

технологии и оборудования для кузнечно-прессовых цехов по запросам ряда предприятий и в настоящее время в рамках государственного инжинирингового центра (ГИЦ), организованного в МГТУ «Станкин», планирует проведение работ по обновлению парка прессов в учебно-исследовательской лаборатории. Это позволит повысить качество учебного процесса и получить новые возможности в разработке прогрессивных технологических процессов. За последние три года кафедрой получено 12 патентов на изобретения и полезные модели. За это время подготовлено три кандидата технических наук и выходят на защиту в IV кв. 2011 г. два аспиранта и один докторант.

Список литературы: 1. *Самодуров Г.В.* Общее собрание членов Российской ассоциации «Станкоинструмент» // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2010. – №7. – С. 37-44. 2. *Артес А.Э.* Качество и производство поковок на подъеме? // Заготовительные производства в машиностроении. – 2005. - №4. – С. 21-24. 3. *Артес А.Э.* К вопросу развития отечественного машиностроения // Заготовительные производства в машиностроении. –2006. - №12. – С. 3-6. 4. *Онищенко А.К.* Повышение качества крупных поковок на основе разработки и применения научно-обоснованных термомеханических режимов процессаковки заготовок // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – М. – 2010. – С. 47. 5. *Артес А.Э.* 16-я Международная промышленная выставка «Металл-Экспо'2010»// Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2011. - №1. – С. 42-47. 6. *Тетюхин В.В.* Россия может стать самой мощной титановой державой.// Уральский рынок металлов. – октябрь, 2006. - №10. – с.14-17. 7. Патент №2411102 РФ, МПК В21J 9/02, В30В 1/16 Горячештамповочный пресс тройного действия // *Рогозников П.А., Сосенушкин Е.Н., Третьюхин В.В. и др.* Заявитель и патентообладатель: ГОУ ВПО МГТУ «Станкин». Оpubл. 10.02.2011. Бюл: № 4. 8. *Григорьев С.Н.* МГТУ «Станкин»: Курс на технологическое перевооружение отечественного машиностроения.// Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2010. - №6. – С. 3-6.

УДК 539.89: 621.7.043: 621.77: 621.777.01

ЖБАНКОВ Я. Г., канд. техн. наук, ассистент, ДГМА, Краматорск
ПЕРИГ А. В., канд. техн. наук, ассистент, ДГМА, Краматорск
ЖУКОВА О. А., аспирант ДГМА, Краматорск

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПРИ РАВНОКАНАЛЬНОМ УГЛОВОМ ПРЕССОВАНИИ ЧЕРЕЗ ШТАМП С ПОДВИЖНЫМ ДНОМ

Проведені теоретичні дослідження процесу кутового пресування за схемою із рухомим дном матриці. На основі методу балансу потужностей встановлені енергосилові параметри процесу, встановлена оптимальна швидкість руху дна матриці, що забезпечує мінімальні навантаження на інструмент в процесі видавлювання. На основі методу скінченних елементів встановлений деформований стан заготовки в процесі кутового пресування. Встановлений вплив напрямку та величини швидкості руху дна матриці на нерівномірність розподілу деформацій за перетином заготовки.

Проведены теоретические исследования процесса углового прессования по схеме с подвижным дном матрицы. На основе метода баланса мощностей установлены энергосиловые параметры процесса, установлена оптимальная скорость движения дна матрицы, которая обеспечивает минимальные нагрузки на инструмент в процессе деформирования. На основе метода конечных элементов установлено деформированное состояние заготовки в процессе углового прессования. Установлено влияние направления и величины скорости движения дна матрицы на неравномерность распределения деформаций по сечению заготовки.

Theoretical analysis of equal canal angular extrusion (ECAE) process by scheme with movable die was made. Energy-power parameters of ECAE process which are depends upon velocity of lower die were found by method of power balance. Optimal value of lower die velocity which allow to obtain minimal loads to instrument was found. By finite element method was determined strain state of billet in ECAE with movable lower die process. Was found influence of direction and value velocity of lower die upon irregularity strain distribution in cross section of billet during the ECAE.

В настоящее время процессы равноканального углового прессования (РКУП) материалов широко применяются в металлургии и машиностроении для интенсивного пластического деформирования металлов, сплавов, композитов, порошковых и полимерных полуфабрикатов [1-12]. Динамика протекания процессов РКУП характеризуется формированием застойных зон пластического течения материала, значительной неравномерностью распределения деформаций по длине и поперечному сечению обрабатываемой заготовки [13, 14] и, как результат, наличием краевого эффекта, что значительно снижает технологическую эффективность данных процессов интенсивного деформирования. Одним из способов повышения эффективности устройств для РКУП в работах Сегала В. М. и др. [1-4], Русина Н. М. [5-6], Росочовского А. [7-8], Перига А. В. и др. [9-12] является выполнение одной из стенок углового штампа с возможностью перемещения, что позволяет управлять трением на поверхности заготовки, интенсивностью макроскопической ротации в объеме деформируемого материала и, следовательно, деформированным состоянием в зоне очага пластического деформирования. При этом следует отметить, что в расчетном отношении решение задач локального пластического течения материалов через угловой штамп с подвижным дном требует корректного учета упрочнения заготовок, что затруднительно и не вполне корректно в рамках использования метода полей линий скольжения [1-2]. Отмеченные факты указывают на необходимость развития математических подходов, обеспечивающих корректное феноменологическое описание пластического течения металлических материалов при РКУП через штамп с подвижным дном, что и определяет актуальность исследуемой проблемы.

Целью работы является моделирование динамики локального пластического течения металлической заготовки при её деформировании в угловом штампе с подвижным дном. Разрабатываемая математическая модель задачи также должна обеспечить учет направления движения подвижного дна углового штампа на величины и характер распределений касательных и нормальных напряжений.

Методом баланса мощностей построена математическая модель процесса

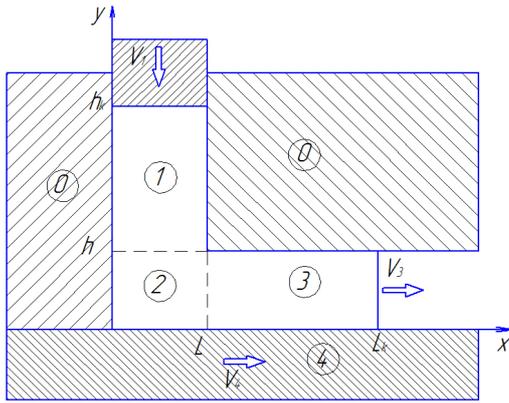


Рис. 1. Схема процесса РКУП с подвижным дном

РКУП с подвижным дном. Принято допущение о плоскодеформированном состоянии заготовки. Схема процесса с разбивкой заготовки на прямоугольные блоки представлена на рис. 1. Блоки 1 и 3 являются жесткими, блок 2 пластическим.

Кинематически возможные поля скоростей для блоков 1, 2 и 3 представлены в таблице.

Таблица – Кинематические и деформационные параметры зон заготовки

| Кинематически возможные поля скоростей | | |
|---|---|--|
| Зона 1 | Зона 2 | Зона 3 |
| $V_x = 0$ $V_y = -V_1$ | $V_x = \frac{V_1}{h} \cdot x$ $V_y = -\frac{V_1}{h} \cdot y$ | $V_x = \frac{L}{h} \cdot V_1$ $V_y = 0$ |
| Скорости деформация для различных зон $\dot{\epsilon}_x = \frac{dV_x}{dx}$, $\dot{\epsilon}_y = \frac{dV_y}{dy}$ | | |
| $\dot{\epsilon}_x = 0$ $\dot{\epsilon}_y = 0$ | $\dot{\epsilon}_x = \frac{V_1}{h}$ $\dot{\epsilon}_y = -\frac{V_1}{h}$ | $\dot{\epsilon}_x = 0$ $\dot{\epsilon}_y = 0$ |
| Проверка условия несжимаемости $\dot{\epsilon}_x + \dot{\epsilon}_y = 0$ | | |
| выполняется | выполняется | выполняется |
| Определение интенсивности скоростей деформаций $\dot{\epsilon}_i = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \left(\dot{\epsilon}_x^2 + \dot{\epsilon}_y^2 \right)}$ | | |
| $\dot{\epsilon}_i = 0$ | $\dot{\epsilon}_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{V_1}{h}$ | $\dot{\epsilon}_i = 0$ |

Для определения приведенного давления процесса РКУП с подвижным дном необходимо разрешить уравнение баланса мощностей:

$$N_a = N_d + N_f + N_s; \quad (1)$$

$$N_a = N_{d2} + 2 \cdot N_{f01} + N_{f02} + N_{f03} + N_{f42} + N_{f43} + N_{s12} + N_{s23}, \quad (2)$$

где N_a - мощность активных сил трения, N_{d2} - мощность сил затрачиваемых на пластическое деформирование второй зоны, $N_{f01}, N_{f02}, N_{f03}, N_{f42}, N_{f43}$ - мощности сил трения возникающих между зонами 0 и 1, 0 и 2, 0 и 3, 4 и 2, 4 и 3 соответственно, N_{s12}, N_{s23} - мощности сил среза возникающих между зонами 1 и 2,

2 и 3 соответственно.

Мощность активных сил:

$$N_a = \iint_{F_k} p V_1 dF, \quad (3)$$

где p – удельное усилие деформирования, V_1 - входная скорость, dF -элементарная площадь.

Мощность, затраченная на пластическую деформацию:

$$N_d = \iiint_V \sigma_s \dot{\varepsilon}_i dV, \quad (4)$$

где σ_s – напряжение текучести, МПа; $\dot{\varepsilon}_i$ - интенсивность скоростей деформации; dV - элементарный объем.

Мощность сил среза на поверхностях среза F_c :

$$N_c = \iint_{F_c} \sigma_s \frac{V_c}{\sqrt{3}} dF, \quad (5)$$

где V_c - величины скоростей среза.

Мощность сил трения на границе контакта металла с инструментом:

$$N_t = \iint_{F_T} \tau_k V_T dF. \quad (6)$$

Проведя некоторые преобразования и принимая во внимание плоский характер деформированного состояния заготовки компонентой мощностей сил будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} N_a &= \bar{p} \cdot \sigma_s \cdot F \cdot V_1; \\ N_{d2} &= \int_0^h \int_0^L \sigma_s \cdot \dot{\varepsilon}_i \cdot dx dy = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_s \cdot V_1 \cdot L; \\ N_{f01} &= \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \int_h^{hk} V_1 \cdot dy = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \cdot V_1 \cdot (hk - h); \\ N_{f02} &= \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \int_0^h \frac{V_1}{h} \cdot y \cdot dy = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \cdot V_1 \cdot h; \\ N_{f03} &= \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \int_L^{Lk} \frac{L}{h} \cdot V_1 \cdot dx = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \cdot V_1 \cdot \frac{L}{h} \cdot (Lk - L); \\ N_{f42} &= \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \int_0^L \left| V_4 - \frac{V_1}{h} \right| \cdot dx = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \cdot \left| V_4 \cdot L - \frac{V_1}{h} \cdot \frac{L^2}{2} \right|; \\ N_{f43} &= \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \int_L^{Lk} \left| V_4 - \frac{L}{h} \cdot V_1 \right| \cdot dx = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \cdot \left| V_4 - \frac{L}{h} \cdot V_1 \right| \cdot (Lk - L); \\ N_{s12} &= \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_s \int_0^L \frac{V_1}{h} \cdot x \cdot dx = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \mu \cdot \sigma_s \cdot \frac{V_1}{h} \cdot \frac{L^2}{2}; \quad N_{s23} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_s \int_0^h \frac{V_1}{h} \cdot y \cdot dy = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_s \cdot \frac{V_1}{h} \cdot \frac{h^2}{2}. \end{aligned}$$

Подставив полученные компоненты мощностей сил деформирования, трения и среза в общее уравнение баланса мощностей и проведя некоторые несложные математические преобразования, получим уравнение приведенного давления РКУП с подвижным дном:

$$\bar{p} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \left[1 + \mu \cdot \left(\frac{\bar{hk}}{k} + \left| \frac{V_4}{V_1} - \frac{k}{2} \right| + (\bar{Lk} - 1) \cdot \left(k + \left| \frac{V_4}{V_1} - k \right| \right) \right) + \frac{k^2 + 1}{4 \cdot k} \right],$$

где $k = \frac{L}{h}$, $\bar{hk} = \frac{hk}{h}$, $\bar{Lk} = \frac{Lk}{L}$

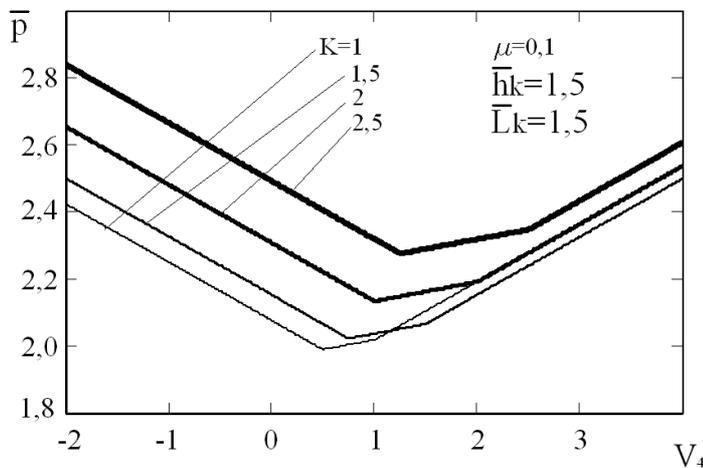


Рис. 2. График зависимости приведенного давления РКУП с подвижным дном в зависимости от скорости и направления перемещения дна и геометрических параметров канала матрицы (скорость перемещения пуансона 1 мм/с)

Анализ графика (рис. 2) позволяет установить, что существует скорость перемещения дна матрицы, при которой приведенное давление выдавливания является минимальным. Так при уменьшении скорости движения дна матрицы от 2 мм/с до 0 (в направлении противоположном направлению течения металла в матрице) и увеличении от 0 до 0,5 мм/с (в направлении течения металла в матрице) приведенное давление РКУП снижается с 2,4 до 2,0 единиц. При этом скорость движения пуансона задавалась 1 мм/с. Так же установлено, что при

увеличении коэффициента вытяжки k от 1 до 2,5 минимальное приведенное давление увеличивается от 2 до 2,3 единиц, что объясняется большей степенью деформации металла. Характер зависимости приведенного давления РКУП в зависимости от скорости и направления движения дна сохраняется.

Методом конечных элементов (МКЭ), реализованном в программе Deform 3D, произведено моделирование процесса РКУП с подвижным дном. Схема по стадийного деформирования заготовки с движением дна матрицы в направлении течения металла заготовки и направлении противоположном течению металла представлена на рис. 3.

Моделировалось деформирование заготовки из алюминиевого сплава Al-1100, при температуре 20 °С, скорость деформирования 1 мм/с, коэффициент трения по закону пластического трения Зибеля 0,06. Скорость перемещения дна матрицы варьировалась.

По результатам моделирования получены поля распределения интенсивности логарифмических деформаций по сечению заготовки в процессе РКУП с подвижным дном (рис. 4-6).

Анализ полей распределения логарифмических деформаций по сечению заготовки в процессе РКУП представленных на рис. 4-6 позволяет сделать выводы о том, что при движении дна матрицы в направлении противоположном направлению течения металла заготовки в матрице неравномерность распределения деформаций по сечению заготовки будет наибольшая та

абсолютная разница деформаций составляет 2 единицы в основной части заготовки (без учета недеформированного конца заготовки). При РКУП с неподвижным дном также наблюдается большая неравномерность распределения деформаций которая достигает 1 единицы. В схемах с дном, движущимся в направлении течения металла заготовки в матрице, наблюдается наименьшая неравномерность распределения деформаций по сечению заготовки.

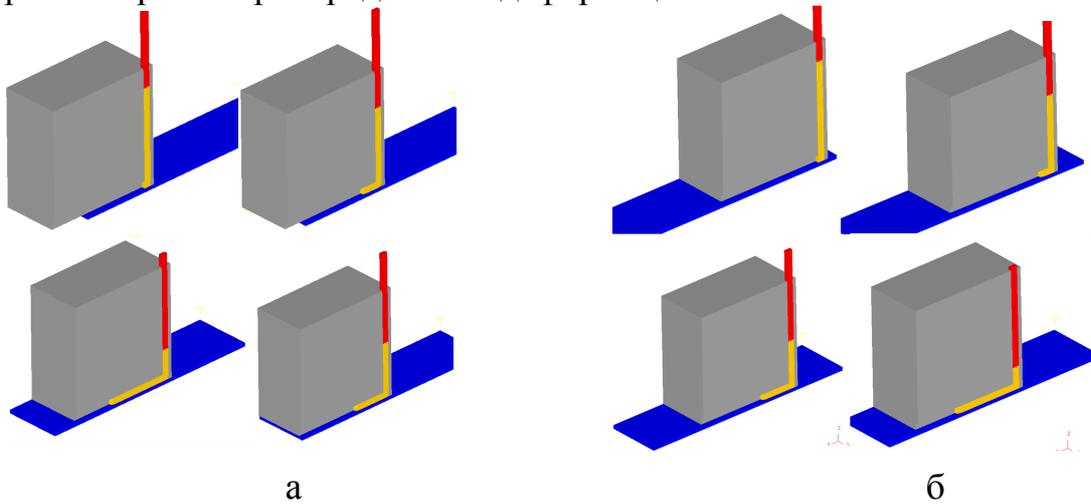


Рис. 3. Схемы по стадийного деформирования заготовки РКУП с подвижным дном матрицы (а - движение дна в направлении течения металла заготовки, б - движение дна в направлении противоположном течению металла заготовки)

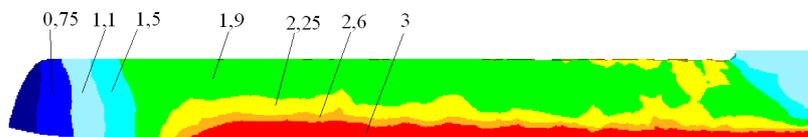
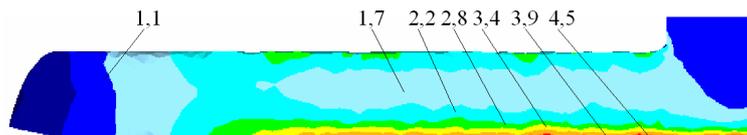
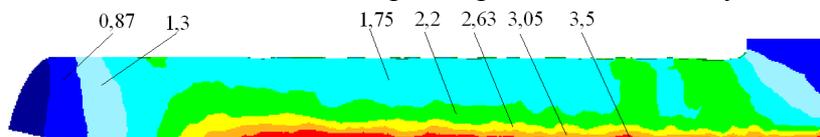


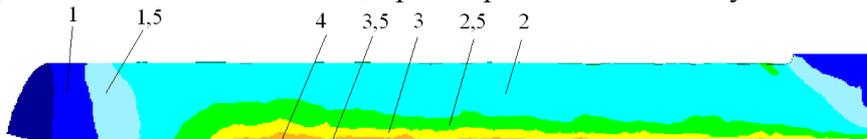
Рис. 4. Поля распределения логарифмических деформаций по сечению заготовки при РКУП с неподвижным дном матрицы



Скорость движения дна 0,5 мм/с, при скорости движения пуансона 1 мм/с



Скорость движения дна 1 мм/с, при скорости движения пуансона 1 мм/с



Скорость движения дна 2 мм/с, при скорости движения пуансона 1 мм/с

Рис. 5. Поля распределения логарифмических деформаций по сечению заготовки при РКУП с движением дна матрицы в направлении противоположном направлению течения металла

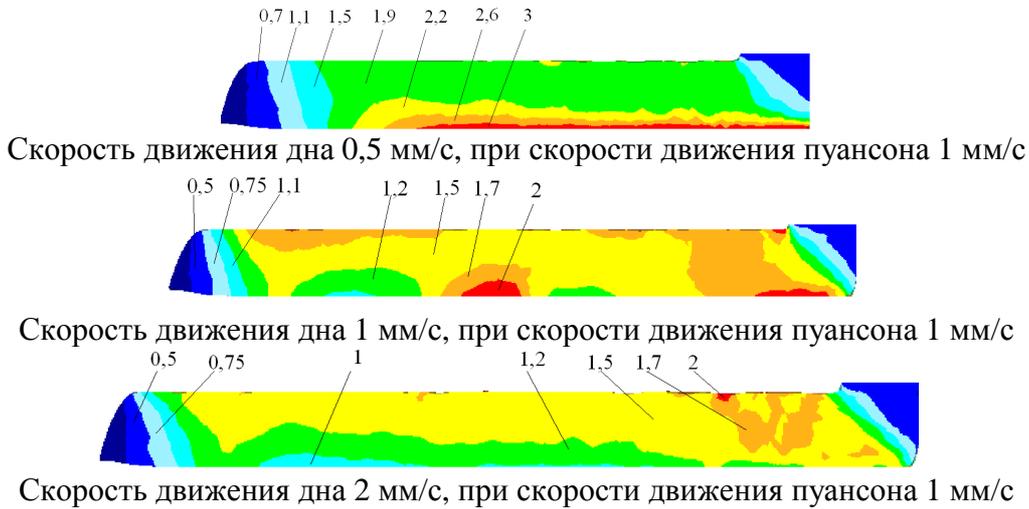


Рис. 6. Поля распределения логарифмических деформаций по сечению заготовки при РКУП с движением дна матрицы в направлении течения металла

По результатам исследований построен график зависимости средневзвешенной логарифмической деформации в заготовке от величины и направления скорости движения дна матрицы (рис. 7). Средневзвешенная деформация определялась в трех сечениях деформированной части заготовки, как показано на рис. 7. Средневзвешенная деформация определялась по следующей формуле:

$$\langle e_i \rangle = \frac{\sum e_i \cdot F}{\sum F},$$

где e_i - интенсивность логарифмических деформаций в определенной части заготовки, F – площадь заготовки в определенном сечении с деформацией одинаковой величины.

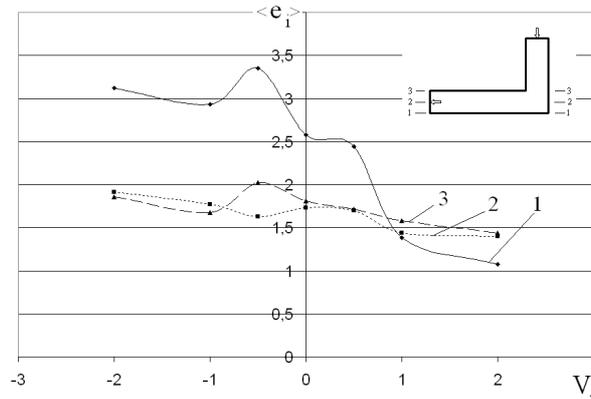


Рис. 7. График зависимости средневзвешенной логарифмической деформации от направления и величины скорости движения дна матрицы при РКУП

Из графика видно, что наименьшая неравномерность распределения деформаций по объему заготовки наблюдается при движении дна матрицы в направлении течения металла заготовки со скоростью равной 1 мм/с. Что позволяет рекомендовать такую скорость и направление перемещения дна матрицы как наиболее выгодные с точки зрения распределения деформаций по сечению заготовки, а следовательно и минимальной анизотропии механических

свойств получаемого материала. Кроме того, как видно из рис. 2 данной скорости соответствует малое значение приведенного давления выдавливания.

Выводы. Проведено математическое моделирование методом баланса мощностей и методом конечных элементов, процесса углового прессования с подвижным дном. Установлено, что существует скорость перемещения дна матрицы, при которой приведенное давление выдавливания является минимальным. Так при уменьшении скорости движения дна матрицы от 2 мм/с до 0 (в направлении противоположном направлению течения металла в матрице) и увеличении от 0 до 0,5 мм/с (в направлении течения металла в матрице) приведенное давление углового прессования снижается с 2,4 до 2,0 единиц. При этом скорость движения пуансона задавалась 1 мм/с. Так же установлено, что при увеличении коэффициента вытяжки k от 1 до 2,5 минимальное приведенное давление увеличивается от 2 до 2,3 единиц, что объясняется большей степенью деформации металла. Характер зависимости приведенного давления РУКП в зависимости от скорости и направления движения дна сохраняется.

На основе моделирования методом конечных элементов установлено, что при движении дна матрицы в направлении противоположном направлению течения металла заготовки в матрице неравномерность распределения деформаций по сечению заготовки будет наибольшая. Абсолютная разница деформаций составляет 2 единицы в основной части заготовки (без учета недеформированного конца заготовки). При угловом прессовании с неподвижным дном также наблюдается большая неравномерность распределения деформаций которая достигает 1 единицы. В схемах с дном, движущимся в направлении течения металла заготовки в матрице, наблюдается наименьшая неравномерность распределения деформаций по сечению заготовки.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать схему углового прессования с движущимся по ходу течения металла дном, как схему обеспечивающую наименьшие нагрузки на инструмент и наименьшую неравномерность распределения деформаций по сечению заготовки. Причем скорость движения дна должна быть равна скорости течения металла (при РКУП равна скорости движения деформирующего пуансона).

Список литературы: 1. *Segal V. M.* Engineering and commercialization of equal channel angular extrusion (ECAE) / V. M. Segal // *Materials Science and Engineering A.* – 2004. – Vol. 386. – pp. 269-276. 2. *Segal V. M.* Mechanics of continuous equal-channel angular extrusion / V. M. Segal // *Journal of Materials Processing Technology.* – 2010. – Vol. 210. – pp. 542-549. 3. Apparatus and method for deformation processing of metals, ceramics, plastics and other materials: патент № US 5,400,633 A: МПК B21C 27/00 / Segal V., Goforth R. E., Hartwig K. T.; власник патенту The Texas A&M University System, College Station. – № 116,721; заявл. 03.09.1993; опубл. 28.03.1995. – 12 с., 3 арк. ил. 4. Method and apparatus for equal channel angular extrusion of flat billets: патент № US 7,191,630 B2: МПК B21C 23/60 / Segal V. M.; власник патенту Engineered Performance Materials Co., LLC, Whitmore Lake, MI (US) – № 10/866,548; заявл. 14.06.2004; опубл. 20.03.2007. – 12 с.: 7 арк. ил. 5. Пресс-форма для равноканального углового прессования материалов: патент № RU 2221697 C2: МПК B30 B 15/02, B21 J 5/00, B21 C 25/02 / Русин Н.М.; патентовладелец Институт проблем прочности и материаловедения СО РАН. – № 2001133745/02; заявл. 17.12.2001; опубл. 20.01.2004 – 6 с. 6. *Русин Н.М.* Влияние

температуры и маршрутов РКУП на форму порошков и формирующуюся в прессовках структуру / Н.М. Русин // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2009, № 2. – С. 27-32. **7.** Severe plastic deformation of metals: патент № WO 2006/100448 A1: МПК (2006.01) B21C 23/01, B21J 5/00 / Rosochowski A.; власник патенту University of Strathclyde, Велика Британія. – № PCT/GB2006/000986; заявл. 24.03.2005; опубл. 28.09.2006. – 27 с.: 8 арк. іл. **8.** Olejnik L. Methods of fabricating metals for nano-technology / L. Olejnik, A. Rosochowski // Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical sciences. – 2005. – Vol. 53. – N 4. – pp. 413-423. **9.** Прес-форма для рівноканального кутового пресування: патент № 32665: МПК (2006) B21J 5/00 / Періг О.В., Подлесний С.В., Кутовий Л.В., Стадник О.М.; власник патенту Донбаська державна машинобудівна академія. — № u200800346; заявл. 10.01.08; опубл. 26.05.08, Бюл. № 10, 08 р. — 2 с. **10.** Прес-форма для рівноканального кутового пресування: патент № 37296: МПК (2006) B21J 5/00 / Періг О.В., Подлесний С.В., Кутовий Л.В., Стадник О.М.; власник патенту Донбаська державна машинобудівна академія. — № u200807059; заявл. 21.05.08; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22, 08 р. — 2 с. **11.** Прес-форма для рівноканального кутового пресування: патент № 37322: МПК (2006) B21J 5/00 / Періг О.В., Подлесний С.В., Кутовий Л.В., Стадник О.М.; власник патенту Донбаська державна машинобудівна академія. — № u200807469; заявл. 30.05.08; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22, 08 р. — 2 с. **12.** Прес-форма для рівноканального кутового пресування: патент № 37720: МПК (2006) B21J 5/00 / Періг О.В., Подлесний С.В., Кутовий Л.В., Стадник О.М.; власник патенту Донбаська державна машинобудівна академія. — № u200807459; заявл. 30.05.08; опубл. 10.12.08, Бюл. № 23, 08 р. — 2 с. **13.** Периг А.В. Компьютерное моделирование течения материалов при равноканальном угловом прессовании: анализ движения вязкой среды и экспериментальная верификация методом маркеров / А.В. Периг, А.М. Лаптев, Н.Н. Голоденко, А.Ю. Лошманов, М.Г. Литвинов // Обработка металлов давлением. Обработка материалов давлением: Сб. научн. трудов. – Краматорск: ДГМА, 2009. – № 1(20). – С. 57-62. **14.** Периг А.В. Численное моделирование вязкого течения материала при равноканальном угловом прессовании через штамп с параллельными скосами / А.В. Периг, С.В. Подлесный, Н.Н. Голоденко, И.И. Бойко, А.А. Ситник // Обработка металлов давлением. Обработка материалов давлением: Сб. научн. трудов. – Краматорск: ДГМА, 2011. – № 2(27). – С. 23-29.

УДК 621.98

КУХАРЬ В.В., канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь
БАЛАЛАЕВА Е.Ю., аспирант, ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь
НИКИТЧЕНКО А.А., нач. бюро, ООО «ГСКБВ», Мариуполь
ТУЗЕНКО О.А., канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАНИНЫ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА ПРИ РАБОТЕ С УПРУГИМИ КОМПЕНСАТОРАМИ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛЗУНА

Путем конечно-элементного моделирования напряженно-деформированного состояния станины открытого кривошипного пресса при работе с упругими компенсаторами погрешностей системы «пресс-штамп» показана эффективность их использования по сравнению с эксплуатацией прессов без компенсатора. Установка компенсаторов с переменной жесткостью позволяет снизить в станине угловые деформации на 10 – 22 %, а растягивающие напряжения в опасном сечении – на 6 – 10 %.