com;
mto@dgma.donetsk.ua; markova.mar.alex@gmail.com; mto@dgma.donetsk.ua