

УДК 621.73.012: 621.73.016

к.т.н. Митичкина Н. Г.,
Токарев А. В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК КРУГЛОЙ ФОРМЫ ПОД ДАЛЬНЕЙШУЮ ВЫТЯЖКУ ИЗ КВАДРАТНЫХ ШТАМПОВКОЙ ОБКАТЫВАНИЕМ НА ОСНОВАНИИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Приведены результаты определения оптимальных технологических параметров процесса получения круглой заготовки из квадратной методом обкатки (торцовой раскаткой) на основании изучения влияния геометрических параметров инструмента и способа нагружения на энергосиловые параметры процесса и производительность.

Ключевые слова: эксперимент, программный комплекс конечно-элементного моделирования, штамповка обкатыванием, сферодвижная штамповка, торцовая раскатка

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Одним из направлений развития процессов осесимметричной вытяжки, позволяющим обеспечить высокое качество изделий и уменьшить отходы металла, является совершенствование и использование способов штамповки обкатыванием, включающим процессы сферодвижной штамповки и торцовой раскатки.

В настоящее время интерес к такого рода штамповке возобновился. Обкатку рассматривают и как вариант получения круглых заготовок под вытяжку из квадратных, что позволяет существенно снизить расходные коэффициенты металла [1-3].

Известно [1, стр. 206], что переформовку заготовки данным методом рекомендуется вести по схеме: 5...6 оборотов – непосредственно переформовкой, заключающейся в двух стадиях: осадка заготовки и непосредственно переформовка; стадия калибровки, длительностью также 5...6 оборотов. Штамповку обкатыванием (торцовую раскатку) рекомендовано проводить с углами наклона оси деформирующего инструмента от 1 до 10°.

При оборотах инструмента в интервале 100...200 об/мин основное время переформовки составляет 4...6 секунд. Опубликованные работы по этой теме содержат резерв повышения производительности про-

цесса за счет выявления оптимальных параметров процесса штамповки обкатыванием.

Постановка задачи. Целью исследования является определение оптимальных технологических параметров процесса получения круглой заготовки из квадратной методом обкатки (торцовой раскаткой) на основании изучения влияния геометрических параметров инструмента и способа нагружения на энергосиловые параметры процесса и производительность.

Изложение материала и его результаты.

Исследование процесса производилось на основе конечно-элементного моделирования в программном комплексе DeForm 3D.

На первом этапе в среде Компас-3D созданы модели заготовки, матрицы и ряда пуансонов (конусных валков), обеспечивающих угол наклона оси деформирующего инструмента в 1, 2, 3, 4, 5, 7 и 10° (рис. 1 и 2).

На втором этапе в Препроцессоре DeForm 3D заданы условия для моделирования процесса переформовки заготовки по схеме 5+5 (5 оборотов на деформацию, 5 оборотов на калибровку) при угле наклона оси в 3°. Скорость вращения задана в 150 об/мин (15,708 рад/сек). Время на один оборот составляет 0,4 сек. Величина абсолютной подачи инструмента составляет 1,456 мм. Т. е. 0,29125 мм за один оборот или 0,728 мм/сек при условии постоянной скорости движения инструмента (рис. 3 и 4).

В объекте WorkPiece (заготовка) сгенерирована тетрагональная сетка, состоящая из 27 623 элементов (количество узлов – 6315) – рисунок 5.

Критерии перестроения сетки, весовые факторы – стандартные, предложенные программой.

На третьем этапе сгенерирована база и произведён расчет.

Для изучения влияния различных способов нагружения (разной скорости перемещения пуансона) смоделированы для одинаковых геометрических и скоростных параметров процесса (угол 3° , скорость вращения 18,708 рад/сек) разные способы задания перемещения инструмента.

В качестве материала исходной заготовки выбрана медь Cu2, кривая упрочнения которой описывается параметрами (рис. 6).

Поэтапное формоизменение заготовки за каждый оборот пуансона показано на рисунке 7 (40 шагов расчета – один полный оборот деформирующего инструмента), данные из схемы моделирования процесса по скоростной схеме 4+2, тип нагружения 1 (рис. 8), угол пуансона 3° .

Данные, полученные в программном комплексе DeForm 3D далее обработаны в среде Microsoft Excel, после чего построены зависимости «Скорость пуансона – Время», «Усилие – Время», «Работа – Время», «Крутящий момент – Время», приведенные на рисунках 8...11.

В качестве материала исходной заготовки выбрана медь Cu2, кривая упрочнения которой описывается параметрами (рис. 6).

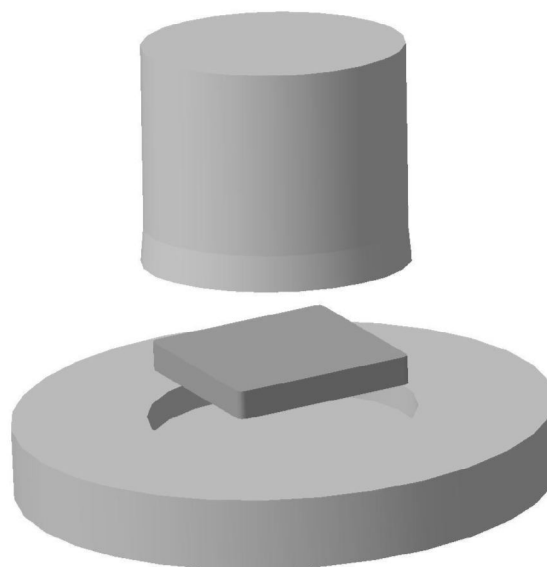


Рисунок 1 3D модели заготовки, матрицы и пуансона под углом в 5° (в разнесенном виде)

Поэтапное формоизменение заготовки за каждый оборот пуансона показано на рисунке 7 (40 шагов расчета – один полный оборот деформирующего инструмента), данные из схемы моделирования процесса по скоростной схеме 4+2, тип нагружения 1 (рис. 8), угол пуансона 3° .

Данные, полученные в программном комплексе DeForm 3D далее обработаны в среде Microsoft Excel, после чего построены зависимости «Скорость пуансона – Время», «Усилие – Время», «Работа – Время», «Крутящий момент – Время», приведенные на рисунках 8...11.

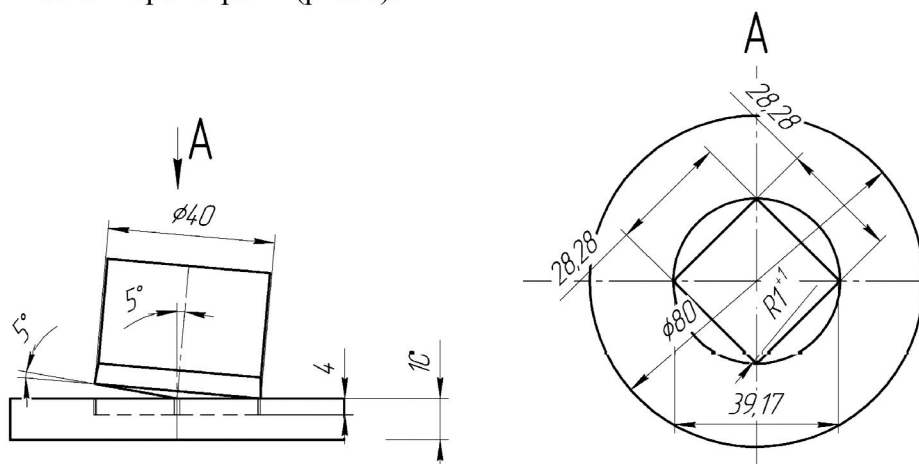


Рисунок 2 Исполнительные размеры матрицы, пуансона (5°) и заготовки

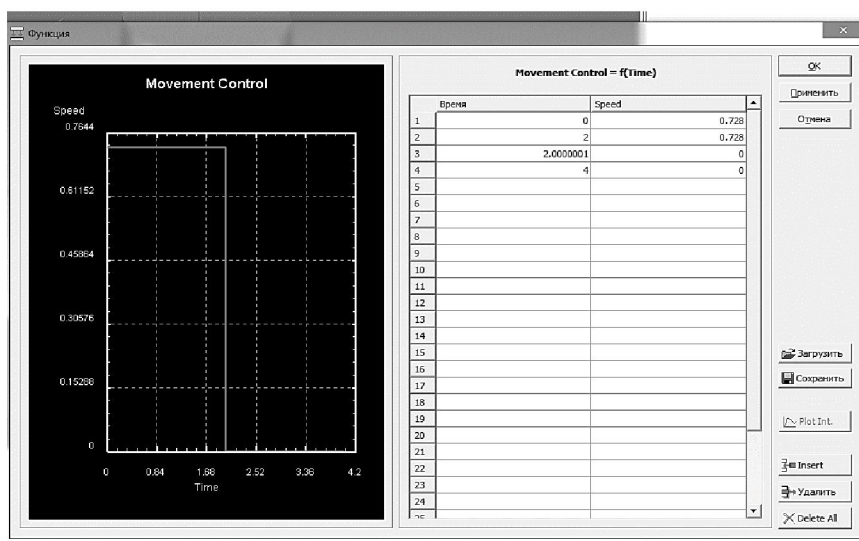


Рисунок 3 Задание перемещения инструмента (функция скорости от времени)

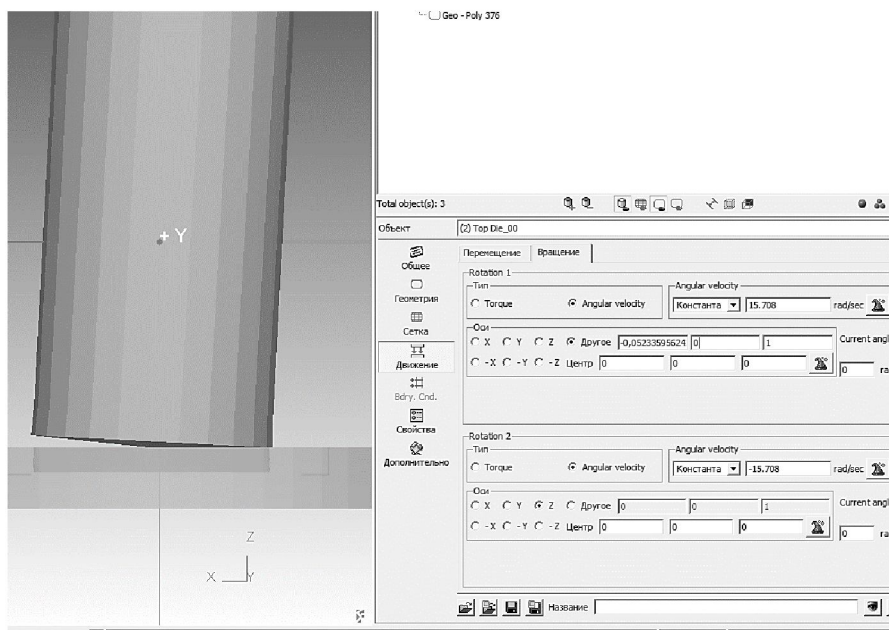


Рисунок 4 Задание вращения (обкатывания) инструмента

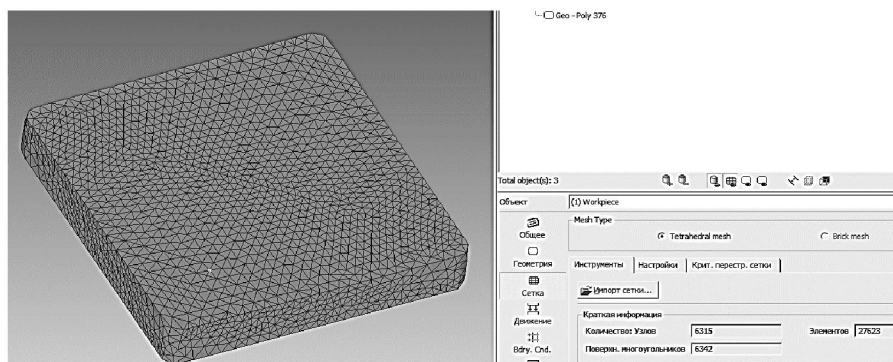


Рисунок 5 Заготовка со сгенерированной сеткой

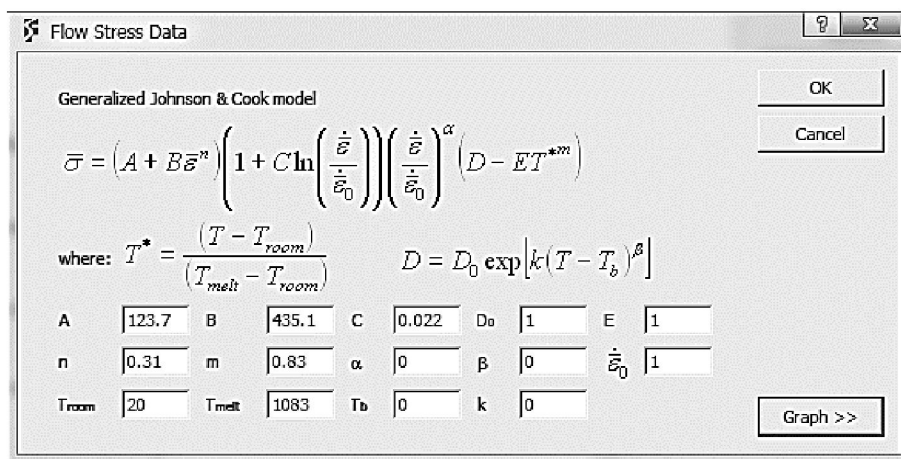


Рисунок 6 Кривая упрочнения меди CuC2

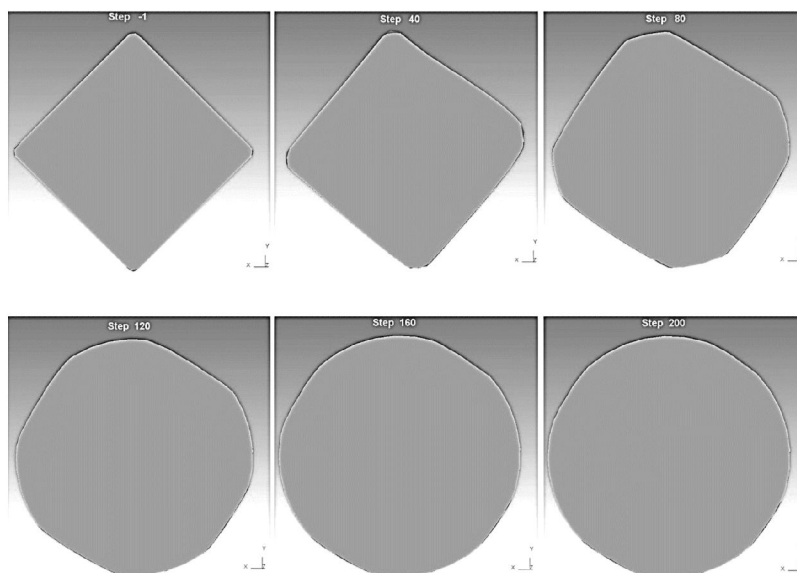


Рисунок 7 Заготовка в плане в различные моменты штамповки

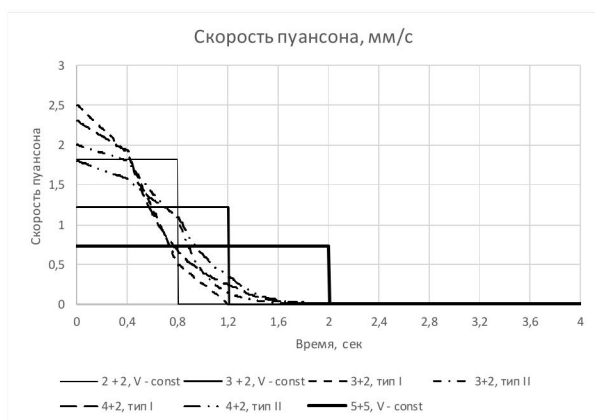


Рисунок 8 Зависимость скорости движения пуансона в функции от времени

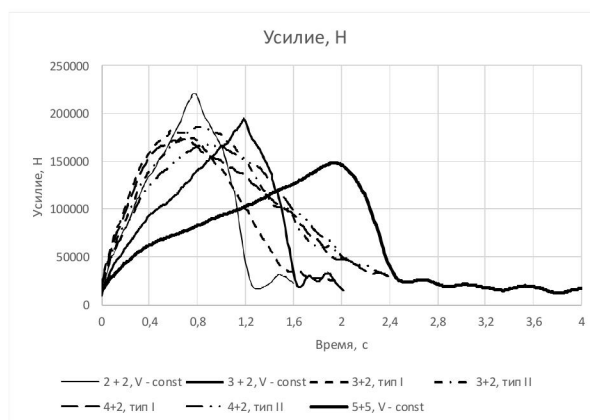


Рисунок 9 Зависимость усилия на пуансоне в функции от времени

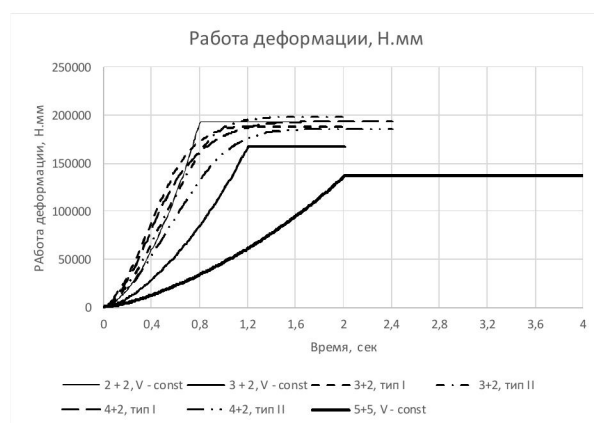


Рисунок 10 Зависимости работы деформации в функции от времени

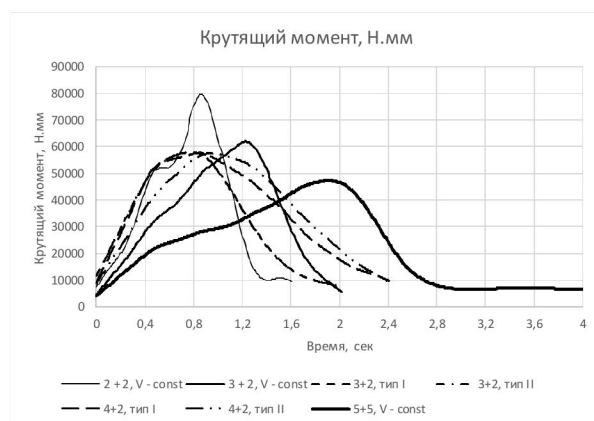


Рисунок 11 Зависимость крутящего момента в функции от времени

Из анализа зависимостей видно, что:

1. Способ нагружения прямо влияет на общее время штамповки. 1 оборот пуансона – 0,4 секунды. Следовательно, в зависимости от типа нагружения общее время штамповки изменяется от 1,2 до 4 сек.

2. Минимальное усилие на пуансоне наблюдается при схеме нагружения (5+5, V – const); при нагружении (2+2, V – const) и (3+2, V – const) усилие максимальное и наблюдается явный пик максимума усилия в последние моменты штамповки и резкий спад усилия в последующий момент калибровки. Остальные схемы нагружения (3+2, тип 1; 3+2, тип 2; 4+2, тип 1; 4+2, тип 2) примерно идентичны.

3. Минимальная работа деформации при нагружении по схеме (5+5, V – const) примерно на 20% ниже работы, затрачен-

ной при штамповке по другим схемам. Работа деформации при всех других схемах нагружения примерно идентична, отличие составляет 5...10%.

4. Явный максимум момента при схеме нагружения (2+2, V – const) примерно на 27% выше других схем нагружения и на 40% выше схемы нагружения с минимальным моментом (5+5, V – const). Т. е. схема нагружения (5+5, V – const) требует минимального крутящего момента, все остальные схемы примерно идентичны и выше минимальной на 13...15%.

5. Схема нагружения (5+5, V – const) обеспечивает минимальные энергосиловые параметры процесса, но имеет максимальное время штамповки в 4 секунды. Схемы (2+2, V – const) и (3+2, V – const) имеют минимальное время штамповки в 1,2 и 1,6 секунды соответственно, но максимальные энергосиловые параметры процесса и однозначно не могут быть рекомендованы для реализации. Остальные схемы нагружения (3+2, тип 1; 3+2, тип 2; 4+2, тип 1; 4+2, тип 2) примерно идентичны, с энергосиловыми параметрами выше на 15%, чем по схеме (5+5, V – const), но общее время штамповки для них 2 (2,4) секунды против 4 секунд для схемы (5+5, V – const). Т. е. производительность выше в 2 (1,6) раза соответственно. Таким образом, для проведения дальнейших исследований штамповки обкатыванием целесообразно применять одну из этих схем нагружения.

С целью исследования влияния угла наклона деформирующего инструмента на энергосиловые параметры процесса смоделирован ряд процессов с одинаковыми условиями нагружения (3+2, тип 1), но различными углами наклона инструмента (1...10°).

Данные, полученные в программном комплексе DeForm 3D, обработаны в среде Microsoft Excel, после чего построены зависимости «Скорость пуансона – Время», «Усилие – Время», «Работа – Время», «Крутящий момент – Время», приведенные на рисунках 12...14.

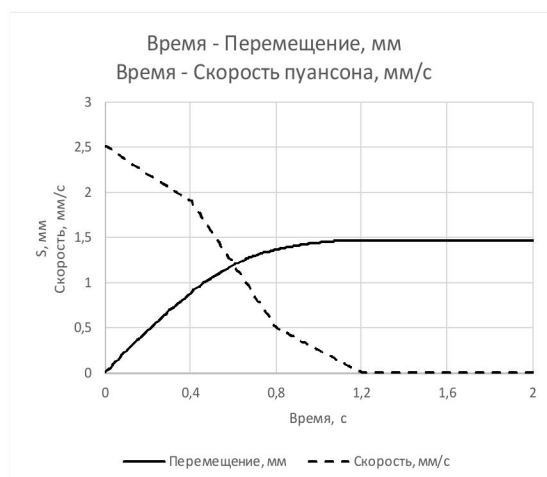


Рисунок 12 Зависимость перемещения и скорости пуансона от времени

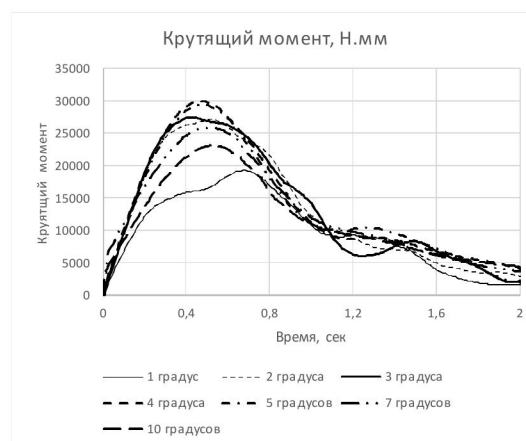


Рисунок 15 Зависимость крутящего момента на пуансоне от времени

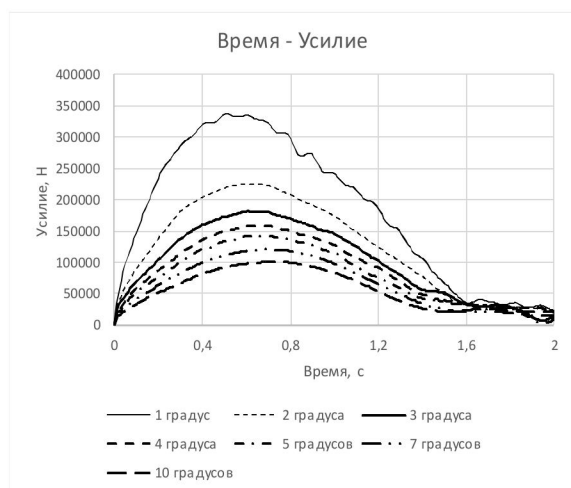


Рисунок 13 Зависимость усилия от времени

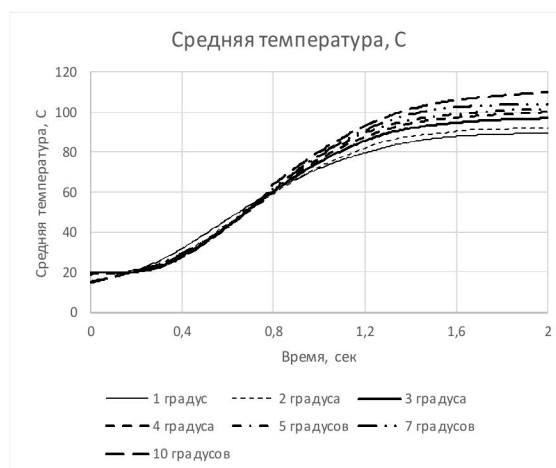


Рисунок 16 Зависимость изменения температуры заготовки от времени

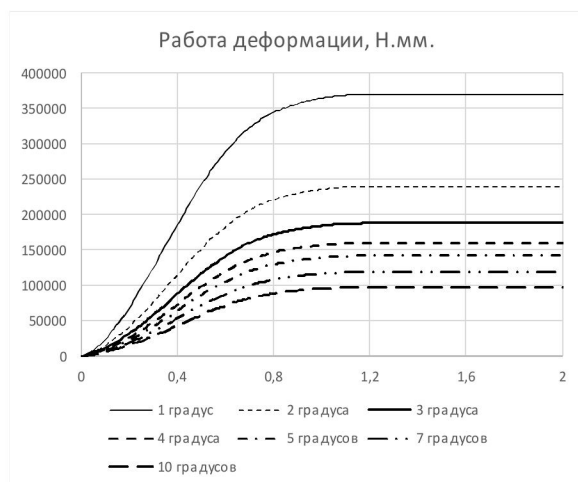


Рисунок 14 Зависимость работы деформации от времени

Анализ полученных зависимостей показывает, что:

1. Зависимость $F=f(\gamma)$ обратно пропорциональна углу γ с изменением F от 330 кН при 1° до 100 кН при 10° . При этом средние значения усилия находятся при углах $\gamma = 3..5^\circ$.

2. Зависимость $A=f(\gamma)$ обратно пропорциональна углу γ с изменением A от 370 Н.м. при 1° до 100 Н.м. при 10° . При этом средние значения работы деформации находятся при углах $\gamma = 3...4^\circ$.

3. Зависимость $M=f(\gamma)$ показывает минимальные значения крутящего момента при 1° – 18 Н.м. При этом средние значения максимума момента находятся при углах $\gamma = 3...5^\circ$.

4. Зависимость $T=f(\gamma)$ показывает незначительное влияние угла γ на разогрев заготовки в процессе штамповки. Разница в нагреве составляет от 85 до 110°C.

Выводы:

1. Угол наклона пуансона обратно пропорционально влияет на энергосиловые параметры и размеры очага деформации. Оптимальные углы составляют 3...4°, что соответствует экспериментальным данным в литературных источниках.

2. Скорость движения пуансона влияет на энергосиловые параметры процесса опосредованно, через тип нагружения. При длительном этапе штамповки (5 оборотов на штамповку) влияние скорости нагружения незначительно, при этапе штамповки в 3...4 оборота скорость пуансона на последнем обороте должна быть минималь-

ной для получения оптимальных энергосиловых параметров процесса.

3. Тип нагружения влияет и на время штамповки, и на энергосиловые параметры процесса. При постоянной скорости нагружения период штамповки должен составлять не менее 5 оборотов, при плавном изменении скорости движения пуансона от максимума до минимума период этапа штамповки достаточен в 3 оборота.

Применение разработанной модели позволяет теоретически исследовать процесс штамповки обкатыванием и определить оптимальные технологические параметры. Использование принципов построения этой модели позволит рассматривать с целью оптимизации и процессы вытяжки обкатыванием

Библиографический список

1. Матвийчук, В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов [Текст]: монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. — Краматорск, 2009. — 268 с.

2. Матвийчук, В. А. Повышение деформируемости листовых заготовок для вытяжки путем их предварительного гофрирования [Текст] / В. А. Матвийчук // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. — 2007. — № 1 (7). — С. 99–104.

3. Богоявленский, К. Н. Переформовка квадратных листовых заготовок в круглые штамповкой обкатыванием [Текст] / К. Н. Богоявленский, Н. М. Ёлкин, В. Д. Линд, В. И. Курчанов, С. Н. Кункмн // Кузнечно-штамповочное производство. — 1989. — № 1. — С. 13–14.

© Митичкина Н. Г.

© Токарев А. В.

Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТУ Новохатским А. М., к.т.н., зам. начальника сортопрокатного цеха «Стан 600» ПАО «АМК» Чичканом А. А.

Статья поступила в редакцию 25.11.16.

д.т.н. Мітічкіна Н. Г., Токарев О. В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК КРУГЛОЇ ФОРМИ З КВАДРАТНИХ ПІД ПОДАЛЬШЕ ВИТЯГУВАННЯ ШТАМПУВАННЯМ ОБКАТУВАННЯМ НА ПІДСТАВІ КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Наведено результати визначення оптимальних технологічних параметрів процесу отримання круглої заготовки з квадратної методом обкатуванням (торцевої розкатки) на підставі вивчення впливу геометричних параметрів інструмента і способу навантаження на енергосилові параметри процесу і продуктивність.

Ключові слова: експеримент, програмний комплекс кінцево-елементного моделювання, штампування обкатуванням, сферорухоме штампування, торцева розкатка.

PhD Mitichkina N. G., Tokarev A. V. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

DETERMINING THE OPTIMUM PARAMETERS FOR PRODUCING CIRCULAR BILLETS FROM SQUARE BILLETS FOR FURTHER DRAWING BY PUNCHING THROUGH BURNISHING USING FINITE ELEMENTS MODELING

The results of determining the optimum process parameters of producing circular billets from square billets through burnishing method (a face rolling) based on studying the influence of geometric parameters of the tool and the loading method onto productivity and energy-power processes.

Key words: *punching through burnishing, face rolling, temperature and speed conditions, deformation zone, mathematical modeling.*