



- 1 – верхня плита штампу;
- 2 – напрямні колонки з втулками;
- 3 – пуансон;
- 4 – дистанцер;
- 5 – матриця;
- 6 – нижня плита штампу

Рисунок 3 – Схема штампу з дистанцером між елементами штампу

Другий варіант більш прийнятний із-за його універсальності та легкості використання його в штампі при низькій металоємності у порівнянні з дистанцерами між елементами преса.

Отже, одним із способів отримати точну заготованку та звузити інтервал варіювання її об'єму, а значить, і висотного розміру на звичайному пресі є підвищення жорсткості пресу шляхом використання дистанцерів.

Список використаних джерел: 1. Соловцов С.С. Безотходная разрезка сортового проката в штампах. – М.: Машиностроение, 1985. – 176 с. 2. Патент №1386347 В21 J13/02. Выдан 07.04.88, заявка – 11.06.86. В.А. Евстратов, В.И. Рудь, О.М. Иванов, М.М. Шевченко, А.И. Ткаченко, А.А. Донец. Матрица для объемного деформирования. 3. Л.И. Живов, А.Г. Овчинников, Е.Н. Складчиков. Кузнечно-штамповочное производство. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 560 с.

УДК 621.98.044.001.24

ДРАГОБЕЦКИЙ В.В., докт. техн. наук, проф., КНТУ, г. Кременчуг
МОРОЗ Н.Н., канд. техн. наук, доцент, КНТУ, г. Кременчуг
САВЕЛОВ Д.В., канд. техн. наук, доцент, КНТУ, г. Кременчуг
НАУМОВА Е.А., инженер, КНТУ, г. Кременчуг

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИДЕАЛЬНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Розглянуто поняття ідеального пластичного процесу. Запропоновано критерії мінімізації параметрів і цільова функція. Представлено загальний підхід до визначення параметрів зовнішнього навантаження для забезпечення однорідності деформацій і швидкостей деформацій. Надано практичні рекомендації зі знаходження оптимальних навантажень.

Ключові слова: навантаження, деформація мінімізація, ідеальний пластичний процес

Рассмотрено понятие идеального пластического процесса. Предложены критерии минимизации параметров и целевая функция. Представлен общий подход к определению параметров внешне-

го нагружения для обеспечения однородности деформаций и скоростей деформаций. Даны практические рекомендации по нахождению оптимальных нагрузок.

Ключевые слова: нагружение, деформация минимизация, идеальный пластический процесс

The concept of ideal plastic process is considered. The criteria of minimization of parameters and efficiency function are offered. The general approach to defining parameters external loading for maintenance of uniformity of deformations and quickness deformations are submitted. The practical recommendations for a finding of optimum loadings are given.

Key words: loading, deformation, minimization, ideal plastic process.

Проектирование и разработка процессов обработки металлов давлением неразрывно связано с учетом большого количества факторов сложными, разнообразными явлениями, сопровождающими процесс пластического формоизменения. При этом часто возникает задача выбора среди множества вариантов наиболее рационального по некоторому критерию. Основная цель любого технологического процесса, как правило, связана с обеспечением заданных характеристик качества и эксплуатационной надежности получаемых деталей наиболее производительным путем при минимальных затратах.

Основными критериями оптимальности являются критерии максимальной производительности и минимальной себестоимости. В зависимости от вида и уровня оптимизации процесса формоизменения могут быть использованы и критерии, объединенные в группы экономических, технико-экономических, технологических и эксплуатационных. Оптимизация параметров процесса формоизменения неразрывно связана с оптимизацией и совершенствованием параметров технологической оснастки, оборудования, смазочных материалов и вспомогательных операций. Непосредственно в процессах пластической деформации листовых заготовок используют в качестве критериев оптимизации следующие: минимизацию целевой функции, выражающей изменение разностенности (разнотолщинности) поперечных сечений готовой детали; минимизацию целевой функции, представляющую собой кубический корень из суммы кубов пиков контактных напряжений, т.е. минимизация уровня контактных напряжений; комплексные критерии: качества, максимальной производительности, минимальных технологических затрат и др.

Упомянутые ранее критерии оптимизации в какой-то мере носят субъективный характер и целесообразность их использования может быть оспорена. Разрешить эти разногласия можно, если использовать в качестве оптимального процесса пластического деформирования идеальный пластический процесс. Понятие идеального пластического процесса введено С.И.Губкиным и получило дальнейшее развития в работах В.И.Ершова, Г.Д.Деся, В.А.Огородникова, В.М.Михалевич [1,3] и др.

Под идеальным пластическим процессом понимается процесс, при котором внешнее нагружение во всем очаге деформации создает однородное деформированное и скоростное состояние. В таком процессе при минимальных затратах степень деформации достигаемая за один переход максимальна.

Данное исследование связано непосредственно с процессом формоизменения и целью его является максимальное приближение к идеальному пластическому процессу.

Внешнее нагружение необходимое для изготовления детали нужной конфигурации задается в виде параметра нагружения $P_{nj}(x_i, y_i, z_i)$, который определяется из картины распределения деформаций и скоростей деформаций. Деформации удобно задавать в виде таблицы, где $\varepsilon_{1i}, \varepsilon_{2j}, \varepsilon_{3k}, \dot{\varepsilon}_{1i}, \dot{\varepsilon}_{2j}, \dot{\varepsilon}_{3k}$ - значения деформаций и скоростей деформаций в узлах заготовки в декартовой системе координат x_i, y_i, z_i .

Реализуемое в конкретных производственных условиях значение параметра внешнего нагружения обозначим

$$P_{pj}(x_j, y_j, z_j, \varepsilon_{1i}^p, \varepsilon_{2j}^p, \varepsilon_{3k}^p, \dot{\varepsilon}_{1i}^p, \dot{\varepsilon}_{2j}^p, \dot{\varepsilon}_{3k}^p) \quad (1)$$

Оптимизацию процесса пластического формоизменения производим путем минимизации функционала F , представляющего отличие между реализуемым и требуемым значениями параметров внешнего нагружения. В качестве функционала, как правило, выбирается квадратный функционал вида

$$F = \sum_j (P_{nj} - P_{pj})^2 \quad (2)$$

Перед началом процедуры минимизации функционала (2) необходимо выполнить расчет деформированного состояния заготовки. Полученное поле деформаций и скоростей деформаций сравнивается с полем деформаций и скоростей идеального пластического процесса.

В общем случае необходимо минимизировать целевые функции вида

$$\Delta \bar{\varepsilon}_{ii} = \frac{(\varepsilon_{ii})_{\max} - (\varepsilon_{ii})_{\min}}{(\varepsilon_{ii})_{\text{cp}}}; \quad (3)$$

$$\Delta \bar{\dot{\varepsilon}}_{ii} = \frac{(\dot{\varepsilon}_{ii})_{\max} - (\dot{\varepsilon}_{ii})_{\min}}{(\dot{\varepsilon}_{ii})_{\text{cp}}}, \quad (4)$$

где $(\varepsilon_{ii})_{\max}, (\varepsilon_{ii})_{\min}, (\varepsilon)_{\text{cp}}, (\dot{\varepsilon}_{ii})_{\max}, (\dot{\varepsilon}_{ii})_{\min}, (\dot{\varepsilon}_{ii})_{\text{cp}}$ - максимальные, минимальные и среднее значения деформаций и скоростей деформаций по трем направлениям.

Потребная внешняя нагрузка находится путем решения обратной задачи пластического деформирования. Т.е. в результате расчета идеального процесса формоизменения необходимо получить распределение $P(x_i)$, характеризующее распределение потребного силового параметра. Возникает необходимость минимизации функционала на семействе кривых $F = F[P(x_i, t)]$, где t - время процесса деформирования. Направление поиска осуществляется градиентным методом по $P(x_i, t)$. Производные $F(P(x_i, t))$ по $P(x_i, t)$ определяется численно при многократном просчете задачи деформирования.

Расчет оптимальной внешней нагрузки производится в следующем порядке. На первом этапе задаем поле силового воздействия на заготовку. Силовое воздействие принимаем исходя из имеющегося на предприятии оборудования и штампового оснащения. При использовании численного метода расчета, например, метода конечных разностей начальное силовое воздействие, приложенное к заготовке записывается в виде:

$$P_o = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^K P_{mni}, \quad (5)$$

где P_{mni} - приведенная к узлу mni сетки срединной поверхности заготовки внешняя сила.

Прикладывая начальное силовое воздействие P_o к деформируемой заготовке, определяем ее деформируемое состояние до момента оформления заданной конфигурации по методу конечных разностей. Располагая полем деформаций и скоростей деформаций определяем значение целевых функций. Теперь задача определения оптимального внешнего нагружения сводится к нахождению минимума функционала (5) и минимума целевой функции. На последующих этапах расчета вместо минимума целевой функции можно использовать квадратичный функционал Гаусса, представляющий собой выражение вида

$$\varepsilon(P_k) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M (\varepsilon_{imn}^n - \varepsilon_{imn}^p)^2, \quad (6)$$

где $\varepsilon_{imn}^n, \varepsilon_{imn}^p$ - интенсивность деформаций для идеального и располагаемого процессов пластического деформирования.

При минимизации функционалов используем метод вторых производных (метод Ньютона) [3].

Значительно сократить количество вариантов расчета процесса деформирования можно существенно снизить, если выразить поле деформаций через параметр, связанный с внешней нагрузкой.

Практически реализовать идеальный процесс пластического деформирования возможно при нагружении очага деформаций некоторыми дополнительными видами внешних нагрузок (нормальных и касательных). Это достигается либо при штамповке с нагревом так называемая «температурная интенсификация», либо при совмещенных процессах («силовая интенсификация»). Менее эффективно для этих целей использовать оптимизацию формы заготовки и инструмента, улучшение смазочных материалов, оптимизация передаточной среды, штамповка с использованием ультразвуковых колебаний.

Например, при глубокой вытяжке с дифференцированным нагревом интенсивность скоростей деформаций определяется из выражения

$$\dot{\varepsilon}_i(\rho) = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{v_n r_d}{\rho^2}, \quad (7)$$

где ρ - радиус текущего участка фланца заготовки;

v_n - скорость вытяжки;

r_d - радиус детали.

Однородное поле скоростей деформации, обеспечивается в том случае, когда скорость пуансона квадратично зависит от текущего радиуса, т.е. $v_n = A\rho^2$.

Интенсивность деформаций [4] можно представить в виде

$$\dot{\varepsilon}_i(\rho) = \frac{2}{\sqrt{3}} \left(1 - \sqrt{\frac{\lambda^2}{r_d^2 - R_n^2 + \lambda^2}} \right), \quad (8)$$

где

$$\lambda = r_d \left[\exp \left(\frac{T_{вн} - T_o}{T_p - T_o} \right) \right] \left[\frac{\varepsilon_i(r_d)}{\varepsilon_i(\rho)} \right]^n \left[\frac{\dot{\varepsilon}_i(r_d)}{\dot{\varepsilon}_i(\rho)} \right]^m,$$

где R_n - радиус наружного края фланца;

$T_{вн}, T_o, T_p$ - температуры наружного, внутреннего края фланца и текущая.

Там же, приведены зависимости, позволяющие определить распределение температур, обеспечивающие однородность деформаций.

Таким образом, разработан метод расчета параметров внешнего нагружения, обеспечивающий идеальное протекание процесса пластического деформирования. Установлено, что в этом случае в качестве критерия оптимизации параметров нагружения необходимо использовать условия, обеспечивающие однородность поля деформации и скоростей деформаций. Наиболее рационально реализовать идеальный процесс пластического деформирования, используя «температурную и силовую интенсификацию процессов».

Список литературы: 1. Ершов В.И. Совершенствование формоизменяющих операций листовой штамповки/В.И.Ершов, В.И.Глазков, М.Ф.Каширин. – М.: Машиностроение, 1990. – 312 с. 2. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением/В.А.Огородников. – К.: Вища школа, 1983. – 175 с. 3. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование/Д.Химмельблау – М.: Мир, 1975. – 534 с. 4. Стеблюк В.И. Определение оптимального температурного поля при глубокой вытяжке с дифференцированным нагревом / В.И.Стеблюк, А.Г.Некрасов, И.Л.Семеренко – Кузнечно-штамповочное производство. № 11, 1989. – с. 32-34.

УДК 621.762

РЯБИЧЕВА Л.А., докт. техн. наук, проф., зав. кафедрой материаловедения Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, г. Луганск

ЛЮБЧИЧ К.В. аспирант, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Луганск

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ РАДИАЛЬНО-ПРЯМОМ ВЫДАВЛИВАНИИ ПОРОШКОВЫХ ЗАГОТОВОК

Рассмотрено напряженно-деформированное состояние при радиально-прямом выдавливании порошковой пористой заготовки при различном противодавлении. Получено уменьшение неравномерности деформаций и увеличение плотности с ростом противодавления.

Ключевые слова: выдавливание, напряжение, деформация, плотность.

Розглянуто напружено-деформований стан при радіально-прямому видавлюванні порошкової пористої заготовки при різному противотиску. Отримано зменшення нерівномірності деформацій і збільшення щільності з ростом противотиску.

Ключові слова: видавлювання, напруження, деформація, щільність.