

СТАНИНЫ РАМНОГО ТИПА ДЛЯ ТОКАРНО-ДАВИЛЬНЫХ СТАНКОВ, ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОПОЛОСТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Маковецкий А.В., Бабин О.Ф., Маковецкий В.В. (ДГМА, г.Краматорск, Украина)

In an offered paper are considered рамные constructions of turning -spinning lathes. It is lead), the finite - element analysis of a single-standard construction and its(her) comparison with alternative having two rack is executed.

Assay values have allowed to recommend nominal force прессового the block of the rig for a selected construction of a frame.

Besides the technique of deriving многополостных workpieces on turning -spinning lathes are established it is offeredу constructions is considered, technological limitations on process of deformation with use of the finite - element analysis.

Введение.

В настоящее время широко используются станки для давяльных работ, выпускаемые рядом зарубежных фирм, так и отечественных украинских предприятий. Среди них определенное место занимает оборудование являющееся аналогом станков токарной группы. Зарубежные станки этого класса представлены в труде [1]. Необходимым условием для них является высокая жесткость конструкции [2].

В свою очередь большая часть станков токарной группы имеет горизонтальную компоновку, что обеспечивает удобство наблюдения за зоной обработки, особенно для длинных деталей, а также облегчает условия восприятия нагрузок в результате совместной работы с фундаментом.

Горизонтальные станины выполняются:

- на ножках, для обработки изделий при небольших силах резания;
- сплошными, для тяжелых условий работы;
- рамными, так называемыми вертикальными станинами.

Инженерные методы расчета горизонтальных станин первых двух типов достаточно хорошо разработаны в труде [3]. Там же приведен расчет станин портального типа, обладающих повышенной жесткостью, которые могут быть использованы в высокопроизводительных станках токарной группы, где верхнее расположение суппортов обеспечивает удобный отвод стружки.

Однако приведенная методика не приемлема для токарных станков рамного типа. К тому же приведенная методика очень громоздкая и ограничена восемью допущениями.

Для нас представляет интерес только одна из приведенных расчетных схем (рис.1), которая дает возможность определить перемещение в точке приложения нагрузки и угол наклона портала.

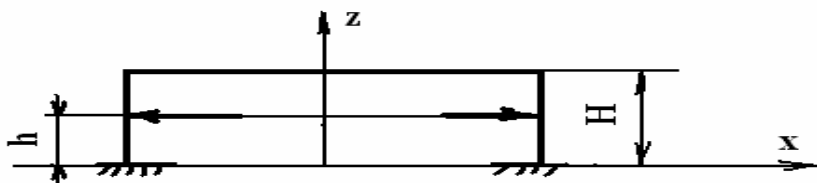


Рис.1. Расчетная схема

Перемещение найдется как

$$f = \frac{P h^3}{3 E J_{y cm}} \left[1 - \frac{Q_1}{1 + 2 S} \right],$$

где $J_{y_{cm}}$ - момент инерции сечения стойки относительно Y ;

Q - коэффициент, зависящий от $\alpha = \frac{h}{H}$ и $S = \frac{L J_{y_{mn}}}{H J_{y_{nep}}}$, а $J_{y_{nep}}$ - момент

инерции сечения перекладины.

Точность расчета, как видно из формулы зависит от правильного определения моментов инерции сложных сечений, что достаточно проблематично.

В настоящее время разработан ряд конструктивных схем токарно-давилного оборудования [4], в том числе и универсального.

При этом одним из способов увеличения жесткости является изменение конструкции станин станков. Основные требования к станинам являются жесткость и долговечность при минимальной металлоемкости и максимальной равнопрочности.

Главным инструментом анализа как открытых, так и закрытых, цельных и составных станин прессов является, как это показано в работе [5] МКЭ. Рациональность его использования при анализе основных элементов токарно-давилного оборудования обоснована в работе [6].

Однако в связи с тем, что силовой гидроцилиндр установлен на токарно-давилном станке [4,7] и он создает значительные продольные усилия, то основным направлением исследования при этом является анализ напряженно-деформированного состояния станины станка.

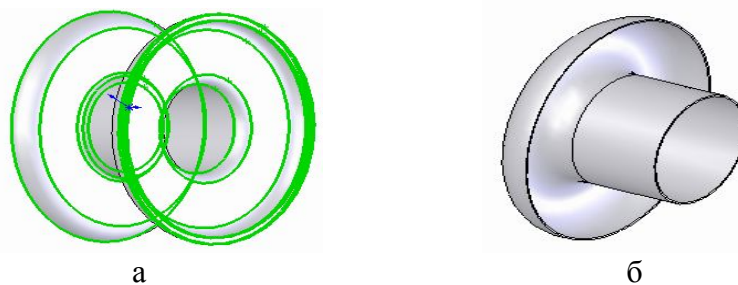
В этом случае использование МКЭ наиболее эффективно.

С другой стороны в современной промышленности достаточно много сложных пространственных изделий, заготовки которых требуется получать цельными. Необходимо отметить, что число таких заготовок растет с одновременным расширением технологических возможностей способов их получения.

К таким изделиям можно отнести сложные осесимметричные заготовки в виде оболочек с различного типа полостями. Основное преимущество подобных конструкций, это эксплуатационная надежность и относительно небольшая металлоемкость.

Технологии получения таких заготовок основываются относительно часто на ротационных процессах деформирования [8].

Примеры используемых в промышленности различных заготовок с полостями приведены на рис. 2.



а- впадина кольцевая;
б- изделие с полостью

Рис.2. Осесимметричные заготовки с полостями облегченной конструкции

С одной стороны, предложенные технологические приемы достаточно просты и могут быть реализованы в условиях ограниченных возможностей среднего предприятия. С другой стороны они позволяют изготавливать изделия сложной

конфигурации с небольшими капитальными затратами, используя токарные станки после несложной модернизации или в ряде случаев токарно-давилные станки [9].

Выполнению изделий сложной формы, представленных на рис.1 а, посвящена работа [10].

Возможности получения полых впадин с фланцевыми элементами различной конфигурации с использованием осадки торцевой поверхности, приведены также в труде [11].

Получение изделий данного типа в условиях мелкосерийного и серийного производства традиционными способами затруднено, так как требует использования специализированного оборудования и достаточно сложной оснастки. Однако другой проблемой при этом является сложность получения изделий цельными.

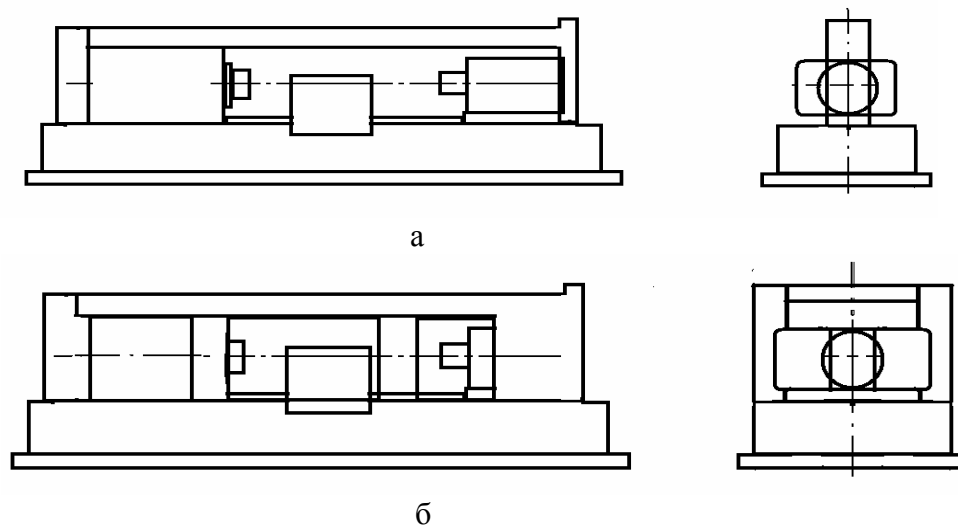
С целью развития производства изделий и отработки технологического процесса рассмотренного типа необходимо провести ряд исследований позволяющих выявить ограничения на реализацию технологического процесса и выбрать область рациональных параметров режимов деформирования.

С точки зрения теоретических исследований наибольший интерес вызывает возможность множественных изгибов оболочки в процессе образования второй внешней поверхности и возникающие при этом напряжения и деформации, а также перемещения отдельных элементов заготовки.

Целью работы является разработка оригинальных схем станин, в том числе рамного типа с последующим анализом напряженно-деформированного состояния станин станков для токарно-давилной обработки и исследования технологических возможностей деформирования многополостных заготовок.

Основные результаты исследований.

Можно предложить ряд компоновок токарно-давилных станков, аналогично [7] учитывающих наличие задней бабки, выполняющую роль силового гидроцилиндра прессы (рис.3).



а- предлагаемый вариант компоновки;
б- существующий вариант

Рис.3.Разработанные компоновки токарно-давилных станков

Однако очевидно, что представленные на рис.3 варианты станин рамного типа не будут равноценными по разным критериям, в том числе прочностным.

Эффективным приемом прогнозирования и выбора лучшего варианта в этом случае служит, конечно - элементное моделирование нагружения рамы.

Предварительный анализ показывает, что наиболее целесообразными для проработки вариантом будут приведенные на рис.3 а. Анализу варианта, показанного на рис. 3 б посвящена работа [7].

При проведении моделирования предполагалось, что рамы будут цельными и опорной поверхностью, для перемещаемого силового блока может являться задняя стенка рамы (рис.3).

Исследование нагрузки при холодной раскатке не проводилось, так как она на порядок меньше рассматриваемой при прессовых операциях.

Для анализа нагружения станины использовался МКЭ, на рис. 4 показана, конечно - элементная сетка для рамы с одной стойкой (рис.3 б) при этом рассматривалась полая конструкция основания станка коробчатого типа.

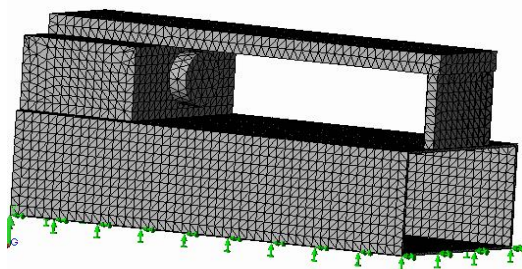


Рис. 4. Конечно-элементная сетка для рамы с двумя стойками

Геометрические параметры исследуемой конструкции станины рамного типа были следующими, общая длина $L = 3500$ мм, размеры основания $h \times b - 800 \times 1400$ мм, общая высота рамы $H = 1600$ мм, общая ширина верхней части $B = 730$ мм.

В дальнейшем в качестве решателя был выбран FFE - итерационный [12], предварительно в качестве материала станины выбрана углеродистая сталь.

Считалось, что усилие прессового блока находится в пределах $0,1 \dots 1,0$ МН. Кроме того, в связи с тем, что рассматривалась конструкция с перемещаемой задней бабкой-гидроцилиндром, то при этом акцент делается на нагружение задней стенки рамы.

Отсюда можно сделать вывод, что использование станин – двустоечных рам, (рис.3 а) [7], несмотря на их меньшую металлоемкость нецелесообразно при больших усилиях прессования. Это может быть эффективно при усилиях не более $0,15$ МН, либо необходимо коренное изменение конструкции рамы.

В этом случае рассмотрим усиленную одностоечную конструкцию рамы, проведя конечно-элементный анализ (рис.5).

Результаты по эквивалентным деформациям приемлемы, они не более $7,9 \cdot 10^{-4}$.

По эквивалентным напряжениям по Мизесу составляют $\sigma_{\max} = 204$ МПа, при пределе текучести $\sigma_T = 220$ МПа и, что является недопустимым для рам.

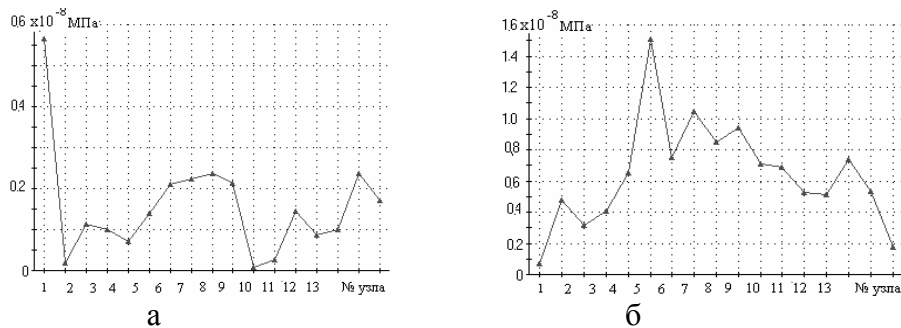
Результирующее перемещение достаточно станины-рамы невелико и достигает величины $2,1$ мм.



а- эквивалентные напряжения по Мизесу
 б- эквивалентные деформации

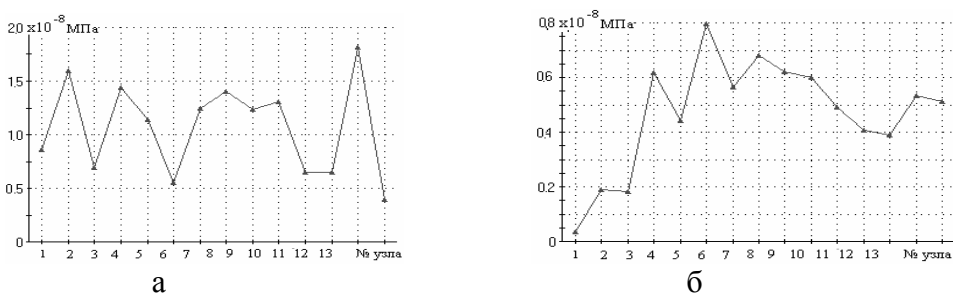
Рис.5. Результаты конечно-элементного моделирования рамы с одной стойкой при распределенной нагрузке на стойку $p = 0,35$ МПа,

Уточняя исходные данные, находим номинальное усилие оборудования, оно составит $Q = 0,17$ МН. Эпюры напряжений на стойке приведены на рис.6,7.



а- по срединной поверхности;
 б- по кромке

Рис.6. Графики распределения напряжений по Мизесу на задней стойке рамы, на внешней поверхности, в направлении сверху вниз



а - по кромке стойки;
 б – по срединной поверхности

Рис. 7. Графики распределения напряжений по Мизесу на задней стойке рамы, внутренняя поверхность, в направлении сверху вниз

Анализ графиков рис. 5 показывает, что по срединной поверхности максимальное напряжение достигается на стыке, а затем не меняется резко, несколько снижаясь примерно к середине высоты, В случае кромки, рис.6 б, максимум приходится к середине интервала и снижается по краям.

Анализ графиков показывает, что по кромке стойки напряжения распределяются практически равномерно (рис. 7 а), а по срединной поверхности, имеют максимум примерно в центре стенки стойки рамы. Это объясняется более жесткими концевыми элементами, расположенными по контуру. На срединной поверхности стойки (рис.7) максимум напряжений приходится на средину стойки по высоте со снижением по краям к линии стыка.

Анализируя особенности предложенных конструкций необходимо отметить, что металлоемкость станины рамы первого типа составляла около 0,8 т а второго примерно 1,2 т. Коэффициенты запаса для рамы первого типа составил 1,2 , для второго типа 1,3 [7].

В этом случае рекомендуемые номинальные усилия для рамы первого типа составят 0,17 МН для рамы второго 0,15 МН. Эта разница не превышает 12%, при этом металлоемкость станин различается на 33% [7].

Отсюда следует, что в случае необходимости использования силового гидроцилиндра целесообразно использовать станины рамного типа одностоечной конструкции, что позволит повысить номинальное усилие прессового блока.

В случае разработки технологии получения многополостных оболочек в качестве метода исследований принят конечно-элементный анализ с использованием нелинейного модуля Cosmos Works [12].

Моделирование проводилось на оболочке в виде полфабриката с полученной заранее впадиной, параметрами которой приведены на рис. 8. В качестве материала была использована Ст. 3, ГОСТ 380-94 в условиях холодного и полугорячего деформирования, рис.2 а .

Схема торцевого нагружения распределенной нагрузкой закрепленной по фланцевой части оболочки, рис.2 б, представлена на рис.8 б.



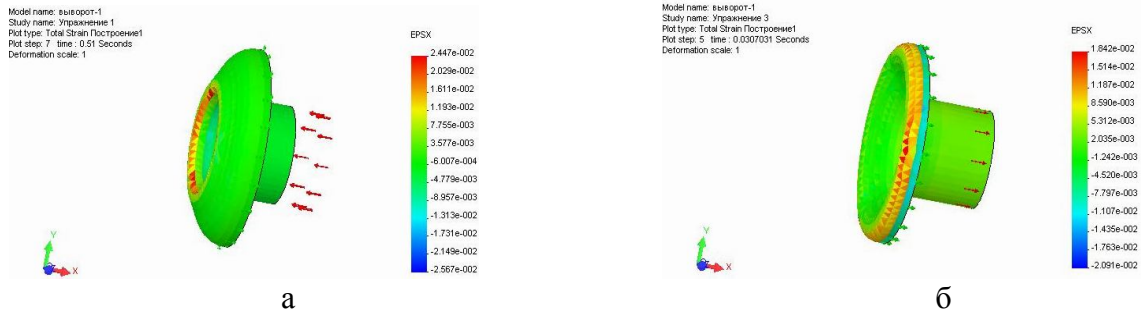
а- заготовка с основными размерами;
б- схема нагружения заготовки

Рис.8. Заготовка (а) и схема ее нагружения (б) при деформировании изделия с полостью

Предварительно полученная заготовка, рис. 8 а, перед последующим деформированием нагружалась распределенной нагрузкой, рис. 8 б.

Интенсивность нагружения на торец заготовки варьировалась, она принимала значения в интервале $p = 1 \times 10^7 \dots 2 \times 10^8$ Па.

На рис. 9 приведены результаты проведенных численных экспериментов для интенсивности и деформаций вдоль продольной оси-Х.



а - при значении $p = 1 \times 10^7$ Па;
 б- при значении $p = 2 \times 10^8$ Па

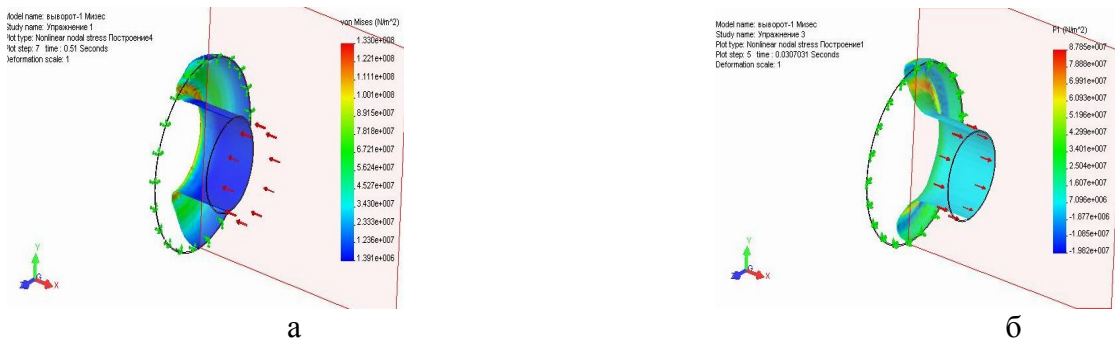
Рис. 9. Распределение интенсивности деформаций (а), деформации по оси x (б)

Анализ распределения интенсивности деформаций, представленных на рис. 9а, а также деформаций вдоль продольной оси $-X$, рис 9 б, свидетельствует, что наибольшие деформации наблюдаются в области перегиба до $2,8..2,9 \times 10^{-2}$ (рис. 9 а) при приложении распределенной нагрузки $p = 1 \times 10^7$ Па, в первом случае. Во втором случае, при $p = 2 \times 10^8$ Па, рис. 3б, для деформаций относительно оси X они составляют примерно $1,15 \times 10^{-2}$ и находятся в области перегиба внешней оболочки со стороны фланцевой части.

В свою очередь на рис. 10 а приведено распределения интенсивности напряжений по Мизесу, в случае $p = 1 \times 10^7$ Па. На рис. 10 б, приведены первые главные напряжения для случая нагружения при $p = 2 \times 10^8$. При этом напряжения по Мизесу- σ_3 находились из выражения

$$\sigma_3 = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2},$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - главные напряжения.



а - при значении $p = 1 \times 10^7$ Па;
 б- при значении $p = 2 \times 10^8$ Па

Рис. 10. Распределение интенсивности напряжений по Мизесу (а) и первых главных напряжений (б)

Предварительный анализ, рис. 10 а, показывает, что в первом случае наибольшая интенсивность напряжений наблюдается на перегибе между внешней оболочкой и фланцевой частью заготовки и существенно уменьшается, как на периферии фланца, так и на цилиндрической части исходной трубы.

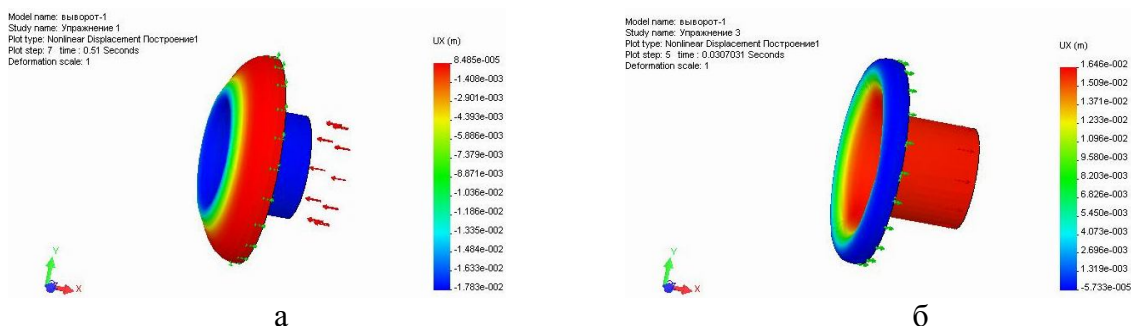
В свою очередь во втором случае при росте нагрузки, рис. 10 б, существенный рост первых главных напряжений наблюдается в около трубной части, а также в области выворота при переходе к новой цилиндрической части с уменьшением их в промежуточной области.

На основании приведенного можно сделать заключение о существовании в первом случае, рис. 10 а, одного очага деформации, который сменяется на два во втором случае, рис. 10 б. Это свидетельствует о более благоприятной схеме деформирования во втором варианте, что можно использовать при проектировании технологии получения многополостных изделий. При этом есть возможность варьировать в большей степени кинематику движения инструментов.

На рис. 11 приведены распределения величины эквивалентных перемещений, рис. 5 а, и перемещений вдоль оси – X, рис. 11 б, для указанных выше способов нагружения заготовки. Эквивалентные перемещения в свою очередь определялись по следующей формуле

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2},$$

где u_x , u_y , u_z - перемещения в соответствующих направлениях.



а - при значении $p = 1 \times 10^7$ Па;
 б- при значении $p = 2 \times 10^8$ Па

Рис. 11. Распределение эквивалентных перемещений (а) и перемещений по оси – X (б)

Анализ, рис. 11 а, показывает, что осевое эквивалентное перемещение фланцевой части заготовки изменяется значительно (максимально от 1 до 7 мм) при нагружении $p = 1 \times 10^7$ Па. В свою очередь осевое перемещение вдоль оси X возрастает до величины 4.5 мм, при при нагружении $p = 2 \times 10^8$ Па, рис.5б. При этом может изменяться только направление перемещения. Это является более благоприятным фактором при формировании внешней стенки оболочки.

Перемещение центральной части практически одинаково и находится в пределах 14..16 мм. Необходимо отметить, что качественное сравнение теоретической модели принятой в работах [8,13] с расчетной указывает на большую общность модель, реализуемую с использованием конечно- элементного подхода. Она дает более детальное описание изменений напряженно-деформированного состояния, что косвенно подтверждается наблюдениями перемещений элементов заготовки.

Результаты свидетельствуют о разных условиях деформирования в условиях возрастания интенсивности осевых нагружений. Одноочаговое развитие деформаций

при малой интенсивности нагружения переходит в двухочаговое с ростом интенсивности. Основным очагом деформации во втором случае является область перегиба между фланцевой частью и внешней оболочкой.

Большие возможности создает второй случай, при большей величине нагружения, тогда перемещения элементов деформируемой заготовки более равномерны.

Полученные результаты свидетельствуют ряде технологических ограничений при получении заготовок типа осесимметричные оболочки в условиях холодного или полугорячего деформирования для относительной пластичных сталей.

Заключение.

- Предложены схемы станин рамного типа для токарно-давилных станков, включающие как основные конструкции одностоечной станины, так и ажурной двустоечной.

- Проведенный конечно-элементный анализ станин двух модификаций, показал, что приложение максимальных нагрузочных напряжений от реакции прессового модуля дает более высокий коэффициент запаса для станины одностоечной.

- На основании проведенного анализа вариантов конструкций можно сделать вывод о рациональности конструкции одностоечной станины, что позволяет использовать ее при больших номинальных усилиях по сравнению с двустоечной, минимальное увеличение при этом на 12%.

- Получен ряд изделий типа многополостных оболочек, которые возможно получать цельными с использованием разработанной конструкции станка, на основе предварительно изготовленных осесимметричных полуфабрикатов, используя приемы ротационного деформирования.

- Имитация конечно-элементной модели деформирования заготовки показала, что распределение максимальных деформаций в случае нагружения $p = 1 \times 10^7$ Па наблюдается на перегибе внешней поверхности к фланцевой части. При увеличении нагружения до $p = 2 \times 10^8$ Па, на участке фланец - внешняя поверхность.

- Установлено существование двух очагов деформации при интенсивности нагружения заготовки до значения $p = 2 \times 10^8$ Па, что свидетельствует о разных технологических схемах возможного деформирования.

- Имитация расчетной конечно-элементной модели указывает на более благоприятную схему перемещений при увеличении величины интенсивности нагружения на торцовую часть изделия.

Список литературы: 1. Гредитор М.А. Давильные работы и ротационное выдавливание. - М.: Машиностроение. 1971. -237 с. 2. Маковецкий А.В. Совершенствование технологии, оборудования и организации производственных участков ротационной обработки / Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. Наукових праць. Вип.17. –Краматорськ: ДДМА -2004. - С.221-226. 3. Каминская В.В Левина. З.М. , Решетов Д.Н. Станины и корпусные детали металлорежущих станков. - М.: Машгиз. 1960. -364 с. 4. Декларативный патент Украины № 5985. *МкВ 21 Д 51/02*. Станок для изготовления заготовок из проката обкаткой. Бюл. №6. Опубл. 15.06.2005. Киев.5. Song Y.H., Yan Y.N., Zhang R.J. Finite element analysis of the prestress wire – winding press. *J.Mater. Process/Technol.* 2004.151.№1-3, с. 255-257. 6. Маковецкий А.В. Конечно-элементный анализ напряженного состояния основных деталей токарно-давилных станков // В кн.: Важке

машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції: Краматорськ. ДГМА. 2005. С. 64. 7. Маковецкий А.В., Бабин О.Ф. Анализ конструкций станин токарных и токарно-давильных станков МКЭ // Прогресивні технології і системи машинобудування. Міжнар. зб. наукових праць. Вип.32. - Донецьк: ДНТУ. 2006. С.150-157. 8. Производство изделий машиностроения горячей обкаткой / В.С.Рыжиков, В.К.Удовенко, А.В.Маковецкий и др.; Под. ред. В.С.Рыжикова, В.К.Удовенко. -Краматорск. ДГМА, 2006. - 284 с. 9. Спосіб виготовлення багатопорожнинних виробів. Декл. Патент України. 61236А МКИ 7 В21Д41/02. Заявка №20002108118. Опубл.2003. Бюл.№11. 10. Маковецкий А.В.Оценка напряженно-деформированного состояния при деформировании впадин на осесимметричной оболочке // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Харьков.: №6 (24) 2006. С.14-19. 11. Маковецкий А.В. Получение многополостных изделий ротационной формовкой на станках токарной группы // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. зб. наукових праць. вип.16. – Краматорськ: ДДМА -2004. -С.154-162. 12. Алямовский А.А Собачкин А.А., Одинцов Е.В. и др. Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике. - СПб.: Изд-во БХВ-Петербург. 2005. - 800 с. 13. Маковецкий А.В., Чередниченко В.И. Напряженно-деформированное состояние при отбортовке края осесимметричной оболочки при переменной толщине стенки // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематичний збірник наукових праць. - Краматорськ-Слов'янськ: ДДМА -2004. -С.252-257.

Сдано в редакцию 28.05.07

МИНИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА С УЧЕТОМ ИХ НАДЕЖНОСТИ

Максетенко В.Ю., Монастырский С.В., Кирия Р.В.
(ИГТМ НАНУ, Днепрпетровск, Украина)

In work results of minimization of operational expenses for maintenance in an efficient condition of loading devices in view of influence of causal relationships-logic (structural reliability) on their reliability are presented. It is established, that operational expenses essentially depend on factor of technical perfection of technical devices which values are influenced with conditions of operation. Laws of change of deterioration of a trench of the loading device and term of its service from speed of movement are analytically established and checked up experimentally.

Вопросы оптимизации параметров загрузочных устройств подробно изложены в [1]. Приведены основные критерии определения работоспособности загрузочных устройств (уравнения цели по производительности, силе взаимодействия груза с лентой, углу загрузки груза на ленту, геометрическим параметрам) и ограничения области варьируемых параметров. Решение задачи оптимизации загрузочных устройств выполнено методом случайного поиска наилучших решений, позволяющим с минимальными затратами определить множество Парето. Однако, выполненные исследования не учитывают структурной надежности загрузочного устройства и износа желоба под действием насыпного груза. Причинно-логические связи между элементами загрузочных устройств (структурная схема) выбираются с учетом их важности для работоспособности ленточного конвейера (без резервирования, с резервированием, с переключением и другие). При этом для оптимизации структурной схемы (количество