

УДК 621.919

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІЗАННЯ ПРИ ЗВОРОТНОМУ РУСІ ДЕФОРМУЮЧЕ-РІЖУЧОЇ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОТВОРІВ У ДЕТАЛЯХ ІЗ ЧАВУНУ

П. М. Срьомін, А. М. Кириченко, А. І. Гречка

Кіровоградський національний технічний університет

просп. Університетський, 8, м. Кіровоград, 25030, Україна. E-mail: 24124@mail.ru

Механічна обробка отворів у деталях із чавуну за допомогою розточування, зенкерування, розвертання і хонінгування є досить трудомісткою і тривалою за часом. Використання комбінованого протягування дозволяє збільшити ефективність обробки отворів. Однак, практично відсутні рекомендації з використання комбінованого протягування отворів у деталях із чавуну, тому дослідження даної проблеми та розробка нових ефективних конструкцій протяжок є актуальним завданням. Розглянуто існуючі схеми роботи комбінованих протяжок для обробки отворів у деталях із чавуну. Обрана перспективна схема роботи інструменту з використанням зворотного ходу протягування як робочого. Запропоновано структурну схему взаємозв'язку явищ, які відбуваються під час прямого і зворотного руху комбінованої протяжки з розвернутим ріжучим зубом. Зроблено висновки про результати проведених досліджень.

Ключові слова: чавун, комбіноване протягування, обробка отворів.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАТНОМ ХОДЕ ДЕФОРМИРУЮЩЕ-РЕЖУЩЕЙ ПРОТЯЖКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ИЗ ЧУГУНА

П. Н. Еремин, А. Н. Кириченко, А. И. Гречка

Кировоградский национальный технический университет

просп. Университетский, 8, г. Кировоград, 25030, Украина. E-mail: 24124@mail.ru

Механическая обработка отверстий в деталях из чугуна при помощи растачивания, зенкерования, развертывания и хонингования является достаточно трудоемкой и длительной по времени. Использование комбинированного протягивания позволяет увеличить эффективность обработки отверстий. Однако практически отсутствуют рекомендации по использованию комбинированного протягивания отверстий в деталях из чугуна, поэтому исследование данной проблемы и разработка новых эффективных конструкций протяжек являются актуальной задачей. Рассмотрены существующие схемы работы комбинированных протяжек для обработки отверстий в деталях из чугуна. Выбрана перспективная схема работы инструмента с использованием обратного хода протяжки как рабочего. Предложена структурная схема взаимосвязи явлений, которые происходят во время прямого и обратного движения комбинированной протяжки с развернутым режущим зубом. Сделаны выводы о результатах проведенных исследований.

Ключевые слова: чугун, комбинированное протягивание, обработка отверстий.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В сучасному машинобудуванні останніми роками з'явилась ціла гамма нових конструкційних матеріалів. Але внаслідок ряду переваг (наприклад, високі антифрикційні та ливарні властивості, менша вартість, ніж у сталей) графітовмісні чавуни дотепер знаходять широке використання в промисловості.

Традиційні методи обробки отворів у деталях із чавуну (чорнове та чистове точіння, зенкерування, розвертання, хонінгування і т. ін.) потребують значних затрат часу, а на їх долю приходить більш ніж 80 % від усієї трудомісткості виготовлення деталей.

Між тим, у галузі металообробки широко використовується спосіб комбінованого деформує-ріжучого протягування, який був запропонований і ґрунтовно досліджений в наукових школах проф. Розенберга О.О. і проф. Посвятенка Е.К. Але цей спосіб не знайшов розповсюдження для графітовмісних чавунів. Останнє пояснюється відсутністю досліджень в області різання із попереднім пластичним деформуванням малопластичних матеріалів і практичних рекомендацій щодо доцільності використання деформує-ріжучого протягування для обробки чавунів.

Виходячи зі сказаного, постановка наукового дослідження процесу, який поєднує попереднє пластичне деформування із наступним різанням при обробці графітовмісних чавунів та створення високоєфективних конструкцій комбінованих протяжок для

обробки отворів у деталях із названих матеріалів є актуальною задачею.

Наукові передумови. Проф. Розенбергом О.О. встановлено, що під час руху деформуєчого елемента через оброблюваний отвір у сталевих деталях виникає кільцеподібна зона позаконтактної деформації стінки виробу [1]. При переміщенні деформуєчого елемента через отвір заготовки прямолінійна твірна оброблюваної поверхні приймає форму, яка складається із трьох ділянок: зона передконтактної деформації Б (перед деформуєчим елементом); зона контакту А; зона позаконтактної деформації В (за деформуєчим елементом). Місце розташування зон та їх геометричні параметри показано на рис. 1. Виникаюча при цьому хвиля позаконтактної деформації характеризується наступними параметрами: кут нахилу робочого конуса деформуєчого елемента α , геометричною l_0 та фактичною l довжинами зони контакту, відстанню до максимуму хвилі l_2 , її довжиною l_3 , максимальною висотою h_2 і величиною усадки отвору h_3 . Разом із деформуєчим елементом уздовж деталі рухається кільцеподібна зона (надалі – хвиля позаконтактної деформації), яка охоплює конічну поверхню деформуєчого елемента. При цьому, циліндрична стрічка деформуєчого елемента та його зворотний конус з оброблюваною поверхнею не контактують. Деформація оброблюваного матеріалу у контактних зонах має пружно-пластичний характер.

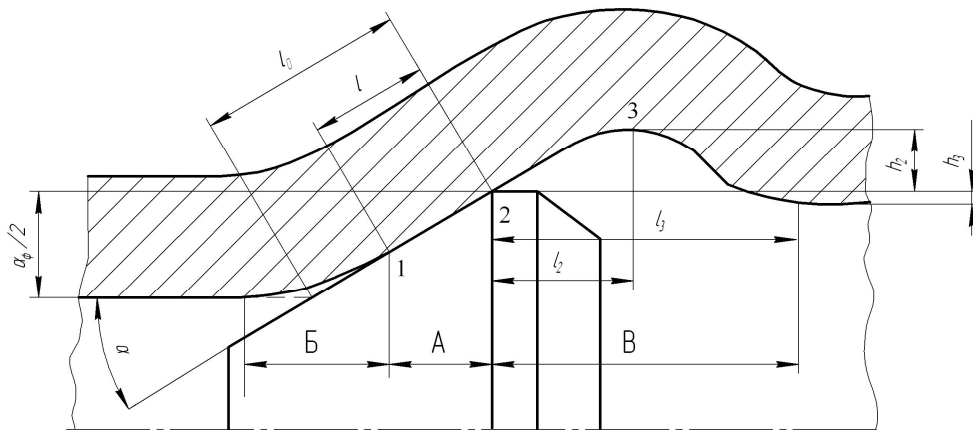


Рисунок 1 – Зони позаконтактної деформації та їх геометричні параметри

Явище виникнення та існування зони або хвилі позаконтактної деформації використано в кількох конструкціях деформуючих і комбінованих протяжок, розроблених в інституті надтвердих матеріалів НАН України (автори Розенберг О.А. [2], Немировський Я.Б. [3], Захаренко О.І. [4], Посвятенко Е.К. [5], Паладійчук Ю.Б. [6] та ін.).

Також цьому питанню приділена велика увага у публікації [7], але всі ці розробки були створені та впроваджені у виробництво для обробки пластичних матеріалів (наприклад, вуглецеві сталі марок 10, 20, 35 і 45, леговані 12ХНЗА, 30ХМЮА) та кольорових сплавів марок АК6, Л62.

При вивченні процесів деформуючого протягування отворів у деталях із чавуна СЧ20 [8] було встановлено, що при невеликих натягах на деформуючий елемент ($\leq 0,2$ мм) також спостерігається виникнення хвилі позаконтактної деформації. Окрім цього, дослід з протягування втулок із сірого чавуну показали наявність лише усадки отвору деталі після проходження деформуючого елемента незалежно від режимів деформування і геометрії інструмента.

Виходячи із вищесказаного, для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1) на основі огляду та аналізу існуючих схем комбінованого протягування отворів деталей розробити структурну схему взаємозв'язку явищ, що відбуваються під час роботи інструмента;

2) встановити граничні умови роботи розвернутого ріжучого зуба при зворотному русі комбінованої протяжки.

Мета роботи – підвищення ефективності комбінованого протягування отворів у деталях із чавуну на основі вибору раціональних параметрів процесу взаємодії деформуючих і ріжучих елементів інструменту з виробом і фізичних процесів, що виникають при цьому.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Існуючі конструкції комбінованих протяжок працюють за наступними схемами:

1) *ріжуче-деформуюче протягування.* Обробка за такою схемою (рис. 2,а) дозволяє значно збільшити ефективність процесу порівняно з протягуванням ріжучою протяжкою, а саме підвищити геометричну точність отворів, зменшити шорсткість обробленої

поверхні та підвищити зносостійкість і довговічність обробленої поверхні.

2) *Деформуюче-ріжуче протягування.* Така схема (рис. 2,б) дозволяє знизити роботу різання, оскільки зменшується її складова в зоні утворення стружки і на поверхнях контакту. При цьому скорочується довжина інструмента та підвищується якість обробленої поверхні.

3) *Деформуюче-ріжуче-деформуюче протягування.* Такий варіант (рис. 2,в) поєднує переваги перших двох і може бути основою для подальшого вдосконалення комбінованого інструменту.

Однак слід відзначити, що при реалізації відомих схем комбінованого протягування використання зворотного руху в якості робочого є нераціональним з ряду причин.

У процесі протягування, залежно від розмірів заготовки, режимів обробки та фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу можливе виникнення таких явищ, як розбиття отвору або, навпаки, його усадка. За наявності розбиття робочі елементи протяжки при зворотному русі інструмента або не будуть взагалі контактувати з оброблюваною поверхнею, або контакт буде частковим, що може привести до її пошкодження.

У разі пружного відновлення деталі (усадка) деякі ріжучі та калібруючі зубці інструмента будуть контактувати з виробом по задній поверхні, що призведе до їх швидкого зношення та погіршення якості обробки.

Із літературі відома схема роботи комбінованої протяжки двосторонньої дії з розвернутим ріжучим зубом [9].

Ріжуча кромка зуба 1 розташована в зоні максимальної висоти хвилі позаконтактної деформації, що виникає за деформуючим елементом 3 при прямому русі інструмента. Така схема (рис. 3) дозволяє здійснити перерозподіл навантаження на інструмент між його прямим (а) та зворотним (б) рухами. Однак, такий інструмент не забезпечує необхідну точність обробки отвору, а також рівномірний контакт між ріжучим зубцем та оброблюваною поверхнею 2. Конструкція протяжки осталась на рівні винаходу і в металі не виготовлялась.

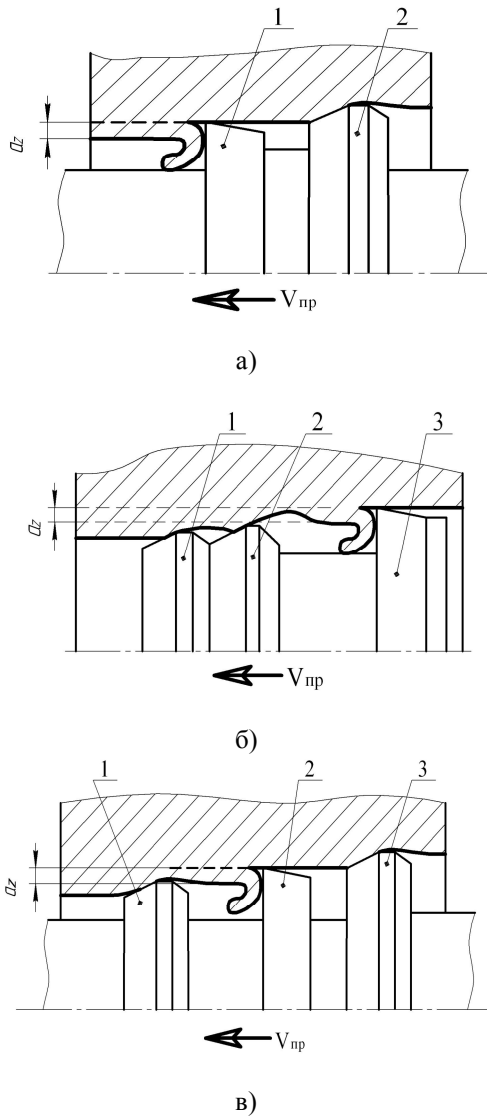


Рисунок 2 – Схеми роботи комбінованих протяжок: а) ріжуче-деформуюче протягування; б) деформуюче-ріжуче протягування; в) деформуюче-ріжуче-деформуюче протягування

На основі аналізу розглянутих схем можна зробити висновок, що найбільш ефективним буде використання такої комбінованої протяжки, де кількість робочих елементів мінімальна, але достатня для вирішення поставленої задачі. Таким вимогам відповідає протяжка, що працює за схемою, зображеною на рис. 2,в.

Комбінована протяжка двосторонньої дії може бути оснащена додатковим ріжучим зубом, який розвернуто проти прямого руху інструмента та розташовано в зоні максимальної висоти хвилі позаконтактної деформації.

Для реалізації процесу комбінованого протягування за обраною схемою необхідно знати параметри хвилі позаконтактної деформації та її розрахунки. Знання параметрів дозволяє оптимізувати процес комбінованого протягування та встановити граничні умови забезпечення процесу різання при зворотному русі інструмента.

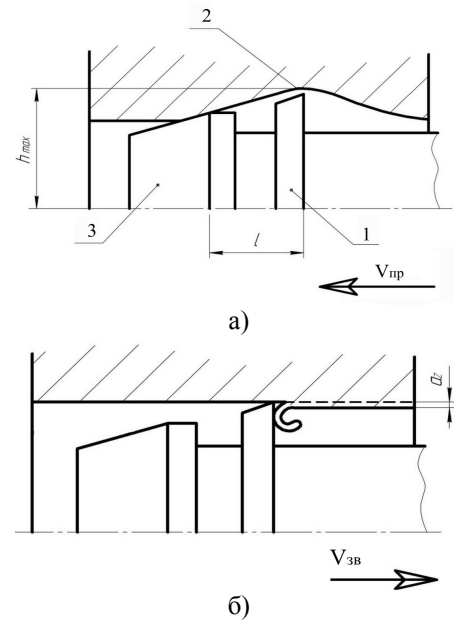


Рисунок 3 – Схема роботи протяжки з розвернутим зубом: а) при прямому русі інструмента; б) при зворотному русі

Авторами запропонована структурна схема взаємозв'язку явищ при комбінованому протягуванні отворів (рис. 4), яка враховує:

- початкові параметри;
- параметри, що утворюються під час обробки;
- вихідні параметри.

До початкових параметрів технологічного процесу комбінованого протягування слід віднести діаметральні розміри деталі (d_0/D_0), кут робочого конуса α , товщину стінки деталі t_0 , номінальний натяг на деформуючий елемент a_0 та кількість циклів деформування.

Усі названі параметри, з урахуванням хвилі деформації, яка виникає перед контактною зоною деформуючого елемента з виробом, впливають на фактичну довжину контакту l_f деформуючого елемента з оброблюваною поверхнею, фактичний натяг на деформуючий елемент a_f , сумарний фактичний натяг $\sum a_f$, пластичну деформацію ϵ та сумарну пластичну деформацію $\sum \epsilon$. У свою чергу, названі фактичні параметри процесу діють на сили, які виникають в зоні контакту деформуючого елемента з оброблюваною поверхнею деталі N і F , коефіцієнт тертя, та безумовно, на радіальну силу R та силу протягування Q .

Ці параметри визначають тиск q у контактній зоні робочого конуса деформуючого елемента з виробом. Від контактної тиску з одного боку залежать параметри хвилі позаконтактної деформації (висота $h_{хв.}$, довжина $l_{хв.}$), з іншого – усадка отвору Δ . Окрім цього, від контактної тиску залежать шорсткість обробленої поверхні Ra та зміцнення поверхневого шару ΔHV .

Залежно від висоти і довжини хвилі та глибини злущення поверхневого шару можна призначити величину товщини зрізу a_z на ріжучий зуб, який розташований в зоні хвилі позаконтактної деформації.

Останній (a_z) впливає на точність обробки, силу $Q_{p,пр}$, діючий на ріжучий зуб, шорсткість поверхні Ra та твердість поверхневого шару HV .

Граничними умовами забезпечення процесу різання при зворотному русі інструмента будуть максимально та мінімально допустимі діаметри ріжучого зуба. Максимальний діаметр ріжучого зуба обмежується найбільшою висотою хвилі позаконтактної деформації, яка дозволяє «сховати» його при

прямому русі інструмента, а мінімальний діаметр обмежується діаметром отвору після проходу деформуючого елемента.

Слід відмітити, що висоту та довжину хвилі позаконтактної деформації, а також величину усадки отвору у чавунних деталях можна регулювати шляхом зміни геометричних параметрів деформуючих елементів або режимів протягування.

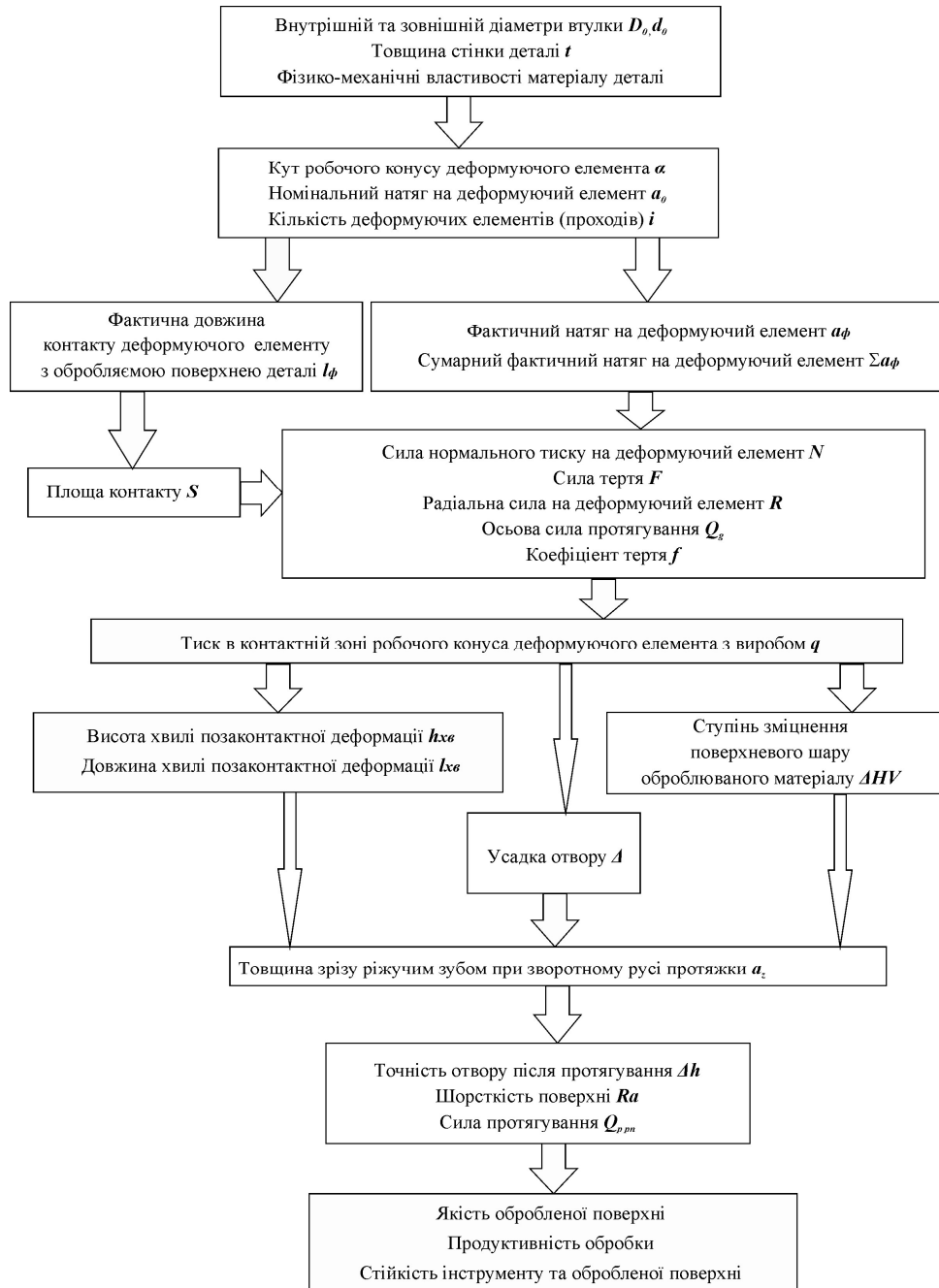


Рисунок 4 – Структурна схема взаємозв’язку явищ при комбінованому протягуванні отворів

ВИСНОВКИ.

1) Приведена структурна схема взаємозв’язку явищ, яка може бути основою побудови технологічного процесу комбінованого деформуюче-ріжучого протягування із заданими параметрами.

2) Зворотний рух комбінованої протяжки можна використовувати для забезпечення процесу різання при обробці отворів у деталях із чавуну.

3) Максимальна товщина зрізу ріжучим зубцем протяжки, який зорієнтовано за зворотним напрям-

ком руху, обмежується висотою хвилі позаконтактної деформації, що утворюється за деформуючим елементом і величиною усадки оброблюваного отвору після виходу робочих елементів протяжки із зони обробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розенберг О.А., Розенберг А.М., Бусел Ю.Ф. и др. Эффект внеконтактной деформации. – К.: Синтет. алмазы, 1973. – Вып. 3. – С. 22–24.
2. Розенберг О.А., Студенец С.Ф., Мельниченко В.В. Особенности использования комбинированного протяжного инструмента для обработки внутренних полостей крупных чугуновых цилиндров // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сбор. науч. трудов. – К.: Изд-во ИСМ ім. В.Н. Бакуля НАН України, 2008. – Вып. 11. – С. 428–433.
3. Немировский Я.Б. Точность отверстий, обработанных деформирующими протяжками // Повышение эффективности протягивания (совершенствование процесса обработки). – Рига: Риж. политехн. ин-т, 1988. – С. 75–80.
4. Захаренко А.И. Повышение эффективности деформирующего протягивания наложением про-

дольных колебаний на инструмент // Повышение эффективности протягивания. – Рига: Риж. политехн. ин-т, 1986. – С. 136–141.

5. Посвятенко Э.К. Деформирующе-режущая обработка гидроцилиндров // Разработка и внедрение высокоэффективных инструментов из ПСТМ, твердых сплавов, технологий нанесения износостойких покрытий: тез. докл. межотрасл. семинара. – Кировоград, 1989. – С. 29–30.

6. Посвятенко Е.К., Паладійчук Ю.Б. Проективання протяжок з рельєфоутворюючими секціями // Вибрації в техніці та технологіях. – 2000. – № 2. – С. 57–61.

7. Levitas V.I. Large Deformation of Materials with Complex Rheological Properties at Normal and High Pressure// Nova Science Publishers Inc. – New York, USA, 1996. – 374 p.

8. Чернявский А.В. Особенности деформирующего протягивания отверстий в деталях из чугуна // Сверхтвердые и тугоплавкие материалы. – К.: ИСМ АН УССР, 1985. – С.119–122.

9. Патент на винахід № 23465А Деформуюче-режуща протяжка / Чернявський О.О., Чернявський О.В., Лопатенко С.Г.; опубл. 31.08.98, Бюл. № 4. – 3 с.

PROVIDING THE BACKSTROKE CUTTING FOR DEFORMING-CUTTING BROACHING OF BORES IN CAST-IRON PARTS

P. Eryomin, A. Kyrychenko, A. Grechka

Kirovohrad National Technical University
prosp. Universitetsky 8, Kirovohrad, 25030, Ukraine. E-mail: 24124@mail.ru

Machining of bores in cast-iron parts with boring, reaming and honing is quite laborious and time-consuming. The use of the combined broaching helps increase the efficiency of machining. However, there are no recommendations for combined broaching of cast-iron parts, therefore research-and-development of new effective broaches is an actual task. The paper considers the existing schemes of combined broaches for holes in the parts of cast iron. The promissory scheme of machining is chosen using of the broach backstroke as a working stroke. The flow diagram of interaction of phenomena during forward and reverse stroke of combined broach with the reversed cutting tooth is offered. Conclusions are made about the results of the researches.

Key words: cast iron, combined broaching, bores machining.

REFERENCES

1. Rozenberg, O.A., Rozenberg, A.M., Busel, Yu.F. et al. (1973), "The effect of non-contact strain", *Synthetic diamonds*, Kyiv, Ukraine, vol. 3, pp. 22–24.
2. Rozenberg, O.A., Studinets, S.F., Melnichenko, V.V. (2008), "Features a combined broaching tool for internal cavities large cast-iron cylinders", *Rock cutting and metalworking tools – machinery and technology of their manufacture and use*, Institute for Superhard Materials, National Academy of Sciences of Ukraine, vol. 11, pp. 428–433.
3. Nemirovskiy, Ya.B. (1988), "Precision of holes machined with deforming broach", *Collection of scientific papers "Improving the efficiency of drawing (improving processing)"*, Riga Polytechnic Institute, Latvia, pp. 75–80.
4. Zakharenko, A.I. (1986), "Improving the efficiency of the deforming pull superposition of longitudinal vibrations on the tool", *Collection of scientific papers "Improving the efficiency of drawing (improving processing)"*, Riga Polytechnic Institute, Latvia, pp. 136–141.

5. Posvyatenko, E.K. (1989), "Deforming cutting-processing of hydrocylinders", *Abstracts of the intersectoral workshop "Development and implementation of effective tools made of hard alloys, hardfacing technology"*, Kirovograd, Ukraine, pp. 29–30.

6. Posvyatenko, E.K. and Paladiychuk, Yu.B. (2000), "Design of broaches with relief-generating sections", *Vibrations in Engineering and Technology*, vol. 2, pp. 57–61.

7. Levitas, V.I. (1996), *Large Deformation of Materials with Complex Rheological Properties at Normal and High Pressure*, Nova Science Publishers Inc., New York, USA.

8. Cherniyavskiy, O.V. (1985), "Features of deforming broaching of holes in iron parts", *Superhard materials and refractory*, Institute for Superhard Materials, National Academy of Sciences of Ukraine, pp. 119–122.

9. Cherniyavskiy, O.O., Cherniyavskiy, O.V., and Lopatenko, S.G. (1998), "Deforming and cutting broach", Patent for an invention, № 23465A, publ. August 31, bulletin № 4.

Стаття надійшла 20.01.2014.

