



УДК 623.438:539.3

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВ В СИСТЕМЕ “ПУАНСОН - МАТРИЦА – ЗАГОТОВКА”

Демина Н.А., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.(0619)42-13-56

Аннотация - исследованы конструкции элементов технологических систем, условия их нагружения и сопряжения. Рассмотрен отчасти вопрос баланса перемещений и напряжений в зоне разделения листового материала.

Ключевые слова — технологические системы, напряженно-деформированное состояние, напряжения, деформации, штампы, матрицы, пуансоны, пуансон-матрицы, штампуемый материал.

Постановка проблемы. Для получения широкой номенклатуры выпускаемых изделий используют процесс листовой штамповки[1]. Прочностные и жесткостные характеристики штамповой оснастки самым непосредственным образом влияют на точность изготовления и качество поверхности штампуемых деталей. Кроме того, работоспособность и стойкость инструмента, в первую очередь режущих штампов (одним из видов листовой штамповки является вырубка-пробивка), зависит от их напряженно-деформированного состояния (НДС). Поэтому важной и актуальной является задача определения НДС в элементах штампа с целью обеспечения работоспособности, надежности и долговечности, а также с целью обоснованного выбора рациональных конструктивных и технологических параметров элементов разделительных штампов (РШ).

Анализ последних исследований. Анализ конструкций, технологических параметров и условий эксплуатации элементов штамповой оснастки позволяет сделать вывод, что наиболее нагруженными и ответственными элементами штампов являются матрицы, пуансон-матрицы, пуансоны и плиты. Данные элементы представляют собой сложные конструкции, в состав которых входят

тела вращения, пластины, стержневые конструкции и массивные тела[3]. Для оперативного анализа НДС матриц, пуансон-матриц как элементов единой системы "режущий инструмент - заготовка" проводилась серия многовариантных численных расчетов с варьированием различных параметров и конструктивных схем исполнения инструмента, свойств и толщины штампуемого материала[3-7]. Для определения НДС элементов штампов применялся метод конечных элементов[8].

Матрица. Подробно методика проведения данного исследования приведена в работе[2]. Там же решена задача определения зависимости НДС матриц РШ от их конструктивных параметров и, в частности, от толщины стенки. Кроме указанной, также решена задача анализа жесткостных параметров матриц при варьировании их высоты[9].
Пуансон-матрица. В процессе исследования НДС пуансон-матриц установлено, что характер приложения нагрузки к верхнему торцу существенно влияет на характер распределения и абсолютные значения максимальных перемещений и напряжений, возникающих в зонах режущих кромок[4]. Это соответствует результатам, полученным в[2].

Формулировка целей статьи. Целью данной статьи является определение вклада перемещений и оценка уровней напряжений точек пуансона разделительного штампа в общий баланс перемещений и напряжений режущих элементов РШ в межкромочной зоне.

Основная часть. При моделировании процесса листовой штамповки одним из актуальных вопросов является исследование баланса перемещений и уровней напряжений в области режущих кромок элементов штамповой оснастки. Учитывая, что в процессе деформирования кромок режущего инструмента происходит изменение номинального зазора, то соответственно и меняются условия разделения материала.

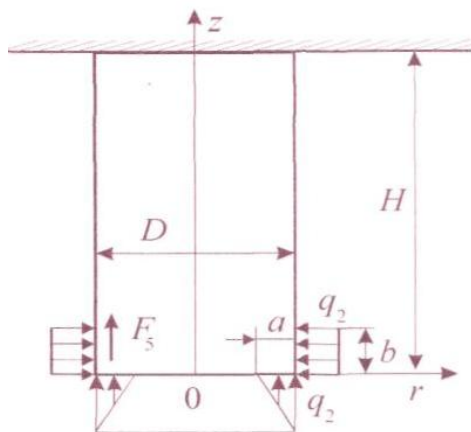


Рис. 1. Расчетная схема пуансона штампа

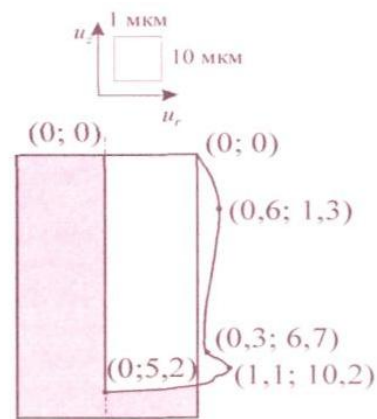


Рис.2. Картина деформирования пуансона

Пуансон. Анализ НДС пуансонов, расчетная схема которых представлена на рис.1, показывает полное соответствие полученных картин и величин напряжений и перемещений результатам, описанным в [2]. Происходит чувствительное изменение размеров и формы пуансона в районе режущей кромки (рис.2). При этом напряжения локализируются в основном также в зоне режущей кромки (рис.3).

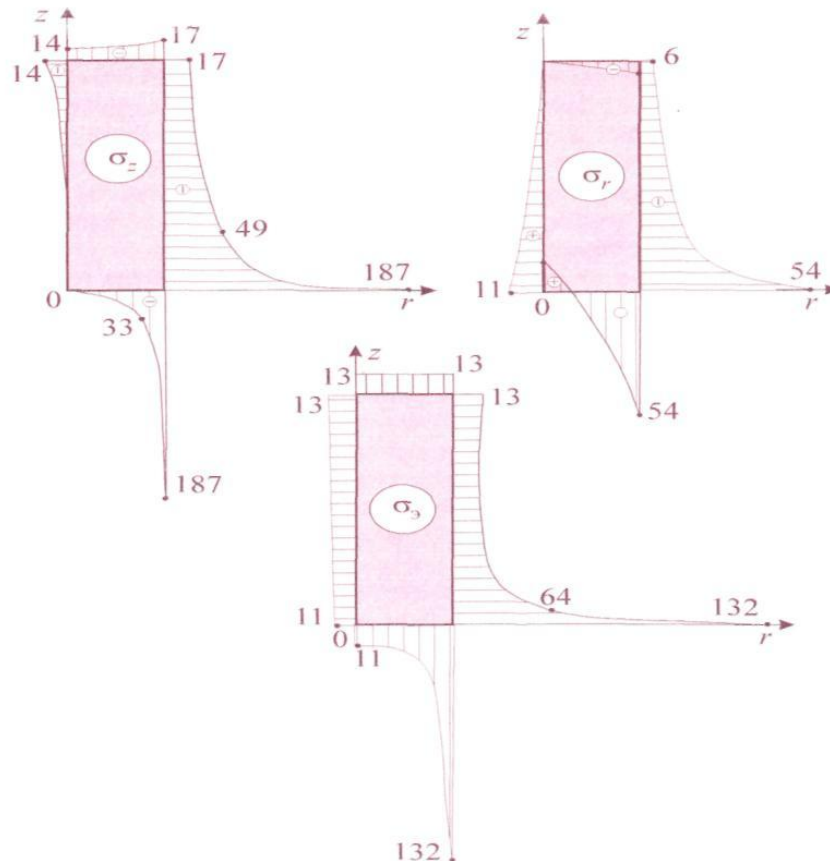


Рис.3. Распределение компонент тензора напряжений и эквивалентных напряжений (по Мизесу) в пуансоне.

Анализ результатов расчетов на жесткость вырубных матриц, пуансонов и пуансон-матриц с учетом характера деформирования пуансонов показывает, что при определенных усилиях штамповки и конструктивных параметрах режущего инструмента в процессе вырубки деталей за счет радиальных перемещений режущих кромок изменяется назначенный конструктором рабочий зазор.

Так, например, при вырубке шайбы из стали 50ХГ ($\sigma_{cp} = 1200$ МПа) толщиной 4 мм с наружным диаметром 80 мм и внутренним 60 мм радиальное сближение режущих кромок между матрицей и пуансон-матрицей составит около 65 мкм, т. е. 20% величины одностороннего номинального зазора для данного случая, что изменит требуемую точность вырубки и ухудшит качество поверхности среза

шайбы. Зазор между пуансоном и пуансон-матрицей увеличится на 7 мкм, т.е. на 2 % номинального значения.

Таким образом, при проектировании рабочего инструмента следует рассчитать его прочность и жесткость, определить величины радиальных смещений режущих кромок и скорректировать величину номинального зазора.

Комплексное исследование НДС рабочих элементов специализированных штампов (СШ) позволяет получить картины распределения напряжений и перемещений, что дает возможность оценить прочность и жесткость данных элементов для различных сочетаний конструктивных параметров. Важной особенностью НДС матриц, пуансонов и пуансон-матриц СШ является наличие трех характерных зон:

I - область непосредственной окрестности режущих кромок (характерный размер области примерно равен толщине штампуемого материала). Для нее характерно напряженное состояние всестороннего сжатия, наблюдается резкий всплеск всех компонент тензора напряжений и эквивалентных напряжений. При этом величина напряжений не зависит ни от конструктивных параметров матриц, пуансон-матриц и пуансонов СШ, ни от толщины штампуемого материала, а определяется величиной σ_{cp} и прямо ей пропорциональна. Для деформированного состояния этой области свойственно наличие резких градиентов перемещений.

II - область, отстоящая от режущих кромок на удалении, превышающем толщину штампуемого материала, но меньше толщины стенки матрицы, пуансон-матрицы или половины толщины пуансона, является переходной, в которой происходит сопряжение характерных для областей I и III законов распределения напряжений и деформаций точек матриц, пуансонов и пуансон-матриц.

III - область, отстоящая от режущих кромок на расстояние, превышающее толщину стенки матрицы, пуансон-матрицы или половины толщины пуансона, напряженно-деформированное состояние которой определяется интегральными силовыми факторами, действующими на режущих кромках, в результате чего возникает сложное НДС, характер которого зависит от соотношения конструктивных параметров исследуемых элементов СШ. В пуансонах преобладает картина осевого сжатия, в матрицах и пуансон-матрицах - сжатия и изгиба (при этом уровень напряжений находится в линейной зависимости от величины усилия штамповки).

Принятая в расчетах схема нагружения штампуемого материала (рис.4.), строго говоря, экспериментально обоснована для конечного этапа процесса штамповки, т.е. при наличии в заготовке развитых пластических деформаций. В то же время задача решалась в

упругой постановке, что предполагает соотношение полученных результатов к начальной стадии процесса вырубki-пробивки. Однако качественная картина деформирования штампуемого материала может быть изучена на основе анализа этих результатов, поскольку соотношение жесткостей пуансонов, матриц и пуансон-матриц - с одной стороны, и штампуемого материала - с другой, в направлении штамповки позволяет моделировать, в данном случае, элементы СШ жесткими телами, а заготовку - податливым тонкостенным упругим телом. Как показывают исследования [2], закон распределения контактных давлений при этом аналогичен принятому в описанных выше расчетах.

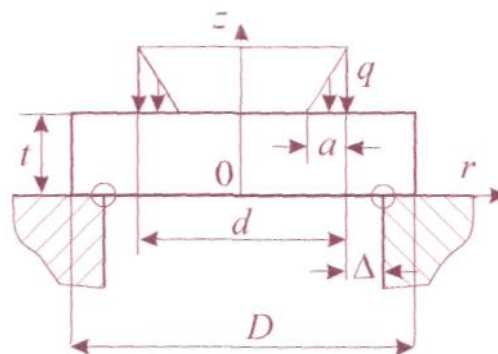


Рис. 4. Расчетная схема пуансона штампа.

В зоне разделения материала в заготовке доминируют напряжения смятия и среза, а в средней ее части - напряжения изгиба. С уменьшением толщины штампуемого материала напряжения от изгиба растут. Таким образом, в тонких деталях пластические деформации в первую очередь возникают в средней части, в толстых - в зоне разделения материала. Деление заготовок по толщине условно, и граница между ними зависит от габаритов в плане.

Выводы. Отмеченные особенности НДС матриц, пуансон-матриц, пуансонов СШ и штампуемого материала позволяет сделать следующие выводы.

1. Максимальные напряжения в пуансонах, матрицах и пуансон-матрицах наблюдается в окрестности режущих кромок и не зависят от габаритов и толщины штампуемого материала. В остальной части данных элементов СШ напряжения существенно ниже. Следовательно, при определении их геометрических размеров применим подход, в основу которого положены конструктивные и технологические соображения. Ограничения по прочности начинают сказываться и при характерном размере в плане матриц, пуансон-матриц, пуансонов порядка $2,5$ толщины штампуемого материала.

2. Максимальные и эквивалентные напряжения в рабочих элементах СШ представим в виде: $|\sigma| = k_s \sigma_{cp}$, где k_s - коэффициент (s - соответствующий индекс). Для исследованных элементов максимальные значения данного коэффициента следующие: для пуансона – $k_z \sigma \approx 1,9$, $k_{экв} \approx 1,4$; для пуансон-матрицы - $k_z \approx 4,1$, $k_r \approx 1,9$, $k_{экв} \approx 3,0$; для матрицы - $k_z \approx 4,5$, $k_r \approx 2,3$, $k_{экв} \approx 4,2$. Таким образом, эквивалентные напряжения превышают σ_{cp} в пуансонах примерно в 2 раза, в пуансон-матрицах - в 3 раза, а в матрицах - в 4 раза. Соответственно наиболее жесткие требования к механическим характеристикам материала и режим термообработки необходимо предъявить при изготовлении матриц.

3. Изменение зазора между матрицей, пуансон-матрицей и пуансоном вследствие их деформации под действием усилия штамповки достигает для исследованных элементов 10 мкм, в связи с чем этот параметр необходимо учитывать (особенно при без зазорной и штамповке с малым зазором).

4. При вырубке тонколистового материала с большим зазором между матрицей и пуансоном получаемые детали могут приобретать остаточные деформации, вызываемые образованием упругих пластических деформаций в средней части детали, что приводит к отклонению от плоской формы (описанный эффект уменьшается при уменьшении зазора).

Литература

1. *Скворцов Г.Д.* Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1972. - 360 с.

2. *Заярненко Е.И.* Разработка математических моделей и расчеты на прочность разделительных переналаживаемых штампов - Дисс. докт. техн. наук. - Харьков, 1992. - 280 с.

Зльвов Г.И., Ткачук Н.А. Моделирование и анализ элементов технологических систем листовой штамповки // Мехашка та машинобудування. - 1997.- № 1.- С.34-39.

4.*Гоголь Н.А., Назарова О.В., Ткачук А.В., Кохановская О.В.* К задаче формирования расчетных элементов технологических систем листовой штамповки // Вестник НТУ "ХПИ". Тем. вып.: "Динамика и прочность машин". - Харьков: НТУ „ХПИ”. - 2005. - № 47. - С.50-60.

5.*Ткачук Н.А., Гриценко Г.Д., Липовецкий Л.С., Глуценко Э.В., Гоголь Н.А.* Методика экспериментального исследования элементов механических систем методом голографической интерферометрии // Механша та машинобудування. - Харьков: НТУ „ХПИ”. - 2005. - № 1.- С.88-99.

6.*Демина Н.А.* Влияние конструктивных и технологических параметров на напряженно-деформированное состояние матриц

штампов холоднолистовой штамповки // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем.:вып.: „Машиноведение и САПР” - Харьков: НТУ „ХПИ”. - 2005. - № 60.-С.68-76.

7.Демина Н.А. К вопросу моделирования напряженно-деформированного состояния элементов штамповой оснастки // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: „Машиноведение и САПР” - Харьков: НТУ „ХПИ”. - 2006. - № 24. - С.75-83.

8.Стренг Э., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. - М.: Мир, 1977.- 349 с.

9.Демина Н.А., Ткачук А.В., Пеклич М.М., Подобедов В.В. К вопросу о влиянии высоты матрицы штампа для вырубки-пробивки на ее деформированное состояние // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: „Машиноведение и САПР” - Харьков: НТУ „ХПИ”. -2006. - № 33. - С.28-33.

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РІЖУЧИХ ЄЛЕМЕНТІВ ШТАМПІВ "ПУАНСОН-МАТРИЦЯ-ЗАГОТОВКА"

Демина Н.О.

Анотація

Досліджені конструктивні елементи технологічних систем, умови їх навантаження і спряження. Частково розглянуто питання балансу переміщень у зоні розподілу листового матеріалу.

TO QUESTION STUDY OF THE STRESSED-DEFORMED STATE ELEMENTS OF STAMP IN SYSTEM «PUNCHES - MATRIX – BLANKS».

N. Demina

Summary

The study design elements of technological systems, their conditions of loading and conjugation. The partial question of moving and stress balance is considered in the area of division of sheet material.