

Определение физической точности формул для определения максимального напряжения на первой операции вытяжки

Бадулин Дмитрий Николаевич

Студент МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Демин Виктор Алексеевич

Профессор, доктор технических наук, академик Академии проблем механики РФ, Российской академии транспорта, Международной академии менеджмента и Академии проблем качества РФ.

(Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

Исследуется влияние физической и геометрической неоднородности заготовки на максимальные напряжения при вытяжке. На практике применяется большое количество формул для расчета максимальных напряжений при вытяжке, однако, при их использовании не учитывается физическая и геометрическая неоднородность заготовки. Поэтому, исследование влияния этих факторов на максимальные напряжения является актуальной задачей.

Примем как пример формулу для нахождения σ_{max}

$$\sigma_{max} = \sigma_s \left(\frac{s}{2r_m + s} + \frac{s}{4r_p + 2s} + \ln \frac{1}{m} + \frac{\mu \cdot Q}{\sigma_s \cdot \pi \cdot R \cdot s} \right) (1 + 1,6\mu), \quad (1)$$

учет влияния трения проводят по упрощенной методике. Более точной является формула (2)

$$\sigma_{max} = \sigma_s \left(\frac{s}{2r_m + s} + \frac{s}{4r_p + 2s} + \ln \frac{1}{m} + \frac{\mu \cdot Q}{\sigma_s \cdot \pi \cdot R \cdot s} \right) e^{\mu\alpha}, \quad (2)$$

где σ_s – временное сопротивление, s – толщина заготовки, r_m – радиус матрицы, r_p – радиус пуансона, R – радиус заготовки, r – радиус детали, Q – сила прижима, μ – коэффициент трения, m – коэффициент вытяжки, α – угол обхвата заготовкой матрицы.

Для определенности принимаем, что $\sigma_s = (250 \dots 390)$ Н/мм² по ГОСТ 9045-93 для стали 08 ВГ; $s = 2 \pm 0,11$ по ГОСТ 19904-90 при $s = 2$ и ширине проката свыше 1000 до 1500 мм включительно для листа нормальной точности; $\mu = (0,1 \dots 0,15)$; $r_m = 5$ мм; $r_p = 5$ мм (заданы конструктивно).

Рассмотрим точность формулы (1) по сравнению с формулой (2).

С помощью программы, написанной с помощью пакета MathCad, определим максимальную погрешность между «точной» формулой и ее «упрощенной» версией. Для этого некоторые переменные формулы (σ_s , s , μ) зададим в диапазоне, указанном в ГОСТ, с нормальным распределением. Средняя погрешность между формулами (1) и (2) составляет 1%, максимальная погрешность составляет 1,5%. Полученный результат позволяет сделать вывод о рациональности применения упрощенной формулы на практике для снижения трудоемкости расчетов.

Рассмотрим влияние разброса значений σ_s , s , μ на величину σ_{max} .

Влияние параметра s (толщина материала), выбирается в соответствии с ГОСТ 19904: дает разброс результатов в пределах 1%.

Влияние параметра σ_s (предел текучести материала), выбирается в соответствии с ГОСТ 9045: дает разброс результатов в пределах 18%.

Влияние параметра μ (коэффициент трения, определяемый применяемой смазкой): дает разброс результатов в пределах 3 %.

Также был произведен расчет, позволяющий определить диапазон значений максимального радиального напряжения в зависимости от коэффициента вытяжки $m = \frac{r_d}{R_z}$, где r_d - радиус детали, R_z - радиус заготовки.

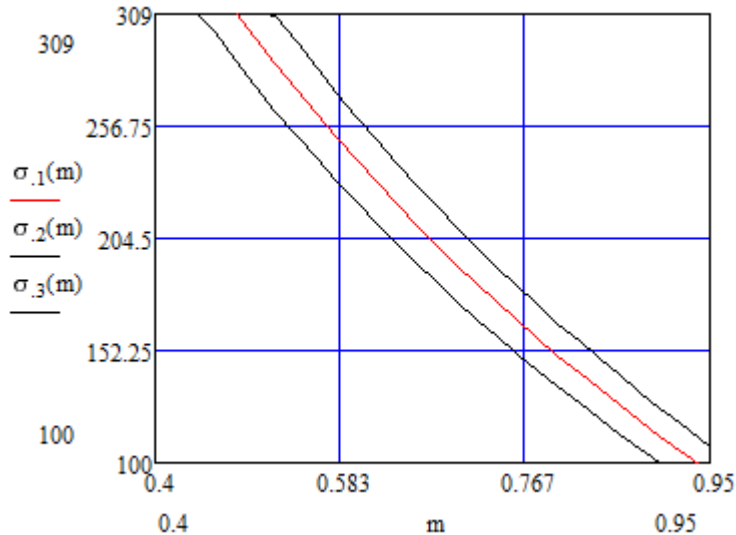


Рис.1. Красным цветом показан график, соответствующий математическому ожиданию. Черным показан диапазон значений, которые может принимать напряжение на практике

Разрушение заготовки (в частности, отрыв дна) происходит при достижении σ_{rmax} (максимального растягивающего напряжения) 310 Н/мм² (ГОСТ 9045-93). На данном графике наглядно показаны допустимые пределы коэффициента вытяжки m , при котором не наступает разрушения заготовки. Допустимым диапазоном для данного коэффициента является 0,46÷0,52. Наиболее вероятный предельный коэффициент вытяжки, при котором не наступает разрушение при заданных параметрах, является 0,5.

Выводы:

При проектировании технологического процесса следует обратить внимание в первую очередь на механические свойства материала, а именно на его предел текучести, т.к. данный фактор является определяющим и вносит существенный разброс в конечные результаты. При невозможности каким-либо образом повлиять на данный фактор, следует обратить свое внимание на качество смазки, т.к. данный фактор вносит весомый вклад в результаты. Изменение толщины материала не вносит решающего значения в расчеты. Максимально допустимый коэффициент вытяжки m будет напрямую зависеть от качества и точности металла, а также смазки, и будет варьироваться в зависимости данных факторов от 0,46 (для металла и смазки высокого качества) до 0,52 (для металла и смазки низкого качества). Рекомендуется считать предельным коэффициентом вытяжки $m=0.5$, т.к. в данный коэффициент включены необходимый запас прочности для заготовки, не позволяющий произойти разрушению.

Список использованной литературы.

1. Справочник по листовой штамповке: /Демин В.А., Львович К.Д., Маркин П.В. и др. – М.: МГИУ, 2011. – 177 с. ISBN 978-5-2760-1928-4.