

| | |
|---|-----------|
| 1. ÚVOD..... | 3 |
| 2. VZNIK SVAROVÉHO SPOJE KOVOVÝCH MATERIÁLŮ..... | 4 |
| 3. STRUKTURA TAVNÉHO SVARU [5]..... | 7 |
| 3.1. TEPLOTNÍ CYKLUS SVAŘOVÁNÍ..... | 7 |
| 3.2. VZNIK A TVORBA SVARU | 9 |
| 3.2.1. Svarový kov..... | 9 |
| 3.2.2. Tepelně ovlivněná oblast (TOO)..... | 10 |
| 4. NAPĚTÍ A DEFORMACE VZNIKAJÍCÍ PŘI SVAŘOVÁNÍ [6]..... | 13 |
| 4.1. KLASIFIKACE NAPĚTÍ VZNIKAJÍCÍCH PŘI SVAŘOVÁNÍ..... | 13 |
| 4.2. DEFORMACE ZPŮSOBENÉ SVAŘOVACÍM PROCESEM | 15 |
| 4.3. SNIŽOVÁNÍ VNITŘNÍCH NAPĚTÍ A DEFORMACÍ U SVAŘENCŮ..... | 17 |
| 5. TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ SVAROVÝCH SPOJŮ..... | 19 |
| 5.1. ZÁKLADY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ..... | 19 |
| 5.2. ZÁKLADNÍ REŽIMY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ..... | 20 |
| 5.3. TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ SVAROVÝCH SPOJŮ S PŘEKRYSTALIZACÍ..... | 21 |
| 5.4. TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ SVAROVÝCH SPOJŮ BEZ PŘEKRYSTALIZACE..... | 22 |
| 5.4.1. Žihání ke snížení zbytkových napětí svařenců..... | 22 |
| 5.4.2. Popouštění svarových spojů..... | 23 |
| 5.4.3. Žihání na snížení obsahu difuzního vodíku..... | 24 |
| 5.4.4. Mezioperační tepelné zpracování..... | 24 |
| 6. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY SVAROVÝCH SPOJŮ..... | 25 |
| 6.1. ZKOUŠKY TVRDOSTI SVAROVÝCH SPOJŮ | 25 |
| 6.1.1. Postup zkoušky..... | 25 |
| 6.1.2. Výsledky zkoušek a protokol o zkoušce..... | 29 |
| 6.2. ZKOUŠKY MIKROTVRDOSTI SVAROVÝCH SPOJŮ | 29 |
| 6.3. ZKOUŠKY TAHEM SVAROVÝCH SPOJŮ | 31 |
| 6.3.1. Příčná zkouška tahem..... | 31 |
| 6.3.2. Podélná tahová zkouška a zkouška rázem v ohybu svarového kovu..... | 35 |
| 6.4. ZKOUŠKY RÁZEM V OHYBU SVAROVÝCH SPOJŮ..... | 36 |
| 6.4.1. Způsob značení zkušebních tyčí..... | 36 |
| 6.5. ZKOUŠKY LÁMAVOSTI SVAROVÝCH SPOJŮ | 38 |
| 6.5.1. Provedení zkoušky..... | 39 |
| 6.5.2. Vyhodnocení zkoušky a protokol o zkoušce..... | 46 |
| 6.6. METALOGRAFICKÉ ZKOUŠKY SVAROVÝCH SPOJŮ..... | 47 |
| 6.6.1. Makrostruktura svarového spoje..... | 48 |
| 6.6.2. Mikrostruktura svarového spoje..... | 48 |
| 6.6.3. Elektronomikroskopická studia..... | 49 |
| 7. NEDESTRUKTIVNÍ METODY ZKOUŠENÍ SVAROVÝCH SPOJŮ [45]..... | 52 |
| 7.1. VADY VE SVARECH..... | 52 |
| 7.2. KVALIFIKACE A CERTIFIKACE PRACOVNÍKŮ NEDESTRUKTIVNÍ KONTROLY..... | 55 |
| 7.3. ZÁKLADNÍ NEDESTRUKTIVNÍ METODY KONTROLY JAKOSTI SVARŮ | 56 |
| 7.4. VIZUÁLNÍ METODY | 57 |
| 7.4.1. Metodika zkoušení..... | 58 |
| 7.5. PENETRAČNÍ METODY..... | 60 |
| 7.5.1. Fyzikální základy penetračních metod..... | 60 |
| 7.5.2. Metodika zkoušení..... | 61 |
| 7.5.3. Citlivost penetračních metod | 63 |
| 7.5.4. Zařízení pro penetrační zkoušky..... | 64 |
| 7.6. METODA MAGNETICKÁ PRÁŠKOVÁ | 65 |
| 7.6.1. Princip metody..... | 65 |
| 7.6.2. Metodika zkoušení..... | 66 |
| 7.7. METODA POTENCIOMETRICKÁ..... | 71 |
| 7.8. METODY PROZAŘOVACÍ (RADIOLOGICKÉ)..... | 73 |
| 7.8.1. Charakteristika pronikavého záření..... | 74 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.8.2. | Metodika kontroly svarů prozařováním..... | 75 |
| 7.8.3. | Hodnocení svarů podle radiogramů..... | 83 |
| 7.9. | METODY ULTRAZVUKOVÉ..... | 84 |
| 7.9.1. | Fyzikální základy..... | 84 |
| 7.9.2. | Interakce ultrazvukového vlnění při průchodu látkou (materiálem)..... | 86 |
| 7.9.3. | Zdroje ultrazvuku..... | 86 |
| 7.9.4. | Metody zkoušení..... | 88 |
| 7.9.5. | Metodika zkoušení svarů..... | 89 |
| 7.9.6. | Stupně přípustnosti svarových spojů zkoušených ultrazvukem..... | 92 |
| 7.9.7. | Zkoušení austenitických svarů a návarů..... | 92 |
| 7.10. | METODA AKUSTICKÉ EMISE..... | 92 |
| 8. | SVAŘITELNOST MATERIÁLŮ..... | 95 |
| 8.1. | Vliv chemického složení ocelí na jejich svařitelnost..... | 96 |
| 8.2. | Uhlíkový ekvivalent..... | 98 |
| 8.3. | Teplota předehřevu a její výpočet..... | 100 |
| 8.3.1. | Stanovení teploty předehřevu pro svařování nelegovaných, jemnozrnných a nízkolegovaných ocelí podle ČSN EN 1011-2 – metoda A..... | 101 |
| 8.3.2. | Stanovení teploty předehřevu pro svařování nelegovaných, jemnozrnných a nízkolegovaných ocelí podle ČSN EN 1011-2 – metoda B..... | 105 |
| 8.3.3. | Stanovení teploty předehřevu pro svařování zárupevných ocelí a ocelí pro nízké teploty podle ČSN EN 1011-2..... | 106 |
| 8.3.4. | Další metody výpočtu teploty předehřevu..... | 108 |
| 9. | PŘEHLED TRHLIN VZNIKAJÍCÍCH VE SVAROVÝCH SPOJÍCH [52]..... | 109 |
| 9.1. | TEPLÉ TRHLINY, TRHLINY ZA HORKA, HORKÉ TRHLINY..... | 110 |
| 9.1.1. | Hodnocení náchylnosti ocelí k horkým trhlinám..... | 111 |
| 9.1.2. | Opatření k zamezení teplotních trhlin..... | 112 |
| 9.2. | STUDENÉ TRHLINY..... | 113 |
| 9.2.1. | Hodnocení náchylnosti ocelí ke studeným trhlinám..... | 114 |
| 9.2.2. | Opatření k zamezení vzniku studených trhlin..... | 116 |
| 9.3. | LAMELÁRNÍ TRHLINY..... | 117 |
| 9.3.1. | Hodnocení náchylnosti ocelí k lamelárnímu praskání..... | 117 |
| 9.3.2. | Opatření k zamezení vzniku lamelárních trhlin..... | 119 |
| 9.4. | ŽÍHACÍ TRHLINY..... | 120 |
| 9.4.1. | Hodnocení náchylnosti ocelí k žíhacím trhlinám..... | 120 |
| 9.4.2. | Opatření k zamezení vzniku žíhacích trhlin..... | 122 |
| 10. | SVAŘITELNOST UHLÍKOVÝCH OCELÍ..... | 123 |
| 11. | SVAŘITELNOST JEMNOZRNNÝCH OCELÍ..... | 125 |
| 12. | SVAŘITELNOST TERMOMECHANICKY ZPRACOVANÝCH OCELÍ..... | 127 |
| 13. | SVAŘITELNOST NÍZKOLEGOVANÝCH OCELÍ..... | 129 |
| 14. | LITERATURA..... | 131 |