

ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ЩАМПОВАНЕ С КОМБИНИРАНО „ИЗТИЧАНИЕ“

ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ЗАГОТОВОК ПРИ ШТАМПОВКЕ МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

DEFORMATION UNDER DIE FORGING WITH A SIMULTANEOUS "CURRENT"

проф. д.т.н. Генов Й.Г., доц. д-р Камбуров В.В., инж. Димитрова А.П.,
катедра Материалознание и технология на материалите,
Машинно-технологичен факултет, Технически Университет – София, България

Abstract: There is proposed a criterion and analytical basis for calculation and prediction of the critical length of the initial billet under die forging, at which begins simultaneous "current" of the metal in both directions. The simulation experiment was carried out using billets with the estimated critical and over critical length. There was obtained complete correspondence between analytical and experimentally simulated critical length of the billet. There was formulated a methodology for the design of technology for die forging with a simultaneous "current" for forgings with rotational form. Research results can be used for experimental verification of simulation experiments for die forging.

KEYWORDS: PLASTIC DEFORMATION, DIE FORGING WITH A SIMULTANEOUS "CURRENT", COORDINATE GRID METHOD

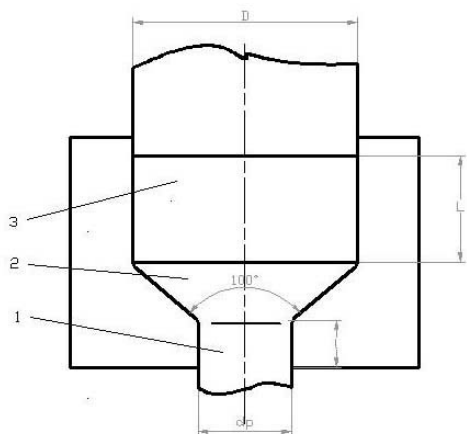
1. Въвод

Информацията за кинематиката на пластично формоизменение в условията на обемно щамповане с комбинирано „изтичане“ на метала е от фундаментално значение за проектиране на ефективни технологични процеси. Конкретно за схемата, предполагаща възможност за едновременно право и обратно изтичане, от съществено значение е установяването на момента за едновременно изтичане в двете посоки и условията, които обуславят.

В работата се излагат резултатите от изследване, проведено с цел установяване на критичното разстояние между челото на поансона и отвора на матрицата, при което възниква едновременно изтичане в право и обратно направления при формообразуване на ротационни изделия.

2. Теоретични основи

За схемата на обемно щамповане с право „изтичане“ (фиг. 1) налягането на деформиране се определя по зависимостта [1, 2]:



Фиг. 1 Схема на обемно щамповане с право „изтичане“

$$P_p = \sigma_{s2} \left(\frac{\mu_{s2}}{\sin \gamma} + \frac{2}{1 + \cos \gamma} \right) \ln \frac{F}{f} + \sigma_{s3} \frac{2L}{D} + \sigma_s \frac{4\mu_1 l}{d_p}, \quad (1)$$

където:

σ_{s2} - напрежението на провлачване на материала в зоната 2 на инструмента;

μ_{s2} - коефициента на триене в зоната 2 на инструмента;

F – площ на напречното сечение на заготовката (зона 3);

f – площ на напречното сечение на зона 1;

L – дължина на цилиндричната зона 3;

σ_{s3} - напрежението на провлачване на материала в зоната 3 на инструмента;

D – диаметър на зона 3;

σ_{s2} - напрежението на провлачване на материала в зоната 1 на инструмента;

l – дължина на зона 1;

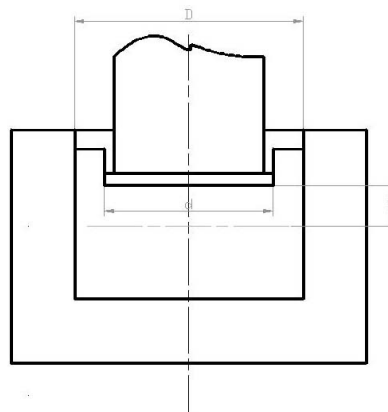
μ_1 - коефициент на триене в зона 1;

d_p – диаметър на отвора на матрицата в зона 1;

$$\frac{F}{f} = \frac{D^2}{d_p^2}.$$

При гореща пластична деформация $\sigma_{s2} = \sigma_{s3} = \sigma_s$ - напрежение на провлачване на материала при съответната температура; $\mu_{s2} = 0.5$; за т.нар. естествен ъгъл на изтичане $\mu_{s2} = 50^\circ$.

За схемата на обемно щамповане с обратно „изтичане“ (фиг.2) налягането на деформиране се пресмята по зависимостта:



Фиг. 2 Схема на обемно щамповане с обратно „изтичане“

$$P = 1.155 \sigma_s \left[1.5 + \frac{1}{1 - \frac{d^2}{D^2}} \ln \frac{D}{d} + \frac{2}{\sqrt{3 \frac{d}{D} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)}} \right], \quad (2)$$

където:

σ_s – напрежението на провлачване на материала;

D – диаметър на матрицата;

d – диаметър на поансона.

Формула (2) е валидна при h/D от израза

$$h = d \sqrt{\frac{1 - \frac{d}{D}}{3 \frac{d}{D} \left(1 + \frac{d}{D}\right)}}, \quad (3)$$

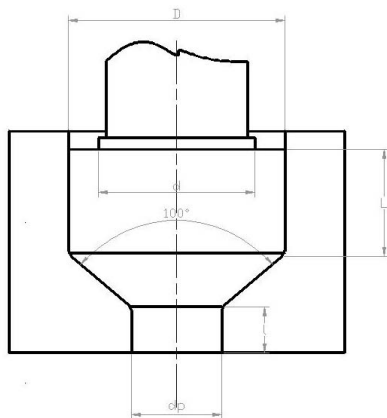
което означава, че изходната заготовка не може да бъде с дължина по малка от h .

Прави се предположението, че при възможност за комбинирано право и обратно „изтичане“ (фиг. 3), то настъпва когато P_p по формула (1) е равно на P по формула (2).

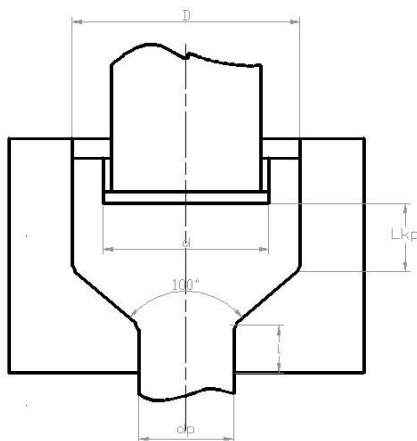
$$P_p = P, \quad (4)$$

като последният член на формула (1) отпада и тя добива вида:

$$P_p = \sigma_s \left(\frac{0.5}{\sin 50^\circ} + \frac{2}{1 + \cos 50^\circ} \right) \ln \frac{D}{d} + \sigma_s \frac{2L}{D}, \quad (5)$$



Фиг. 3 Схема при обемно шамповане с комбинирано „изтичане“



Фиг. 4 Схема на обемно шамповане с начало на комбинираното „изтичане“

Съгласно (4), (2) и (5) критичното разстояние $L_{кр}$ – между челото на поансона и началото на коничния отвор на матрицата (фиг. 4), при което настъпва едновременно право и обратно „изтичане“, се пресмята по формулата:

$$L_{кр} = \frac{D}{2} \left\{ 1.155 \left[1.5 + \frac{1}{1 - \frac{d^2}{D^2}} \ln \frac{D}{d} + \frac{2}{\sqrt{3 \frac{d}{D} \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)}} \right] - \left[\frac{0.5}{\sin 50^\circ} + \frac{2}{1 + \cos 50^\circ} \right] \ln \frac{D^2}{d_p^2} \right\} \quad (6)$$

3. Резултати и дискусия

Условията на проведения симулационен експеримент са:

- размери на инструмента (фиг. 3): - $D = 60$ мм; $d = 42$ мм; $d_p = 25$ мм.

- дължината на изходната заготовка L_i (фиг. 3) варира последователно, като заема стойности близко до и над определената съгласно формула (6) дължина на цилиндричната зона $L_{кр}$:

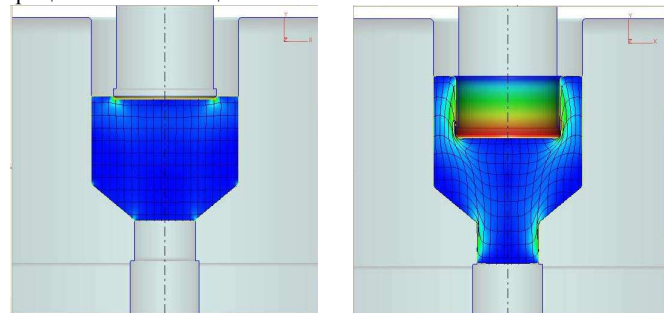
$L_1 = 35$ мм; $L_2 = 38$ мм; $L_3 = 40$ мм; $L_4 = 45$ мм; $L_5 = 50$ мм;

- материал на заготовката – AlCuMg2;

- температура на деформиране - 300°C ; - температура на инструмента - 100°C ; - коефициент на контактно триене $\mu=0.5$.

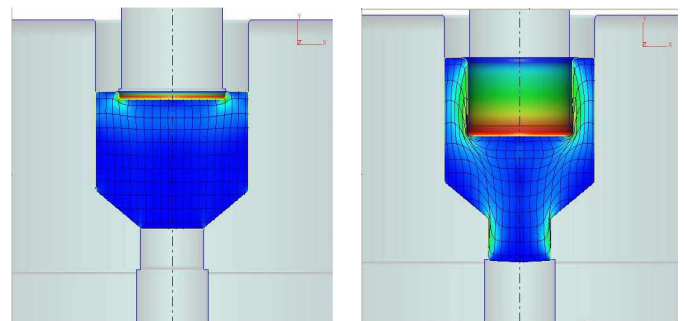
Чрез симулация на формоизменението на изходните заготовки с различна дължина L_i е определено разстоянието $L_{кр1}$ между челото на поансона и началото на коничната част на отвора на матрицата, при което настъпва едновременно право и обратно „изтичане“ на метала.

На фиг. 5 са показани кадри от формоизменение на изходна заготовка с дължина $L_1 = 35$ мм. Едновременното право и обратно „изтичане“ започва със стартирането на процеса на обемно шамповане.



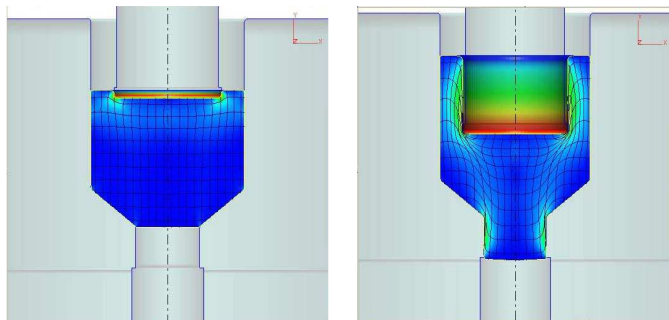
Начало на едновременното право и обратно „изтичане“ при $L_{кр1} = 35$ мм (веднага) и протичане на процеса

На фиг. 6 са показани кадри от формоизменение на изходна заготовка с дължина $L_2 = 38$ мм. Определената критична дължина на цилиндричната част $L_{кр2} = 35.9$ мм.



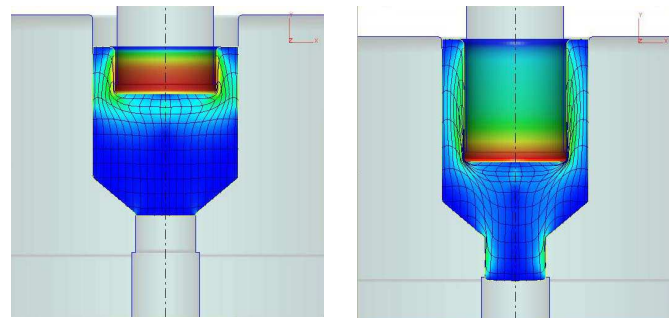
Фиг. 6 Начало на едновременното право и обратно „изтичане“ при $L_{кр1} = 35.9$ мм и следващо протичане на процеса

На фиг. 7 са показани кадри от формоизменение на изходна заготовка с дължина $L_3 = 40$ мм. Определената критична дължина на цилиндричната част $L_{кр3} = 37.8$ мм.



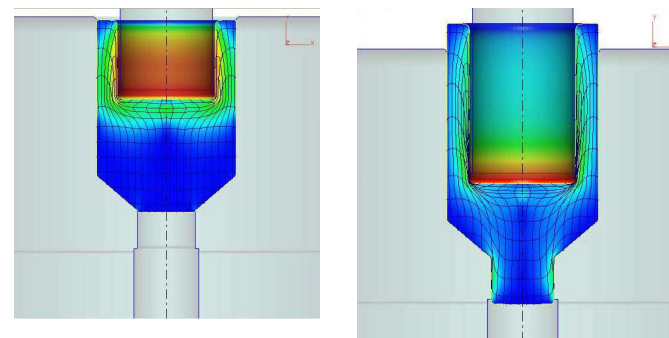
Фиг. 7 Начало на едновременното право и обратно „изтичане” при $L_{кр1} = 37.8$ мм и следващо протичане на процеса

На фиг. 8 са показани кадри от формоизменение на изходна заготовка с дължина е $L_4 = 45$ мм. Определената критична дължина на цилиндричната част $L_{кр4} = 35.7$ мм.



Фиг. 8 Начало на едновременното право и обратно „изтичане” при $L_{кр1} = 35.7$ мм и следващо протичане на процеса

На фиг. 9 са показани кадри от формоизменение на изходна заготовка с дължина $L_5 = 50$ мм. Определената критична дължина на цилиндричната част е $L_{кр5} = 32.7$ мм.



Фиг. 9 Начало на едновременното право и обратно „изтичане” при $L_{кр1} = 32.7$ мм и следващо протичане на процеса

Пресметнатата по формула (6) критична стойност на изходната заготовка за условията на експеримента, при която започва едновременното право и обратно „изтичане” на метала е $L_{кр} = 35.34$ мм.

4. Анализ на резултатите

Резултатите от симулацията с различни дължини на изходната заготовка, съответстващи на определената теоретично стойност $L_{кр}$, показват, че могат да бъдат представени със следните изводи.

При начална дължина на заготовката от $L_1 = 35$ мм под теоретично определената критична стойност на разстоянието между челото на поансона и началото на отвора на матрицата $L_{кр}$ (фиг. 3б), експериментално определената $L_{кр1}$ е 35.0 мм, т.е. едновременното „изтичане” започва със стартирането на процеса на обемно шамповане.

При начална дължина на заготовката от $L_2 = 38$ мм е установена $L_{кр2} = 35.9$ мм. Отклонението от теоретично изчислената стойност на $L_{кр}$ е 1.7%.

При начална дължина на заготовката от $L_3 = 40$ мм е установена $L_{кр3} = 37.8$ мм. Отклонението от теоретично изчислената стойност на $L_{кр}$ е 6.4%.

При начална дължина на заготовката от $L_4 = 45$ мм е установена $L_{кр4} = 35.7$ мм. Отклонението от теоретично изчислената стойност на $L_{кр}$ е 1.0%.

При начална дължина на заготовката от $L_5 = 50$ мм е установена $L_{кр5} = 32.7$ мм. Отклонението от теоретично изчислената стойност на $L_{кр}$ е -7.0%.

При използване на дължини на изходната заготовка по-големи от теоретично изчислената $L_{кр} = 35.34$ мм ($L_2 = 38$ мм; $L_3 = 40$ мм; $L_4 = 45$ мм; $L_5 = 50$ мм) формоизменението се характеризира с първоначално обратно „изтичане” и последващо при $L_1 = L_{кр}$ едновременно право и обратно „изтичане” на метала. Наблюдаваната картина е в съответствие с аналитично определените условия за кинематиката на деформиране. Съгласно източниците [1] и [2] при дължини на заготовката по-голяма от $L_{кр}$, налягането за деформиране при право изтичане е по-голямо от това за обратно изтичане и следователно приоритетно е обратното „изтичане” на метала.

5. Заключение

Верифицирано е предположението, че прогнозирането на кинематиката на формоизменение в условията на обемно шамповане с комбинирано „изтичане” може да се осъществи чрез съпоставяне на стойностите на аналитично определените налягания за право и обратно „изтичане” на метала.

Установена е възможността за аналитично прогнозиране на дължината на изходната заготовка, осигуряваща започването на едновременно право и обратно „изтичане” на метала при обемни шамповане с комбинирано изтичане на ротационни тела.

Установена е възможността за прогнозиране (с точност до 7% за по-големи начални дължини) на разстоянието между челото на поансона и началото на конуса на матрицата при започване на едновременното право и обратно „изтичане” с използване на заготовки с дължина по-голяма от тази, която осигурява едновременно „изтичане” в двете посоки.

Авторите благодарят за оказаната финансовата подкрепа, осъществена чрез договор №091ни054-05/2009 на НИС към Технически Университет – София.

6. Литература

1. Сторожев М.В., Е.А. Попов, Теория обработки металлов давлением, М. Машиностроение, 1977, с. 424;
2. Сборник „Ковка и штамповка”, т.2., М. Машиностроение, 1986, с. 592;
3. Овчинников А.Г., Основы теории штамповки выдавливанием на прессах, М. Машиностроение, 1983, с. 200.