

НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ОСАДКЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА

Равномерной называется пластическая деформация, показатели которой не зависят от координат. Из этого определения следует, что интенсивность деформации ϵ_i тоже не зависит от координат, остается постоянной по всему объему деформируемого тела. Пример равномерной деформации - осадка цилиндрической заготовки на плоских бойках при отсутствии трения. Однако большинство процессов обработки металлов давлением характеризуется крайней неравномерностью деформации. Ее причины определяются действием геометрических и физических факторов.

Геометрические факторы проявляются в следствие несоответствия формы обрабатываемой заготовки форме инструмента. Поэтому абсолютная и относительная деформация в различных вертикальных сечениях цилиндра не одинакова.

Влияние физических факторов рассмотрим на примере осадки цилиндрической заготовки на плоских бойках (рис. 1).

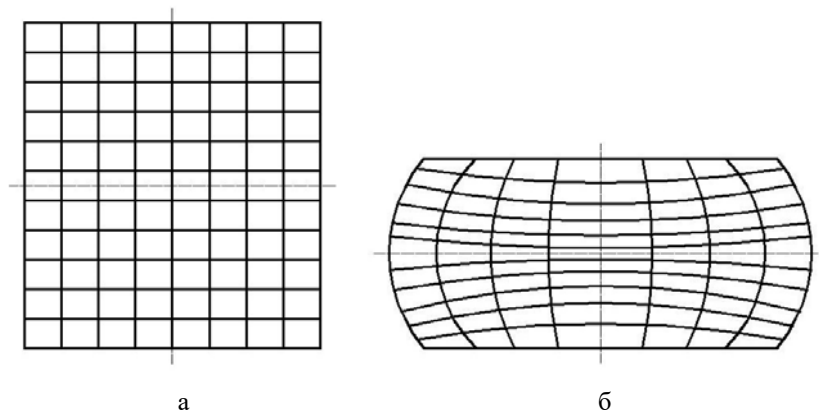


Рисунок 1 – Исходный образец до осадки (а) и образец после осадки (б)

Форма заготовки соответствует форме инструмента, все сечения заготовки получают одинаковые абсолютные и относительные деформации $\epsilon_H = \Delta h/h_0$. Но опыт показывает, что деформация распределяется далеко неравномерно: вблизи торцов локальная относительная деформация намного меньше средней по объёму ϵ_{cp} , а в средней части заготовки, наоборот, она значительно превосходит ϵ_{cp} (рис. 1). Это объясняется следующим. При деформации без нагрева трение на контактных поверхностях изменяет схему напряженного состояния заготовки и затрудняет переход в первое предельное состояние

приконтактных слоев. При деформации с нагревом сказывается подстуживание торцов.

Количественная оценка неравномерности деформации

Сложность механизма деформации при выполнении операций обработки металлов давлением затрудняет количественную оценку неравномерности деформации, которая основана обычно на одном из экспериментальных методов.

Наиболее распространенным показателем является коэффициент неравномерности деформации:

$$K_H = \frac{\epsilon_z}{\epsilon_{cp}},$$

где ϵ_z - относительная локальная деформация, %.

$$\epsilon_z = \frac{h_0 - h_j}{h_0} \cdot 100,$$

где h_0 - база координатной сетки (исходная толщина слоя), мм; h_j - толщина слоя после деформации, мм;

ϵ_{cp} - относительная средняя деформация, %.

$$\epsilon_{cp} = \frac{H_0 - H_k}{H_0} \cdot 100,$$

где H_0 - общая начальная высота заготовки до осадки, мм; H_k - конечная высота заготовки после осадки, мм.

Коэффициент неравномерности деформации K_H изменяется по высоте заготовки: для области затрудненной деформации (сечения, прилежащие к торцам) $0 < K_H < 1$, а для области интенсивной деформации (средняя часть заготовки) $1 < K_H < 2$.

ЗАДАЧА

Составные свинцовые образцы набраны из одиннадцати дисков диаметром $d_0 = 60$ мм, толщиной $h_0 = 6$ мм каждый. Первый осажен на плоских несмазанных бойках, второй - на тех же смазанных бойках. После осадки их разъединили и измерили толщину каждого диска в центре h_j . Полученные результаты приведены в табл. 1, а также результаты расчетов ϵ_z и K_H .

Задачу выполнить в соответствии с вариантами, приведенными в табл. 2. Вычислить ϵ_z и K_H для каждого образца, построить графики зависимости $\epsilon_z(z)$ и $K_H(z)$ по аналогии с приведенными на рис. 2 и 3. Сделать выводы.

Таблица 1 – Исходные данные для расчетов (h_{j1} , h_{j2} , и z) и результаты выполнения расчетов (ε_{z1} , ε_{z2} , K_{H1} , K_{H2}) неравномерности деформации при осадке цилиндрических образцов

| № диска j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| h_{j1} , мм | 4,90 | 4,21 | 3,49 | 2,95 | 2,53 | 2,27 | 2,49 | 2,92 | 3,51 | 4,18 | 4,94 |
| h_{j2} , мм | 3,96 | 3,68 | 3,52 | 3,39 | 3,24 | 3,20 | 3,27 | 3,37 | 3,49 | 3,67 | 3,98 |
| ε_{z1} , % | 18,33 | 29,83 | 41,83 | 50,83 | 57,83 | 62,17 | 58,5 | 51,33 | 41,5 | 30,33 | 17,67 |
| ε_{z2} , % | 34,0 | 38,67 | 41,33 | 43,5 | 46,0 | 46,67 | 45,5 | 43,83 | 41,83 | 38,83 | 33,67 |
| K_{H1} | 0,438 | 0,713 | 1,0 | 1,215 | 1,382 | 1,486 | 1,398 | 1,227 | 0,992 | 0,725 | 0,422 |
| K_{H2} | 0,824 | 0,937 | 1,002 | 1,054 | 1,115 | 1,131 | 1,103 | 1,062 | 1,014 | 0,941 | 0,816 |
| z , мм | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 | 66 |

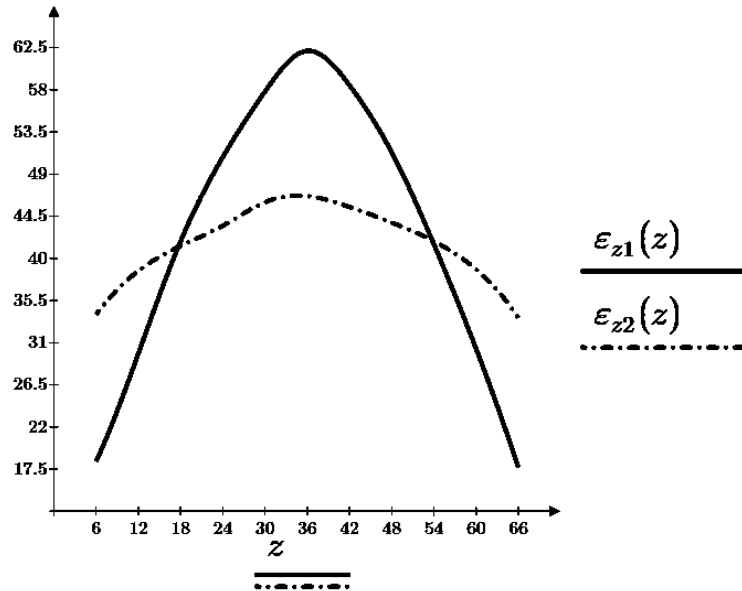


Рисунок 2 – Зависимость относительной локальной деформации ε_z , % для 1-го и 2-го образцов, осажённых без масла и с маслом, от высотной координаты z образца

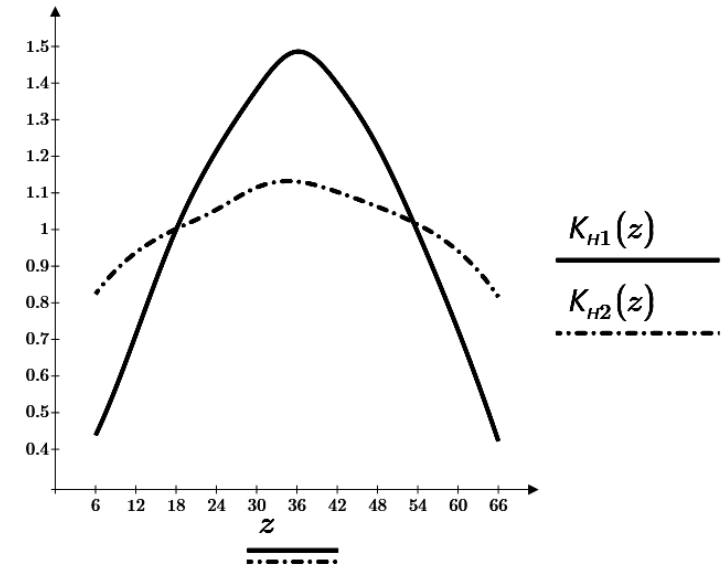


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента неравномерности деформации K_H для 1-го и 2-го образцов, осажённых без масла и с маслом, от высотной координаты z образца

Таблица 2 – Варианты выполнения индивидуального задания

| Вариант | h _{jo} , мм | h _{j1} , мм в соответствии с № диска j | | | | | | | | | | | h _{j2} , в соответствии с № диска j | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------------|-------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Пример | 6 | 4,90 | 4,21 | 3,49 | 2,95 | 2,53 | 2,27 | 2,49 | 2,92 | 3,51 | 4,18 | 4,94 | 3,96 | 3,68 | 3,52 | 3,39 | 3,24 | 3,20 | 3,27 | 3,37 | 3,49 | 3,67 | 3,98 |
| 1 | 6,1 | 5,00 | 4,31 | 3,59 | 3,05 | 2,63 | 2,37 | 2,59 | 3,02 | 3,61 | 4,28 | 5,04 | 4,06 | 3,78 | 3,62 | 3,49 | 3,34 | 3,30 | 3,37 | 3,47 | 3,59 | 3,77 | 4,08 |
| 2 | 6,2 | 5,10 | 4,41 | 3,69 | 3,15 | 2,73 | 2,47 | 2,69 | 3,12 | 3,71 | 4,38 | 5,14 | 4,16 | 3,88 | 3,72 | 3,59 | 3,44 | 3,40 | 3,47 | 3,57 | 3,69 | 3,87 | 4,18 |
| 3 | 6,3 | 5,20 | 4,51 | 3,79 | 3,25 | 2,83 | 2,57 | 2,79 | 3,22 | 3,81 | 4,48 | 5,24 | 4,26 | 3,98 | 3,82 | 3,69 | 3,54 | 3,50 | 3,57 | 3,67 | 3,79 | 3,97 | 4,28 |
| 4 | 6,4 | 5,30 | 4,61 | 3,89 | 3,35 | 2,93 | 2,67 | 2,89 | 3,32 | 3,91 | 4,58 | 5,34 | 4,36 | 4,08 | 3,92 | 3,79 | 3,64 | 3,60 | 3,67 | 3,77 | 3,89 | 4,07 | 4,38 |
| 5 | 6,5 | 5,40 | 4,71 | 3,99 | 3,45 | 3,03 | 2,77 | 2,99 | 3,42 | 4,01 | 4,68 | 5,44 | 4,46 | 4,18 | 4,02 | 3,89 | 3,74 | 3,70 | 3,77 | 3,87 | 3,99 | 4,17 | 4,48 |
| 6 | 6,6 | 5,50 | 4,81 | 4,09 | 3,55 | 3,13 | 2,87 | 3,09 | 3,52 | 4,11 | 4,78 | 5,54 | 4,56 | 4,28 | 4,12 | 3,99 | 3,84 | 3,80 | 3,87 | 3,97 | 4,09 | 4,27 | 4,58 |
| 7 | 6,7 | 5,60 | 4,91 | 4,19 | 3,65 | 3,23 | 2,97 | 3,19 | 3,62 | 4,21 | 4,88 | 5,64 | 4,66 | 4,38 | 4,22 | 4,09 | 3,94 | 3,90 | 3,97 | 4,07 | 4,19 | 4,37 | 4,68 |
| 8 | 6,8 | 5,70 | 5,01 | 4,29 | 3,75 | 3,33 | 3,07 | 3,29 | 3,72 | 4,31 | 4,98 | 5,74 | 4,76 | 4,48 | 4,32 | 4,19 | 4,04 | 4,00 | 4,07 | 4,17 | 4,29 | 4,47 | 4,78 |
| 9 | 6,9 | 5,80 | 5,11 | 4,39 | 3,85 | 3,43 | 3,17 | 3,39 | 3,82 | 4,41 | 5,08 | 5,84 | 4,86 | 4,58 | 4,42 | 4,29 | 4,14 | 4,10 | 4,17 | 4,27 | 4,39 | 4,57 | 4,88 |
| 10 | 7,0 | 5,90 | 5,21 | 4,49 | 3,95 | 3,53 | 3,27 | 3,49 | 3,92 | 4,51 | 5,18 | 5,94 | 4,96 | 4,68 | 4,52 | 4,39 | 4,24 | 4,20 | 4,27 | 4,37 | 4,49 | 4,67 | 4,98 |
| 11 | 7,1 | 6,00 | 5,31 | 4,59 | 4,05 | 3,63 | 3,37 | 3,59 | 4,02 | 4,61 | 5,28 | 6,04 | 5,06 | 4,78 | 4,62 | 4,49 | 4,34 | 4,30 | 4,37 | 4,47 | 4,59 | 4,77 | 5,08 |
| 12 | 7,2 | 6,10 | 5,41 | 4,69 | 4,15 | 3,73 | 3,47 | 3,69 | 4,12 | 4,71 | 5,38 | 6,14 | 5,16 | 4,88 | 4,72 | 4,59 | 4,44 | 4,40 | 4,47 | 4,57 | 4,69 | 4,87 | 5,18 |
| 13 | 7,3 | 6,20 | 5,51 | 4,79 | 4,25 | 3,83 | 3,57 | 3,79 | 4,22 | 4,81 | 5,48 | 6,24 | 5,26 | 4,98 | 4,82 | 4,69 | 4,54 | 4,50 | 4,57 | 4,67 | 4,79 | 4,97 | 5,28 |
| 14 | 7,4 | 6,30 | 5,61 | 4,89 | 4,35 | 3,93 | 3,67 | 3,89 | 4,32 | 4,91 | 5,58 | 6,34 | 5,36 | 5,08 | 4,92 | 4,79 | 4,64 | 4,60 | 4,67 | 4,77 | 4,89 | 5,07 | 5,38 |
| 15 | 7,5 | 6,40 | 5,71 | 4,99 | 4,45 | 4,03 | 3,77 | 3,99 | 4,42 | 5,01 | 5,68 | 6,44 | 5,46 | 5,18 | 5,02 | 4,89 | 4,74 | 4,70 | 4,77 | 4,87 | 4,99 | 5,17 | 5,48 |
| 16 | 5,0 | 3,90 | 3,21 | 2,49 | 1,95 | 1,53 | 1,27 | 1,49 | 1,92 | 2,51 | 3,18 | 3,94 | 2,96 | 2,68 | 2,52 | 2,39 | 2,24 | 2,20 | 2,27 | 2,37 | 2,49 | 2,67 | 2,98 |
| 17 | 5,1 | 4,00 | 3,31 | 2,59 | 2,05 | 1,63 | 1,37 | 1,59 | 2,02 | 2,61 | 3,28 | 4,04 | 3,06 | 2,78 | 2,62 | 2,49 | 2,34 | 2,30 | 2,37 | 2,47 | 2,59 | 2,77 | 3,08 |
| 18 | 5,2 | 4,10 | 3,41 | 2,69 | 2,15 | 1,73 | 1,47 | 1,69 | 2,12 | 2,71 | 3,38 | 4,14 | 3,16 | 2,88 | 2,72 | 2,59 | 2,44 | 2,40 | 2,47 | 2,57 | 2,69 | 2,87 | 3,18 |
| 19 | 5,3 | 4,20 | 3,51 | 2,79 | 2,25 | 1,83 | 1,57 | 1,79 | 2,22 | 2,81 | 3,48 | 4,24 | 3,26 | 2,98 | 2,82 | 2,69 | 2,54 | 2,50 | 2,57 | 2,67 | 2,79 | 2,97 | 3,28 |
| 20 | 5,4 | 4,30 | 3,61 | 2,89 | 2,35 | 1,93 | 1,67 | 1,89 | 2,32 | 2,91 | 3,58 | 4,34 | 3,36 | 3,08 | 2,92 | 2,79 | 2,64 | 2,60 | 2,67 | 2,77 | 2,89 | 3,07 | 3,38 |
| 21 | 5,5 | 4,40 | 3,71 | 2,99 | 2,45 | 2,03 | 1,77 | 1,99 | 2,42 | 3,01 | 3,68 | 4,44 | 3,46 | 3,18 | 3,02 | 2,89 | 2,74 | 2,70 | 2,77 | 2,87 | 2,99 | 3,17 | 3,48 |
| 22 | 5,6 | 4,50 | 3,81 | 3,09 | 2,55 | 2,13 | 1,87 | 2,09 | 2,52 | 3,11 | 3,78 | 4,54 | 3,56 | 3,28 | 3,12 | 2,99 | 2,84 | 2,80 | 2,87 | 2,97 | 3,09 | 3,27 | 3,58 |
| 23 | 5,7 | 4,60 | 3,91 | 3,19 | 2,65 | 2,23 | 1,97 | 2,19 | 2,62 | 3,21 | 3,88 | 4,64 | 3,66 | 3,38 | 3,22 | 3,09 | 2,94 | 2,90 | 2,97 | 3,07 | 3,19 | 3,37 | 3,68 |
| 24 | 5,8 | 4,70 | 4,01 | 3,29 | 2,75 | 2,33 | 2,07 | 2,29 | 2,72 | 3,31 | 3,98 | 4,74 | 3,76 | 3,48 | 3,32 | 3,19 | 3,04 | 3,00 | 3,07 | 3,17 | 3,29 | 3,47 | 3,78 |
| 25 | 5,9 | 4,80 | 4,11 | 3,39 | 2,85 | 2,43 | 2,17 | 2,39 | 2,82 | 3,41 | 4,08 | 4,84 | 3,86 | 3,58 | 3,42 | 3,29 | 3,14 | 3,10 | 3,17 | 3,27 | 3,39 | 3,57 | 3,88 |