

VISOKA POSLOVNO-TEHNIČKA ŠKOLA
STRUKOVNIH STUDIJA U UŽICU

OBRADA DEFORMISANJEM

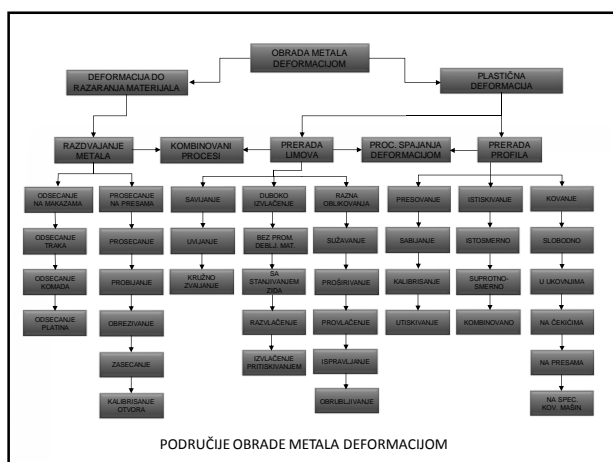
Prof. dr Predrag M. Drobniak dipl.inž.maš.

Literatura

- Калајић М., *Технологија машиноградње*,
Машински факултет, Београд 2007.
- Б.Мусафија - *Обрада метала пластичном
деформацијом*, Светлост, Сарајево, 1988

POSTUPCI I VRSTE OPERACIJA PLASTIČNIM DEFORMISANJEM

- Sama reč deformacija znači oblikovanje, tj. izradu novog oblika i to po pravilu od iste količine materijala.
- Razlikujemo dve vrste obrade deformisanjem:
 - Plastično deformisanje, pri čemu se materijal pod uticajem spoljne sile optereti tako da njegova izdržljivost popusti, naprezanja pređu granicu tečenja i uđu u oblast trajnih plastičnih deformacija.
 - Odvajanjem, materijal je još više opterećen spoljašnjom silom i uz pogodan oblik alata, po određenim linijama vrši se razaranje veza-odvaja se materijal.



- U odnosu na druge metode obrade, obrada plastičnim deformisanjem ima niz prednosti kao što su:
 - jednostavna kinematika obradnih sistema;
 - delovi posle obrade plastičnim deformisanjem imaju poboljšana mehanička svojstva;
 - postoje dobre mogućnosti mehanizacije i automatizacije procesa;
 - stepen iskorišćenja materijala je veoma visok.

- Obrada plastičnim deformisanjem ima i mane:
 - ekonomičnost primene samo u serijskoj i masovnoj proizvodnji;
 - potreba za vrlo velikim deformacionim silama;
 - relativno skupi alati.

- Deformacija materijala se može vršiti u:
 - Hladnom i
 - Toplom stanju.
- Zagrejan materijal je sposobniji za plastičnu deformaciju (tečljiviji) što je od posebnog značaja za deformisanje iz razloga potrebe znatno manje sile!

☛ Za oblikovanje plastičnom deformacijom potrebna su tri uslova:

1. Analiza i izbor materijala sposobnog za elastičnu deformaciju u meri kakva se traži oblikom zadatog komada;
2. Specijalni alat koji služi za dobijanje zadatog oblika, koji svojom konstrukcijom i izradom ispunjava zahteve u oblikovanju delova;
3. Izbor mašine kao izvora i transportera energije do alata, radi pretvaranja raspoložive energije u koristan rad.

☛ Pregled osnovnih operacija kod obrade metala deformisanjem

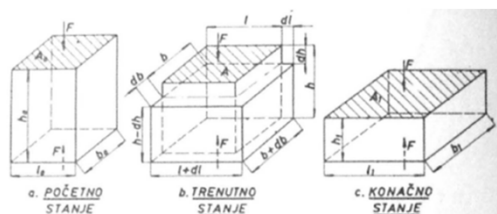
| OPERACIJA | TEHNIČKA OPERACIJE | OPIS OPERACIJE |
|-----------------------------|--------------------|--|
| ODOLJEĆA- ALJE FRANKA | | U radu koristi se za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |
| ODOLJEĆA- ALJE KUPA | | U radu se koristi za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |
| ODOLJEĆA- ALJE KUPA | | U radu se koristi za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |
| ODOLJEĆA- ALJE KUPA | | U radu se koristi za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |
| ODOLJEĆA- ALJE KUPA | | U radu se koristi za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |
| ODOLJEĆA- ALJE KUPA | | U radu se koristi za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |
| ODOLJEĆA- ALJE KUPA | | U radu se koristi za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |
| ODOLJEĆA- ALJE KUPA | | U radu se koristi za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |
| ODOLJEĆA- ALJE KUPA | | U radu se koristi za oblikovanje materijala koji se oblikuju tokom savijanja materijala. |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

TEORETSKE OSNOVE DEFORMACIJE

- Da bi se postavile izvesne zakonitosti plastične deformacije, posmatračemo deformacije paralelopipeda pri sabijanju bez trenja.

- Ako se paralelopiped visine h_0 , dužine l_0 i širine b_0 opteretiti odgovarajućom silom F , tada će isti, pod pretpostavkom da nema trenja (idealni slučaj) deformisati u paralelopiped dimenzija:
- $h_1 < h_0, l_1 > l_0$ i $b_1 > b_0$



- Zapremina pre i posle deformacije (sabijanja) treba da je ista:

- $V = h_0 \times l_0 \times b_0 = h \times l \times b = h_1 \times l_1 \times b_1 = \text{const.}$

- Treba napomenuti da prednje važi samo tada ako je površina poprečnog preseka A po celoj visini tela ista, tj. kada se cilindar deformiše u cilindar drugih dimenzija, paralelopiped u paralelopiped itd.

- U proračunima se često koriste i jedinične deformacije koje se mogu izraziti obrascima:

- $\epsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{h_1 - h_0}{h_0}$ sabijanje,

- $\epsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$ izduženje

- $\epsilon_b = \frac{\Delta b}{b_0} = \frac{b_1 - b_0}{b_0}$ proširenje

- Specifični deformacioni otpor kojim se materijal suprotstavlja deformaciji (u *ovom* slučaju sabijanju) je funkcija deformacije.

- Zbog toga se kod proba sabijanjem, jedinična deformacija sabijanja ϵ_h uzima kao pozitivna, i to je ujedno glavna deformacija:

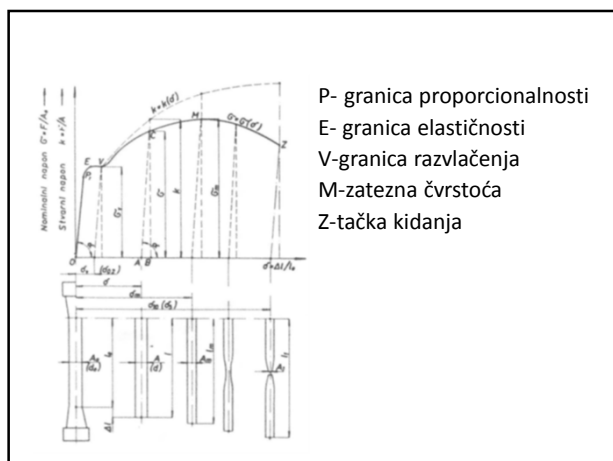
- $\epsilon = \frac{h_0 - h}{h_0} = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{A - A_0}{A} = \frac{\Delta A}{A}$

- h_0 početna visina;

- A_0 početna površina.

NOMINALNI I STVARNI NAPON

- ☛ Zavisno od vrste obrade deformisanjem govorimo o naprezanjima materijala na: istezanje, pritisak, sabijanje, smicanje i gnječenje. Nekada se javljaju i složena naprezanja, tako da istovremeno deluju više njih na određeni presek u materijalu, različitih ili istih pravaca ili smerova.
- ☛ Da bi uočili pojave u materijalu, naprezanja, stvarne i nominalne napone, posmatračemo naprezanje jedne epruvete definisanih dimenzija po SRPS C.A4.0002 izložene na istezanje.



- ☛ U nekom momentu probe pod opterećenjem (silom F), presek epruvete će se smanjiti na vrednost $A < A_0$, a dužina povećati na vrednost $l > l_0$ (za iznos apsolutnog izduženja $\Delta l = l - l_0$).

- ☛ Derormacije probne epruvete se mogu izraziti na tri načina, i to kao:

1. Jedinično (relativno) izduženje ili deformacija I-og reda:

$$\delta = \frac{l-l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1$$

- ☛ Deformacija prvog reda predstavlja odnos apsolutnog izduženja i početne dužine epruvete.

2. Poprečna kontrakcija (suženje-deformacija preseka), iii deformacija II-og reda:

$$\psi = \frac{A_0 - A}{A_0} = \frac{\Delta A}{A_0} = 1 - \frac{A}{A_0}$$

- Deformacija II-og reda predstavlja odnos razlike površina (suženje) i početne površine. Poprečna kontrakcija (ψ) kod proba na istezanje je ekvivalentna glavnoj deformaciji sabijanja (ϵ) kod proba na pritisak.

3. Logaritamska deformacija ili deformacija III-eg reda:

$$\varphi = \ln \frac{A_0}{A}$$

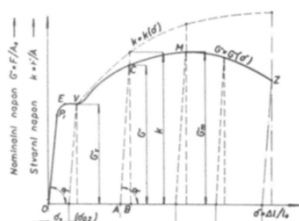
- Dijagram istezanja je grafički predstavljena funkcija nominalnog napona:

$\sigma = \frac{F}{A_0}$ (opterećenje redukovano na poprečni presek epruvete) u zavisnosti od jediničnog izduženja $\delta = \frac{\Delta l}{l_0}$.

- U području malih deformacija funkcija $\sigma = \sigma(\delta)$ je linearnog karaktera, tako da do tačke P važi zakon proporcionalnosti (Hooke-ov zakon), koji se može izraziti jednačinom:

$$\frac{\sigma}{\delta} = \text{tg } \alpha = E = \text{const.}$$

E- modul elastičnosti



- Pri povećanju opterećenja iznad tačke P deformacije su još uvek elastičnog karaktera (do tačke E), što znači da se epruveta nakon rasterećenja vraća na prvobitnu dužinu l_0 .
- Pri daljem povećanju opterećenja (iznad tačke V) nastaje područje blažih nagiba krive, što znači da izduženja brže rastu od porasta opterećenja.

• **Ovo je područje u kome se vrši plastična obrada metala!!!!**

Ako se telo nakon opterećenja u tački C silom F, rastereti, tada će:

OB-ukupna deformacija

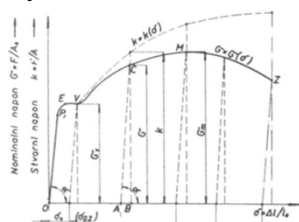
AB-elastična deformacija

OA-plastična deformacija

- Napon u tački M određuje

nominalnu jačinu materijala na kidanje ili čvrstoću materijala:

$$\sigma_m = \sigma_e = \frac{F_m}{A_0}$$



- U teoriji obrade metala plastičnim deformisanjem poseban značaj ima **stvarni**, efektivni napon koji glasi:

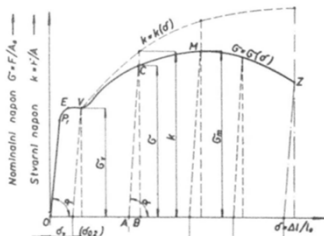
$$k = \sigma_{ee} = \frac{F}{A}$$

- Sve do momenta početka lokalne kontrakcije, tj. dok traje ravnomerno izduženje epruvete stvarni naponi (k) se mogu izraziti i pomoću nominalnih napona (σ).

$$k = \sigma_{ee} = \frac{F}{A} = \sigma \frac{A_0}{A} = \sigma (1 + \delta) = \frac{\sigma}{1 - \psi} = \sigma_e \varphi$$

- Obrazac daje vezu stvarnih i nominalnih napona i deformacija prvog, drugog ili trećeg reda.

- Ovako dobijena kriva stvarnih (efektivnih) napona (isprekidana kriva $k = k(\delta)$) naziva se i kriva deformacionog očvršćavanja.



- Analogne krive se mogu dobiti i probama na pritisak.

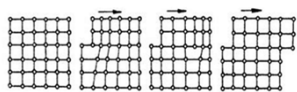
MATERIJAL ZA OBRADU DEFORMACIJOM

- Iz prirode plastične deformacije proizilazi da svi materijali nemaju podjednake osobine i sposobnosti za plastične deformacije.
- Neki materijali su plastičniji, tečljiviji, daju se lakše oblikovati, deformisati, dok su drugi tvrdi i kruti.
- Svi materijali pokazuju povećanje sposobnosti na plastičnu deformaciju sa zagrevanjem – nije isto za sve materijale ali je kod svih prisutno!

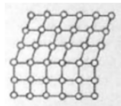
MEHANIZAM PLASTIČNOG DEFORMISANJA METALA

- Metali su čvrsta tela kristalne građe, tj. atomi su raspoređeni zakonomerno u kristalne rešetke. Većina metala je kristalisana u tri prostorne kristalne rešetke: kubnu, tetragonalnu i heksagonalnu.
- Gotovo sva svojstva metala zavise od njihove kristalne strukture.

- Plastično deformisanje je vrlo složen proces, a pojavljuje se kao posledica prinudnog trajnog pomeranja grupe atoma u kristalima metala.
- Osnovni mehanizam plastičnog deformisanja sastoji se u klizanju i dvojnikanju u ravnima kristalnog konglomerata.



klizanje



dvojnikanje

- Ravni klizanja se poklapaju sa mestima gde postoje linearni defekti kristalne rešetke koji se nazivaju dislokacije. Pomeranje dislokacija kristalne rešetke i njihovo kretanje čini osnovu plastičnog deformisanja.
- Pri dvojnikanju, delovi materijala pomeraju se proporcionalno rastojanju od ravni dvojnikanja. Češće pojavljuje kod dinamičkih deformacionih sila.

- Prikazana kristalna rešetka nedeformisanog metala. Opterećenje izaziva pojavu dislokacije (linearni defekti strukture), koja se postepeno kreće udesno i na kraju izlazi iz kristala. Rezultat ove pojave je klizanje delova rešetke za veličinu međuatomskog rastojanja.

