

УДК 621.96:621.774

Карнаух С. Г.
Чоста Н. В.
Карнаух Д. С.

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТРЕЗКИ СОРТОВОГО ПРОКАТА (ТРУБ)

В условиях глобального экономического кризиса возрастает спрос на ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование для их осуществления.

Важнейшей операцией в технологической цепочке прокатного и кузнечно-штамповочного производства является операция получения заготовок мерной длины из сортового проката и труб.

Существует много способов разделения сортового проката и труб на мерные заготовки [1–4]. Наиболее перспективными, с точки зрения обеспечения высокой производительности процесса и коэффициента использования металла, являются безотходные способы, в основе которых лежит определенное внешнее силовое воздействие, приводящее к сдвигу разделяемых частей проката [5–8]. Именно этим объясняется то внимание, которое уделяют ученые и инженеры совершенствованию процессов безотходного получения мерных заготовок из проката и труб.

Следует отметить значительный вклад в создание теории, технологии и оборудования для безотходного разделения сортового проката (труб), который внесли ученые: Е. А. Попов, В. Т. Мещерин, К. Н. Богоявленский, В. А. Тимощенко, С. С. Соловцов, В. П. Романовский, В. А. Скороход, Е. М. Третьяков, П. Е. Кислый, В. Г. Кононенко, В. М. Финкель и др. [9–12]. Но, в то же время, анализ разделительных процессов показывает, что существуют перспективные способы пока не получившие должного развития. Эти способы и оборудование для их реализации недостаточно исследованы для того, чтобы научно обоснованно разработать технологии, назначить режимы деформации. Отсутствуют работоспособные конструкции деформирующих устройств, не определены рациональные области их применения.

В промышленности разделительные операции выполняются, как на специализированном кузнечно-прессовом оборудовании (ножницах), так и на универсальном (механических прессах, молотах), в которых, в качестве исполнительных механизмов, применяются: кривошипно-шатунные, коленно-рычажные, винтовые механизмы, являющиеся, как правило, многозвенными и имеющие сравнительно невысокую жесткость [13, 14].

Поэтому совершенствование исполнительных механизмов и создание на их основе нового типа кузнечно-прессового оборудования, предназначенного для повышения уровня заготовительного производства, является задачей актуальной, имеющей важное научное и практическое значение.

Цель работы – разработка перспективного оборудования для разделения сортового проката и труб на мерные заготовки.

Наиболее эффективными исполнительными механизмами для разделительных операций являются клиновые, в том числе, разрабатываемые в Донбасской государственной машиностроительной академии (ДГМА), клиношарнирные механизмы, имеющие большие опорные поверхности, небольшую высоту звеньев по направлению действия рабочей силы, переменность соотношения между приводной и рабочей силами. Перспективным представляется применение клиношарнирного механизма с вогнутым клином, обеспечивающего изменение силы деформирования на всем пути нагружения, соответствующее графикам сил технологических разделительных операций [15–14].

Одной из перспективных комбинированных механических схем деформации при разделении проката является схема отрезки эксцентричным закручиванием во втулочных ножах (разновидность не полностью закрытой отрезки) [18]. При отрезке эксцентричным закручиванием отрезаемая часть осуществляет круговое движение вокруг оси, смещенной по отношению

к оси разрезаемого проката на определенное расстояние – величину эксцентриситета, который не превышает величины радиуса проката. Данный способ отрезки является совмещенным процессом: отрезки сдвигом и кручением, и объединяет положительные стороны обоих процессов. Эксцентричное движение и движение по спирали обеспечивают надрез профиля по периметру и тем самым создают концентратор напряжения в плоскости разделения, что благоприятно сказывается на качестве отрезаемых заготовок.

Анализ существующих схем кривошипных механизмов [19] показывает, что для разделения сортового проката (труб) наиболее перспективными из них являются короткошатунные (компактные) исполнительные механизмы (рис. 1). Применение различных модификаций этих механизмов (с укороченной кинематической цепью) позволяет обеспечить следующие преимущества. Во-первых, они имеют небольшую высоту звеньев по направлению действия рабочей силы, благодаря чему удастся уменьшить высоту вертикальных прессов на 20–25 %, увеличить жесткость в 3 раза, ликвидировать разрушения, связанные с упругой отдачей на разделительных операциях. Во-вторых, благодаря развитым поверхностям соприкосновения звеньев друг с другом удастся резко снизить уровень шума при технологических операциях.

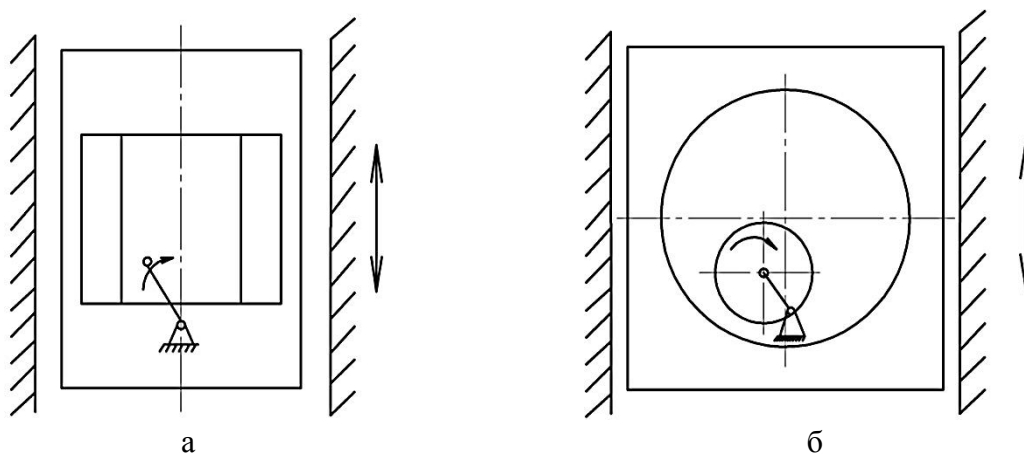


Рис. 1. Схемы кривошипных механизмов [19]

а – кривошипно-кулисный механизм; б – кривошипно-шатунный (круговой) механизм

Совместное использование клиношарнирного механизма с вогнутым клином и короткошатунных (компактных) исполнительных механизмов: с кривошипно-кулисным механизмом и кривошипно-шатунным (круговым) механизмом позволило разработать конструкции установок для разделения сортового проката (труб) способом эксцентричного закручивания [20, 21] (рис. 2).

Общим в обеих конструкциях установок является использование привода в виде клиношарнирного механизма с вогнутым клином, состоящего из клина 1 с вогнутым профилем, установленного с возможностью возвратно-поступательного движения, шарнира 2, контактирующего по цилиндрическим поверхностям с клином 1 и ползуном 3, который установлен с возможностью возвратно-поступательного движения. Под действием силы привода, клин 1 перемещается вниз, взаимодействуя по цилиндрической поверхности с шарниром 2, который поворачиваясь вокруг своей оси, сообщает поступательное движение ползуну 3, вдоль горизонтальных направляющих.

В варианте установки с кривошипно-кулисным механизмом в ползуне 3 выполнено отверстие прямоугольной формы, в котором размещается камень 4 с возможностью возвратно-поступательного движения. В отверстии камня 4 и подшипниках скольжения корпуса установлены втулочные ножи 5, выполненные цельными в виде двух эксцентричных цилиндров, оси вращения которых смещены друг относительно друга на величину эксцентриситета e и установлены с возможностью вращательного движения в противоположные стороны.

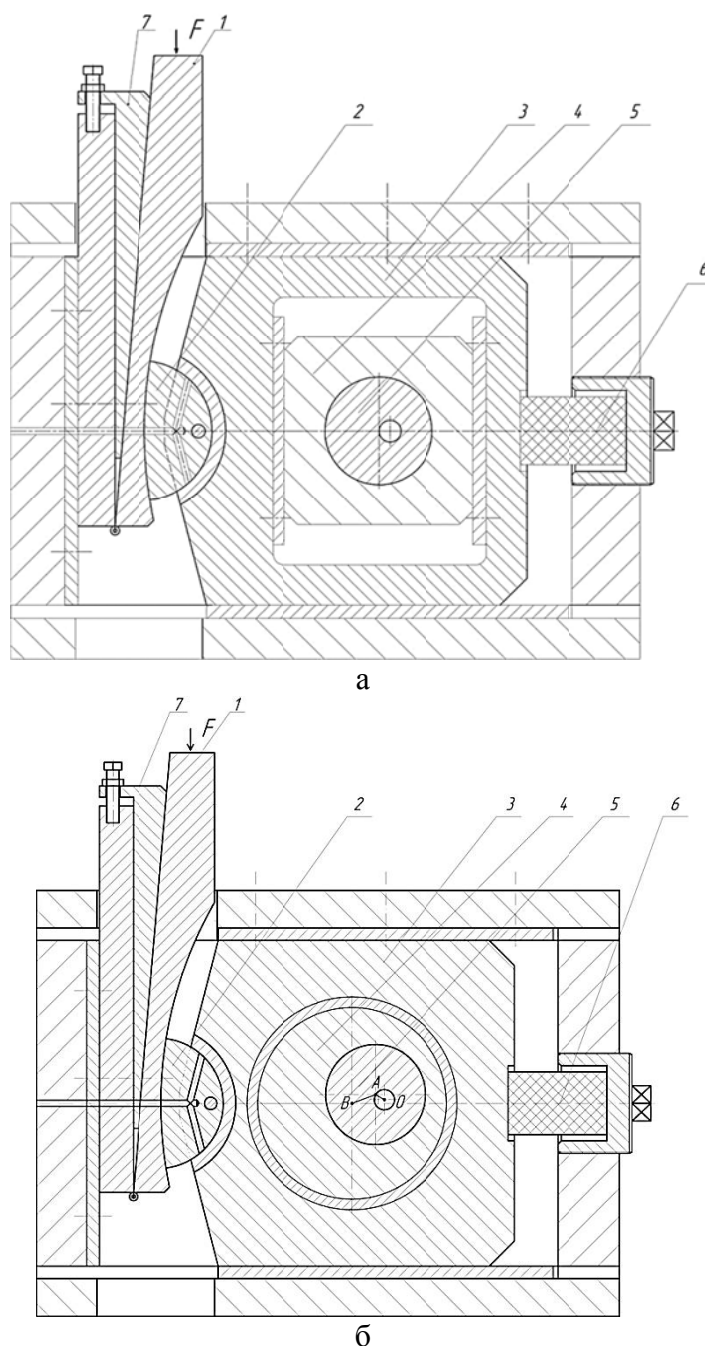


Рис. 2. Установки для разделения сортового проката (труб) способом эксцентричного закручивания [20, 21]:

а – с кривошипно-кулисным механизмом; б – с кривошипно-шатунным (круговым) механизмом

Устройство работает следующим образом. Под действием усилия привода, камень 4 движется вниз, а подвижный нож 5 поворачивается на угол, достаточный для отрезки заготовки сдвигом способом эксцентричного закручивания относительно неподвижного ножа. После совершения рабочего хода ползун 3 возвращается в исходное состояние под действием силы буфера 6.

В варианте установки с кривошипно-шатунным (круговым) механизмом, в ползуне 3 установлена круговая шайба 4 с возможностью вращательного движения, ось вращения которой смещена относительно оси подвижного втулочного ножа 5 на величину $AB = L$, также установленного с возможностью вращения в отверстии круговой шайбы 4. При этом в подвижном ноже 5 выполнено отверстие, ось которого смещена относительно оси ножа 5 на величину $OA = R$, при этом $L = 2,5R$.

Устройство работает следующим образом. Под действием усилия привода круговая шайба 4 вращается вокруг своей оси и выдавливает подвижной втулочный нож 5, который начинает вращаться в противоположную сторону на угол, достаточный для отрезки заготовки сдвигом способом эксцентрического закручивания. После осуществления рабочего хода ползун 3 возвращается в исходное состояние под действием силы буфера 6.

При этом в обоих вариантах между корпусом и вогнутым клином 1, установлен клин 2 с постоянным углом наклона $5-7^\circ$ с возможностью возвратно-поступательного движения с помощью винта с гайкой, что обеспечивает возможность изменения угла поворота вогнутого клина 1 и позволяет выбрать оптимальную траекторию движения эксцентричного ножа для получения заготовок высокого качества.

Соответствующие представленным конструкциям (см. рис. 2) структурные схемы механизмов изображены на рис. 3.

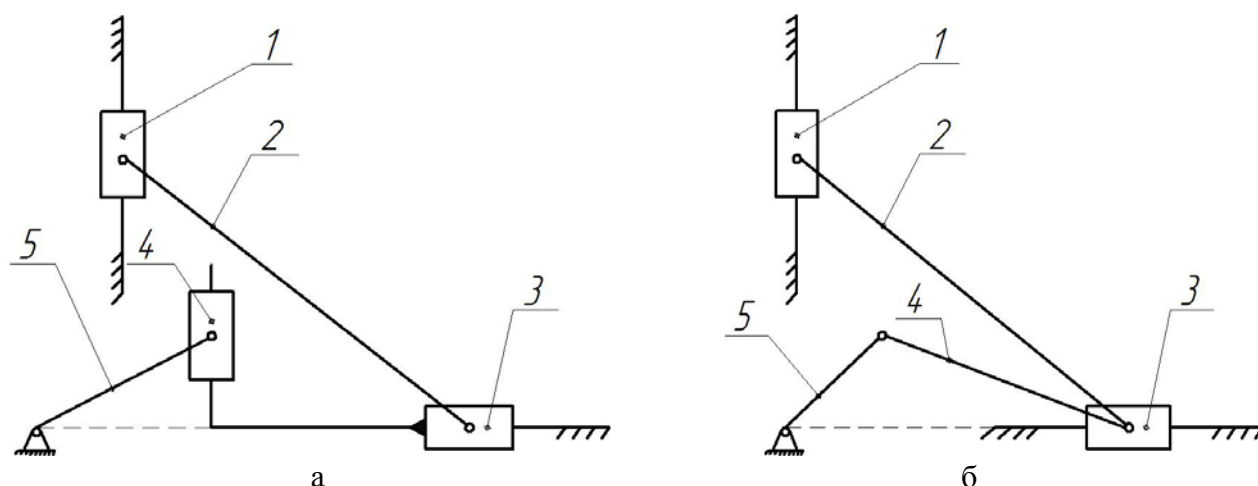


Рис. 3. Структурные схемы механизмов:

а – кривошипно-кулисного; б – кривошипно-шатунного (кругового)

Анализ предложенных конструкций установок для разделения сортового проката (труб) способом эксцентричного закручивания показывает, что исполнительный механизм с круговым механизмом более приспособлен для гашения динамических нагрузок, возникающих при резком сбросе нагрузки в момент разделения, благодаря сочетанию наивысшей, по сравнению со всеми существующими конструкциями, жесткости и с наибольшей площадью контакта опор скольжения.

Анализ математической модели кривошипно-шатунного (кругового) механизма показывает, что при увеличении коэффициента шатуна $\lambda = R/l$ (где R – радиус кривошипа, l – длина шатуна) ползун проходит первую половину хода (рабочий ход) с повышенной скоростью деформирования, а вторую (холостой ход) – медленнее. Увеличение скорости нагружения при отрезке проката (труб) позволяет повысить качество полученных заготовок.

Кривошипно-шатунный (круговой) механизм более технологичен в изготовлении. Кроме того, коэффициент полезного действия кривошипно-кругового механизма на 15 % больше, по сравнению с кривошипно-кулисным механизмом, что повышает энергосиловые показатели оборудования.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа исполнительных кривошипных механизмов, используемых в оборудовании для разделения сортового проката (труб), выявлены перспективные схемы короткошатунных механизмов, которые обеспечивают локальный надрез заготовки по периметру, что позволяет снизить энергосиловые характеристики процесса отрезки и обеспечить высокое качество разделяемых заготовок.

2. Разработаны конструкции установок для разделения сортового проката (труб) на мерные заготовки способом эксцентричного закручивания, содержащие клиношарнирный механизм в сочетании с кривошипно-кулисным и кривошипно-шатунным (круговым) механизмами, что позволяет снизить энергосиловые затраты, уменьшить величину силы, соответствующей моменту разделения проката, а, следовательно, уменьшить последствия мгновенной разгрузки оборудования.

3. Даны рекомендации по разработке оборудования и оснастки применительно к разделению сортового проката и труб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федина Т. С. *Разделение труб на заготовки* / Т. С. Федина // *Сборник аналитических материалов.* – ЦНИИИТИКПК, 1989. – № 2. – 11 с.
2. Карнаух С. Г. *Совершенствование безотходных энергосберегающих способов разделения сортового металлопроката и оборудования для получения заготовок высокого качества* : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Карнаух С. Г. – Краматорск, 1999. – 221 с.
3. *Разработка, исследование, изготовление и внедрение установки ударно-импульсного действия для резки проката: отчет о НИР* / Коммунарский горно-металлургический институт ; рук. Борисов В. М. – Коммунарск, 1976. – 106 с. – № ГР 75022110. – Инв. № В 815178.
4. Исаев А. В. *Разработка процесса сдвиговой отрезки проката в ножжах с режущими элементами* : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Исаев А. В. – Краматорск, 1989. – 293 с. (ДСП).
5. Соловцов С. С. *Производство точных заготовок отрезкой и вырубкой* / С. С. Соловцов // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 2005. – № 9. – С. 22–24.
6. Лисунец Н. Л. *Проблемы дозирования заготовок под объемную штамповку* / Н. Л. Лисунец // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 2009. – № 9. – С. 43–47.
7. Тимощенко В. А. *Обобщение и разработка разделительных процессов обработки металлов давлением* : диссертация д-ра техн. наук : 05.03.05 / Тимощенко В. А. – Кишинев, 1987. – 512 с.
8. Карнаух С. Г. *Совершенствование безотходных энергосберегающих способов разделения сортового металлопроката и оборудования для получения заготовок высокого качества* : диссертация канд. техн. наук : 05.03.05 / Карнаух С. Г. – Краматорск, 1999. – 221 с.
9. Соловцов С. С. *Безотходная разрезка сортового проката в штампах* / С. С. Соловцов. – М.: Машиностроение, 1985. – 176 с.
10. Роганов Л. Л. *Теоретические основы разработки и внедрения эффективных кузнечно-прессовых машин на базе гидроупругого привода* : дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.05 / Роганов Л. Л. – Краматорск, 1988. – 506 с.
11. Высоцкий Е. Н. *Исследование и разработка процесса ломки проката* : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Высоцкий Е. Н. – Донецк, 1982. – 212 с. (ДСП).
12. Охрименко Я. М. *Технология кузнечно-штамповочного производства* / Я. М. Охрименко. – М.: Машиностроение, 1976. – 560 с.
13. *Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для машиностроительных вузов* / А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров, Н. С. Добринский [и др.] ; под ред. А. Н. Банкетова, Е. Н. Ланского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
14. Живов Л. И. *Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для вузов* / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков ; под ред. Л. И. Живова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. – 560 с.
15. Роганов Л. Л. *Теоретические основы разработки и внедрения эффективных кузнечно-прессовых машин на базе гидроупругого привода* : дис. ... доктора техн. наук : 05.03.05 / Роганов Л. Л. – Краматорск, 1988. – 506 с.
16. Трофимов В. И. *Разработка винтоклинового пресса на основе клиношарнирного механизма для точной штамповки низких заготовок* : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Трофимов В. И. – Краматорск, 1990. – 231 с.
17. Чоста Н. В. *Совершенствование клиношарнирных механизмов прессов для разделительных процессов обработки давлением* : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Чоста Н. В. – Краматорск, 2009. – 189 с.
18. А. с. 1465195 СССР, МКИ В 23 D 23/00. *Устройство для резки проката* / З. Д. Ломсадзе, А. А. Костава, Д. М. Сулухия и др. (СССР). – № 4279681/37-27; заявл. 08.07.87.
19. *Кривошипные кузнечно-прессовые машины* / В. И. Власов, А. Я. Борзыкин, И. К. Букин-Батырев [и др.] ; под ред. В. И. Власова. – М.: Машиностроение, 1982. – 424 с.
20. Пат. № 23759 Україна, МПК (2006) В 23D 31/00, В23D 23/00. *Пристрій для поділу сортового прокату на мірні заготовки відрізкою зсувом*; Заявл. 25.12.2006; Опубл. 11.06.2007, Бюл. № 8, 2007 р.
21. Пат. № 51501 Україна, МПК (2009) В23D 31/00, В23D 23/00. *Пристрій для поділу сортового прокату на мірні заготовки способом ексцентричного закручування*; Заявл. 13.11.2009; Опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14, 2010 р.

REFERENCES

1. Fedina T. S. *Razdelenie trub na zagotovki* / T. S. Fedina // *Sbornik analiticheskikh materialov*. – CNIINTIKPK, 1989. – № 2. – 11 s.
2. Karnauh S. G. *Sovershenstvovanie bezothodnykh jenergoberegajushhih sposobov razdelenija sortovogo metalloprokata i oborudovaniya dlja poluchenija zagotovok vysokogo kachestva* : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Karnauh S. G. – Kramatorsk, 1999. – 221 s.
3. *Razrabotka, issledovanie, izgotovlenie i vnedrenie ustanovki udarno-impul'snogo dejstviya dlja rezki prokata: otchet o NIR* / Kommunar'skij gorno-metallurgicheskij institut ; ruk. Borisov V. M. – Kom-munarsk, 1976. – 106 s. – № GR 75022110. – Inv. № V 815178.
4. Isaev A. V. *Razrabotka processa sdvigovoj otrezki prokata v nozhah s rezhushhimi jelementami* : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Isaev A. V. – Kramatorsk, 1989. – 293 s. (DSP).
5. Solovcov S. S. *Proizvodstvo tochnyh zagotovok otrezkoj i vyrubkoj* / S. S. Solovcov // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo*. – 2005. – № 9. – S. 22–24.
6. Lisunec N. L. *Problemy dozirovanija zagotovok pod ob#emnuju shtampovku* / N. L. Lisunec // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo*. – 2009. – № 9. – S. 43–47.
7. Timoshhenko V. A. *Obobshhenie i razrabotka razdelitel'nyh processov obrabotki metallov davleniem* : dissertacija d-ra tehn. nauk : 05.03.05 / Timoshhenko V. A. – Kishinev, 1987. – 512 s.
8. Karnauh S. G. *Sovershenstvovanie bezothodnykh jenergoberegajushhih sposobov razdelenija sortovogo metalloprokata i oborudovaniya dlja poluchenija zagotovok vysokogo kachestva* : dissertacija kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Karnauh S. G. – Kramatorsk, 1999. – 221 s.
9. Solovcov S. S. *Bezothodnaja razrezka sortovogo prokata v shtampah* / S. S. Solovcov. – M.: Mashinostroenie, 1985. – 176 s.
10. Roganov L. L. *Teoreticheskie osnovy razrabotki i vnedrenija jeffektivnyh kuznechno-pressovyh mashin na baze gidrouprugogo privoda* : dis. ... d-ra tehn. nauk : 05.03.05 / Roganov L. L. – Kramatorsk, 1988. – 506 s.
11. Vysockij E. N. *Issledovanie i razrabotka processa lomki prokata* : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Vysockij E. N. – Doneck, 1982. – 212 s. (DSP).
12. Ohrimenko Ja. M. *Tehnologija kuznechno-shtampovocnogo proizvodstva* / Ja. M. Ohrimenko. – M. : Mashinostroenie, 1976. – 560 s.
13. *Kuznechno-shtampovocnoe oborudovanie : uchebnik dlja mashinostroitel'nyh vuzov* / A. N. Banketov, Ju. A. Bocharov, N. S. Dobrinskij [i dr.] ; pod red. A. N. Banketova, E. N. Lanskogo. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Mashinostroenie, 1982. – 576 s.
14. Zhivov L. I. *Kuznechno-shtampovocnoe oborudovanie : uchebnik dlja vuzov* / L. I. Zhivov, A. G. Ovchinnikov, E. N. Skladchikov ; pod red. L. I. Zhivova. – M. : Izd-vo MGTU im. N. Je. Baumana, 2006. – 560 s.
15. Roganov L. L. *Teoreticheskie osnovy razrabotki i vnedrenija jeffektivnyh kuznechno-pressovyh mashin na baze gidrouprugogo privoda* : dis. ... doktora tehn. nauk : 05.03.05 / Roganov L. L. – Kramatorsk, 1988. – 506 s.
16. Trofimov V. I. *Razrabotka vintoklinovogo pressa na osnove klinosharnirnogo mehanizma dlja tochnoj shtampovki nizkih zagotovok* : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Trofimov V. I. – Kramatorsk, 1990. – 231 s.
17. Chosta N. V. *Sovershenstvovanie klinosharnirnyh mehanizmov pressov dlja razdelitel'nyh proces-sov obrabotki davleniem* : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.03.05 / Chosta N. V. – Kramatorsk, 2009. – 189 s.
18. A. s. 1465195 SSSR, MKI V 23 D 23/00. *Ustrojstvo dlja rezki prokata* / Z. D. Lomsadze, A. A. Kostava, D. M. Suluhija i dr. (SSSR). – № 4279681/37-27 ; zajavl. 08.07.87.
19. *Krivoshipnye kuznechno-pressovyje mashiny* / V. I. Vlasov, A. Ja. Borzykin, I. K. Bukin-Batyrev [i dr.] ; pod red. V. I. Vlasova. – M. : Mashinostroenie, 1982. – 424 s.
20. Pat. № 23759 Ukraina, MPK (2006) V 23D 31/00, B23D 23/00. *Pristrij dlja podilu sortovogo pro-katu na mirni zagotovki vidrizkoju zsuvom*; Zajavl. 25.12.2006; Opubl. 11.06.2007, Bjul. № 8, 2007 r.
21. Pat. № 51501 Ukraina, MPK (2009) V23D 31/00, B23D 23/00. *Pristrij dlja podilu sortovogo pro-katu na mirni zagotovki cposobom ekscentrichnogo zakruchuvannja*; Zajavl. 13.11.2009; Opubl. 26.07.2010, Bjul. № 14, 2010 r.

Карнаух С.Г. – зав. каф. ОПМ, канд. техн. наук, доц. ДГМА

Чоста Н. В. – доц. каф. ОПМ, канд. техн. наук, доц. ДГМА

Карнаух Д. С. – преп (МК) ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

(МК) ДГМА – Машиностроительный колледж Донбасской государственной машиностроительной академии, г. Краматорск.

E-mail: okmm@dgma.donetsk.ua

Статья поступила в редакцию 16.02.2014 г.