

## OBSAH

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Předmluva . . . . .                                             | 1  |
| <u>1 ÚVOD</u> . . . . .                                         | 2  |
| <u>2 CHARAKTERISTIKA ZÁKLADNÍCH TVÁŘECÍCH POCHODŮ</u> . . . . . | 3  |
| <u>3 MECHANISMUS PLASTICKÉ DEFORMACE</u> . . . . .              | 7  |
| <u>4 TERMOMECHANICKÉ PODMÍNKY TVÁŘENÍ</u> . . . . .             | 9  |
| 4.1 Metalurgický charakter kovu . . . . .                       | 9  |
| 4.2 Mechanické schéma deformace . . . . .                       | 10 |
| 4.2.1 Schéma hlavních napětí . . . . .                          | 11 |
| 4.2.2 Schéma hlavních deformací . . . . .                       | 11 |
| 4.2.2.1 Nerovnoměrná deformace . . . . .                        | 12 |
| 4.3 Deformační tření . . . . .                                  | 16 |
| 4.4 Tvářecí teploty . . . . .                                   | 18 |
| 4.4.1 Horní tvářecí teplota . . . . .                           | 19 |
| 4.4.2 Dolní tvářecí teplota . . . . .                           | 20 |
| 4.4.2.1 Pódeutektoidní oceli . . . . .                          | 20 |
| 4.4.2.2 Nadeutektoidní oceli . . . . .                          | 21 |
| 4.5 Deformační rychlost . . . . .                               | 22 |
| 4.5.1 Vliv deformační rychlosti na deformační odpor . . . . .   | 23 |
| 4.5.2 Vliv deformační rychlosti na tvařitelnost . . . . .       | 25 |
| 4.6 Deformační odpor . . . . .                                  | 26 |
| 4.6.1 Přírozený deformační odpor . . . . .                      | 27 |
| 4.6.1.1 Metalurgický charakter kovu . . . . .                   | 27 |
| 4.6.1.2 Tvářecí teplota . . . . .                               | 28 |
| 4.6.1.3 Velikost deformace . . . . .                            | 28 |
| 4.6.2 Střední přírozený deformační odpor . . . . .              | 29 |
| 4.6.3 Přídavný deformační odpor . . . . .                       | 29 |
| 4.6.3.1 Součinitel deformačního tření . . . . .                 | 30 |
| 4.6.3.2 Poměrná styková plocha . . . . .                        | 30 |
| 4.6.3.3 Tvar nástroje . . . . .                                 | 30 |
| 4.7 Deformační síla . . . . .                                   | 31 |
| 4.8 Deformační práce . . . . .                                  | 33 |
| <u>5 VÝCHOZÍ MATERIÁL PRO TVÁŘENÍ</u> . . . . .                 | 35 |
| 5.1 Vliv vybraných prvků na podmínky tváření . . . . .          | 35 |
| 5.1.1 Uhlík . . . . .                                           | 36 |
| 5.1.2 Mangan . . . . .                                          | 36 |
| 5.1.3 Křemík . . . . .                                          | 36 |
| 5.1.4 Chrom . . . . .                                           | 37 |
| 5.1.5 Nikl . . . . .                                            | 37 |
| 5.1.6 Molybden . . . . .                                        | 37 |
| 5.1.7 Wolfram . . . . .                                         | 38 |
| 5.1.8 Měď . . . . .                                             | 38 |
| 5.1.9 Síra . . . . .                                            | 38 |
| 5.1.10 Fosfor . . . . .                                         | 39 |



|         |                                          |    |
|---------|------------------------------------------|----|
| 5.1.11  | Kyslík                                   | 39 |
| 5.1.12  | Vodík                                    | 39 |
| 5.1.13  | Dusík                                    | 40 |
| 5.1.14  | Kovy vzácných zemin                      | 40 |
| 5.2     | Výchozí polotovary                       | 40 |
| 5.2.1   | Lité polotovary                          | 40 |
| 5.2.1.1 | Ingoty                                   | 40 |
| 5.2.1.2 | Plynule lité polotovary                  | 43 |
| 5.2.1.3 | Odstředivě lité duté ingoty              | 44 |
| 5.2.1.4 | Tlakově lité bramy                       | 44 |
| 5.2.1.5 | Sdruženě lité ingoty a složené předvalky | 44 |
| 5.2.2   | Tvářené polotovary                       | 44 |
| 5.3     | Vady výchozích polotovarů                | 44 |
| 5.3.1   | Ingoty                                   | 45 |
| 5.3.1.1 | Vnější vady                              | 45 |
| 5.3.1.2 | Vnitřní vady                             | 45 |
| 5.3.2   | Plynule lité ingoty                      | 46 |
| 5.4     | Povrchová úprava výchozích polotovarů    | 46 |
| 5.4.1   | Vysekávání                               | 47 |
| 5.4.2   | Broušení                                 | 47 |
| 5.4.3   | Obrábění                                 | 47 |
| 5.4.4   | Opalování                                | 47 |
| 6       | <u>ZÁKLADY OHŘEVU</u>                    | 49 |
| 6.1     | Fyzikální základy ohřevu                 | 49 |
| 6.1.1   | Měrná tepelná vodivost                   | 49 |
| 6.1.2   | Měrná tepelná kapacita                   | 50 |
| 6.1.4   | Měrná teplotní vodivost                  | 51 |
| 6.1.5   | Teplotní délková roztažnost              | 51 |
| 6.1.6   | Mechanické vlastnosti                    | 51 |
| 6.1.7   | Tepelná pnutí                            | 52 |
| 6.2     | Základní veličiny ohřívacího režimu      | 53 |
| 6.2.1   | Sázecí teplota pece                      | 53 |
| 6.2.2   | Rychlost ohřevu                          | 53 |
| 6.2.3   | Doba ohřevu                              | 54 |
| 6.3     | Průvodní jevy ohřevu                     | 55 |
| 6.3.2   | Oduhličení                               | 56 |
| 6.3.3   | Přehřátí a spálení                       | 57 |
| 6.4     | Zvláštní způsoby ohřevu                  | 57 |
| 6.4.1   | Ohřev elektrickým proudem                | 57 |
| 6.4.1.1 | Odporový ohřev                           | 58 |
| 6.4.1.2 | Indukční ohřev                           | 59 |
| 6.4.2   | Rychlostní ohřev                         | 60 |
| 6.4.3   | Ohřev v ochranném prostředí              | 60 |
| 6.5     | Ohřívací pece                            | 61 |
| 6.5.1   | Ohřívací pece ve válcovnách              | 61 |
| 6.5.1.1 | Hlubinné pece                            | 62 |
| 6.5.1.2 | Strkací pece                             | 62 |



|         |                                                                    |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.2.7   | Šíření . . . . .                                                   | 100 |
| 9.2.8   | Předstih . . . . .                                                 | 102 |
| 9.3     | Kalibrace válců . . . . .                                          | 103 |
| 9.3.1   | Základní pojmy kalibrace . . . . .                                 | 103 |
| 9.3.1.1 | Rozměry kalibrovaných válců . . . . .                              | 103 |
| 9.3.1.2 | Horní a dolní tlak . . . . .                                       | 104 |
| 9.3.1.3 | Skok válců . . . . .                                               | 105 |
| 9.3.2   | Prodloužení při válcování v kalibrech . . . . .                    | 105 |
| 9.3.3   | Rozdělení kalibrů . . . . .                                        | 105 |
| 9.3.4   | Základní kalibrační řady . . . . .                                 | 107 |
| 9.3.4.1 | Předvalky a vývalky čtvercového průřezu . . . . .                  | 107 |
| 9.3.4.2 | Předvalky a vývalky kruhového průřezu . . . . .                    | 109 |
| 9.4     | Válcování předvalků . . . . .                                      | 110 |
| 9.4.1   | Výrobní program . . . . .                                          | 111 |
| 9.4.2   | Předvalkové tratě . . . . .                                        | 111 |
| 9.4.2.1 | Válcování na blokovně . . . . .                                    | 111 |
| 9.4.2.2 | Válcování na slabingu . . . . .                                    | 115 |
| 9.4.2.3 | Perspektivy rozvoje . . . . .                                      | 115 |
| 9.4.3   | Sochorové tratě . . . . .                                          | 116 |
| 9.4.3.1 | Kalibrace sochorové tratě . . . . .                                | 117 |
| 9.4.3.2 | Perspektivy rozvoje . . . . .                                      | 118 |
| 9.5     | Válcování tvarových vývalků . . . . .                              | 119 |
| 9.5.1   | Výrobní program . . . . .                                          | 119 |
| 9.5.2   | Válcování těžkých tvarových vývalků . . . . .                      | 119 |
| 9.5.2.1 | Válcování kolejnic . . . . .                                       | 120 |
| 9.5.3   | Válcování hrubých, středních a jemných tvarových vývalků . . . . . | 122 |
| 9.5.4   | Kalibrace tvarových vývalků . . . . .                              | 123 |
| 9.5.5   | Válcování drátu . . . . .                                          | 124 |
| 9.5.6   | Perspektivy rozvoje . . . . .                                      | 126 |
| 9.6     | Válcování plochých vývalků . . . . .                               | 126 |
| 9.6.1   | Válcování tlustých plechů . . . . .                                | 127 |
| 9.6.1.1 | Výchozí polotovary . . . . .                                       | 127 |
| 9.6.1.2 | Výrobní zařízení . . . . .                                         | 128 |
| 9.6.1.3 | Výrobní postup . . . . .                                           | 130 |
| 9.6.1.4 | Plátované plechy . . . . .                                         | 131 |
| 9.6.1.5 | Vývojové směry . . . . .                                           | 132 |
| 9.6.2   | Válcování tenkých plechů v tabulích . . . . .                      | 132 |
| 9.6.3   | Válcování univerzální široké oceli . . . . .                       | 133 |
| 9.6.4   | Válcování pásů . . . . .                                           | 133 |
| 9.6.4.1 | Výrobní zařízení . . . . .                                         | 134 |
| 9.6.4.2 | Výrobní postup . . . . .                                           | 135 |
| 9.6.4.3 | Výroba úzkých pásů . . . . .                                       | 136 |
| 9.6.4.4 | Vývojové směry . . . . .                                           | 136 |
| 9.6.5   | Válcování pásů zastudena . . . . .                                 | 136 |
| 9.6.5.1 | Výrobní zařízení . . . . .                                         | 137 |
| 9.6.5.2 | Výrobní postup . . . . .                                           | 137 |

|           |                                         |     |
|-----------|-----------------------------------------|-----|
| <b>10</b> | <b>TAŽENÍ DRÁTU A TYČÍ</b>              | 142 |
| 10.1      | Tažení drátu                            | 142 |
| 10.1.1    | Základní druhy ocelového taženého drátu | 143 |
| 10.1.2    | Vybrané druhy ocelového taženého drátu  | 144 |
| 10.1.2.1  | Drát na ocelová lana                    | 144 |
| 10.1.2.2  | Drát do předpjatého betonu              | 144 |
| 10.1.2.3  | Drát pro ocelové kordy a hadicový drát  | 144 |
| 10.1.2.4  | Jehlový drát                            | 144 |
| 10.1.3    | Teoretické základy tažení               | 145 |
| 10.1.3.1  | Průběh napětí a deformace               | 145 |
| 10.1.3.2  | Výpočet tažné síly                      | 146 |
| 10.1.3.3  | Tepelný efekt při tažení                | 148 |
| 10.1.4    | Tažné stolice                           | 149 |
| 10.1.4.1  | Stolice s přímočarým pohybem            | 149 |
| 10.1.4.2  | Stolice s navíjením                     | 150 |
| 10.1.5    | Průvlaky                                | 151 |
| 10.1.6    | Příprava drátu k tažení                 | 152 |
| 10.1.7    | Technologie tažení                      | 152 |
| 10.1.8    | Výroba tvarového drátu                  | 153 |
| 10.1.9    | Tepelné zpracování                      | 154 |
| 10.1.10   | Pokovování                              | 154 |
| 10.2      | Tažení tyčí                             | 154 |
| <b>11</b> | <b>LITERATURA</b>                       | 157 |
|           | OBRAZOVÁ ČÁST                           | 158 |