

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | ÚVOD   | 6  |
| 1.1   | Koncepce mezních stavů konstrukcí                        | 6  |
| 1.2   | Únava materiálu a historie jejího poznávání              | 7  |
| 1.3   | Základní pojmy   | 9  |
| 1.3.1 | Kmitavé zatížení   | 9  |
| 1.3.2 | Wöhlerova křivka a oblasti únavy materiálu               | 11 |
| 1.4   | Únavová schemata a filosofie dimenzování na únavu        | 12 |
| 1.4.1 | Členění únavového procesu                                | 12 |
| 1.4.2 | Faktory ovlivňující únavový proces                       | 15 |
| 1.4.3 | Filosofie dimenzování na únavu                           | 18 |
| 2.    | ÚNAVOVÉ VLASTNOSTI MATERIÁLU A STROJNÍCH SOUČÁSTÍ        | 21 |
| 2.1   | Mechanické vlastnosti materiálu při cyklickém zatěžování | 21 |
| 2.2   | Stadia únavového procesu                                 | 25 |
| 2.3   | Únavové křivky a jejich parametry                        | 26 |
| 2.3.1 | Základní únavové křivka napětí (Wöhlerova křivka)        | 27 |
| 2.3.2 | Korelace meze únavy se statickou pevností materiálu      | 29 |
| 2.3.3 | Základní únavová křivka deformace                        | 31 |
| 2.3.4 | Další parametry únavových křivek                         | 33 |
| 2.3.5 | Druhotné únavové křivky napětí                           | 33 |
| 2.4   | Faktory ovlivňující oblast únavové pevnosti              | 34 |
| 2.4.1 | Vliv střední složky napětí                               | 34 |
| 2.4.2 | Vliv koncentrace napětí                                  | 39 |
| 2.4.3 | Vliv absolutní velikosti tělesa                          | 49 |
| 2.4.4 | Vliv jakosti povrchu a povrchových úprav                 | 52 |
| 2.4.5 | Vliv frekvence zatěžování a pracovní teploty             | 56 |
| 2.5   | Únavové křivky reálných strojních součástí               | 59 |
| 2.6   | Únava při kombinovaném zatěžování                        | 60 |
| 2.6.1 | Aplikace hypotéz statické pevnosti v únavě               | 61 |
| 2.6.2 | Kombinace $\sigma - \tau$                                | 62 |
| 2.7   | Nízkocyklová únava                                       | 63 |
| 2.7.1 | Koncentrace napětí a koncentrace deformace               | 63 |
| 2.7.2 | Výpočet součinitelů $\alpha_\sigma, \alpha_\epsilon$     | 65 |
| 2.7.3 | Specifické vlivy v nízkocyklové únavě                    | 66 |
| 3.    | VZNIK A ŠÍŘENÍ ÚNAVOVÝCH TRHLIN                          | 69 |
| 3.1   | Základy lomové mechaniky                                 | 69 |
| 3.2   | Nukleace mikrotrhlin                                     | 72 |

|       |  |       |     |
|-------|--|-------|-----|
| 3.3   | Šíření trhlin  | . . . | 75  |
| 3.3.1 | Stanovení zbytkové životnosti                                  | . . . | 76  |
| 3.3.2 | Trhliny šířící se z kořene vrubu                               | . . . | 77  |
| 3.3.3 | Vliv některých faktorů na šíření trhlin                        | . . . | 78  |
| 3.4   | Reliéf lomových ploch  | . . . | 80  |
| 4.    | ZÁKLADY STATISTICKÝCH METOD V ÚNAVĚ                            | . . . | 82  |
| 4.1   | Matematický přístup k výsledkům únavových zkoušek              | . . . | 82  |
| 4.2   | Základní pojmy   | . . . | 84  |
| 4.3   | Užívané zákony rozdělení náhodné veličiny                      | . . . | 93  |
| 4.3.1 | Normální rozdělení   | . . . | 93  |
| 4.3.2 | Logaritmicko-normální rozdělení                                | . . . | 97  |
| 4.3.3 | Weibullovo rozdělení   | . . . | 98  |
| 4.3.4 | Další užívaná rozdělení  | . . . | 100 |
| 4.4   | Určování parametrů normálního rozdělení                        | . . . | 102 |
| 4.5   | Testování hypotéz o parametrech normálního rozdělení           | . . . | 107 |
| 4.6   | Aplikace statistických metod při únavových zkouškách           | . . . | 109 |
| 4.6.1 | Plánování únavových zkoušek                                    | . . . | 109 |
| 4.6.2 | Konstrukce únavových křivek                                    | . . . | 111 |
| 4.6.3 | Vyhodnocování meze únavy                                       | . . . | 114 |
| 4.6.4 | Testování výsledků zkoušek                                     | . . . | 117 |
| 5.    | KMITAVÁ PROVOZNÍ ZATÍŽENÍ                                      | . . . | 119 |
| 5.1   | Klasifikace kmitavých procesů                                  | . . . | 119 |
| 5.2   | Vzorkování záznamu náhodného procesu                           | . . . | 121 |
| 5.3   | Vyhodnocení náhodného procesu metodami korelační analýzy       | . . . | 122 |
| 5.4   | Vyhodnocení procesu metodami analýzy lokálních extrémů procesu | . . . | 128 |
| 5.4.1 | Dekompozice metodou následných rozkmitů                        | . . . | 129 |
| 5.4.2 | Dekompozice metodou maximálních rozkmitů                       | . . . | 139 |
| 5.4.3 | Dekompozice metodou párových rozkmitů                          | . . . | 139 |
| 5.4.4 | Dekompozice metodou stékání deště                              | . . . | 140 |
| 5.4.5 | Zhodnocení   | . . . | 143 |
| 5.5   | Model provozních podmínek                                      | . . . | 143 |
| 5.6   | Spektra zatížení   | . . . | 146 |
| 5.7   | Simulace zatížení na zkušebních strojích                       | . . . | 149 |

|        |   |           |
|--------|---|-----------|
| 6.     | METODY STANOVENÍ ŽIVOTNOSTI A DIMENZOVÁNÍ NA ÚNAVU  | . . . 158 |
| 6.1    | Navrhování částí na trvalou pevnost   | . . . 158 |
| 6.1.1  | Jednoduché namáhání (tah-tlak, ohyb, krut)  | . . . 158 |
| 6.1.2  | Kombinované namáhání  | . . . 160 |
| 6.1.3  | Volba součinitele bezpečnosti   | . . . 161 |
| 6.2    | Navrhování částí na omezený únavový život   | . . . 162 |
| 6.2.1  | Poškození a jeho kumulace   | . . . 165 |
| 6.2.2  | Metody založené na nominálním napětí  | . . . 166 |
| 6.2.3  | Metody vycházející z lokální napjatosti ve vrubu  | . . . 174 |
| 6.2.4  | Zhodnocení metod výpočtu  | . . . 178 |
| 7.     | ZÁKLADY SPOLEHLIVOSTI MECHANICKÝCH SYSTÉMŮ  | . . . 179 |
| 7.1    | Výrobek a jakost  | . . . 179 |
| 7.2    | Řízení spolehlivosti  | . . . 180 |
| 7.3    | Měření spolehlivosti  | . . . 182 |
| 7.4    | Zkoušení spolehlivosti  | . . . 186 |
| 7.5    | Charakter procesů vedoucích k poruše materiálu  | . . . 186 |
|        | PŘÍLOHY   | . . . 190 |
| P 2.1  | Semilogaritmická síť  | . . . 190 |
| P 2.2  | Logaritmicko-logaritmická síť   | . . . 191 |
| P 2.3  | Parametry cyklické deformační křivky a<br>Mansonovy- Coffinovy nízkocyklové odolnosti   | . . . 192 |
| P 2.4  | Zjednodušené Smithovy diagramy ocelí  | . . . 193 |
| P 2.5  | Nomogramy k určení součinitelů tvaru $\alpha$   | . . . 194 |
| P 2.6  | Nomogramy k určení součinitelů tvaru $\alpha$   | . . . 195 |
| P 2.7  | Grafy k určení součinitelů tvaru $\alpha$   | . . . 196 |
| P 2.8  | Součinitelé vrubové citlivosti oceli $q$  | . . . 197 |
| P 2.9  | Diagramy k určení součinitele vrubu $\beta$   | . . . 198 |
| P 2.10 | Diagramy k určení součinitele vrubu $\beta$   | . . . 199 |
| P 2.11 | Součinitelé vlivu velikosti $\epsilon_v, \epsilon_w, \epsilon_k$  | . . . 200 |
| P 2.12 | Součinitelé jakosti povrchu a zmírňující činitel<br>sousedních vrubů $\eta_p, \eta^*$   | . . . 201 |
| P 3.1  | Určení faktoru intenzity napětí pro vybrané tvary<br>a konfigurace trhlin $K_I$<br>Orientační hodnoty $\Delta K_{ps}, K_{Kc}$ | . . . 202 |
| P 4.1  | Kvantily normálního rozložení $u_p$   | . . . 203 |
| P 4.2  | Pravděpodobnostní papír pro normální rozložení  | . . . 204 |
| P 4.3  | Pravděpodobnostní papír pro log-normální rozložení  | . . . 205 |
| P 4.4  | Pravděpodobnostní papír pro Weibullovo rozložení  | . . . 206 |
| P 4.5  | Vybrané hodnoty Studentova rozdělení a<br>korekční konstanty k určení výběrové směr. odchylky                                 | . . . 207 |
| P 4.6  | Vybrané hodnoty distribučních funkcí rozdělení $\chi^2$ a F   | . . . 208 |
|        | LITERATURA  | . . . 209 |