

# Okruhy k SZZ - diplomanti N-STG\_kombinované - svařování

## Nauka o materiálu (Prof. Ing. Rudolf Foret, CSc.)

1. Fáze v kovových soustavách (tuhé roztoky, intermediální fáze – dělení, vlastnosti).
2. Základní binární rovnovážné diagramy (náčrt, popis, interpretace).
3. Binární digram Fe-Fe<sub>3</sub>C (náčrt včetně znalosti základních teplot akoncentrací, detailní popis).
4. Fázové přeměny (zejména v ocelích).
  - Krystalizace (nukleace, růst, aplikace na tuhnutí svarového kovu).
  - Proeutektoidní přeměny (proeutektoidní ferit, včetně acirkulárního feritu – morfologie, vliv na vlastnosti).
  - Perlitický rozpad.
  - Bainitická přeměna.
  - Martensitická přeměna, včetně přeměn při popouštění.
  - Precipitační rozpad (např. v systému Al-Cu)
  - IRA a ARA diagramy.
  - Možné struktury HAZ uhlíkových ocelí.
5. Tepelné zpracování.
  - Základní způsoby žíhání (teploty, prodlevy, účel, aplikace na svarové spoje).
  - Zušlechťování (způsoby kalení, popouštění).
  - Precipitační vytvrzování.
6. Mechanické vlastnosti materiálů.
  - Zkouška tahem (podstata, základní charakteristiky – R<sub>e</sub>, R<sub>p0,2</sub>, R<sub>m</sub>, A, Z).
  - Zkouška rázem v ohybu (podstata, K<sub>u</sub>, K<sub>V</sub>, tranzitní chování a tranzitní teploty).
  - Únava materiálu (stadia únavového procesu, únavové zkoušky, Wöhlerova křivka – mez únavy, Smithův diagram).
  - Lineární lomová mechanika (podstata, K, K<sub>C</sub>).
  - Zkoušky tvrdosti (Brinell, Vickers, Rockwell – definice, použití pro hodnocení svarů).
7. Vliv doprovodných prvků na vlastnost svarových kovů (H, N, O, P a S).
8. Svařitelné oceli.
9. Způsoby značení ocelí dle ČSN EU.

## Technologie svařování (Ing. Marek Slováček, Ph.D.; Ing. Jaroslav Kubíček, IWE)

1. Svařování plamenem. Princip, popis metody. Kyslíko-acetylenový plamen. Zařízení pro svařování plamenem, včetně bezpečnostních prvků. Nebezpečí při svařování plamenem. Popis metody svařování, použitých technik, výhod a nevýhod, použití v praxi.
2. Aluminotermické svařování. Princip reakce. Zařízení pro aluminotermické svařování, včetně přípravy jednotlivých prvků. Popis metody svařování, použitých technik, výhod a nevýhod, použití v praxi.
3. Svařování ruční obalovanou elektrodou. Elektrický oblouk. Princip, popis metody, techniky svařování. Zařízení / zdroje pro svařování elektrickým obloukem obalovanou elektrodou. Obalovaná elektroda - popis, rozdělení, funkce obalu elektrody. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
4. Svařování v ochranné atmosféře GTAW . Princip, popis metody, techniky svařování. Zařízení pro svařování GTAW. Wolframová elektroda, ochranné plyny, přídavné materiály. Automatizace. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
5. Svařování v ochranné atmosféře GMAW. Princip, popis metody, techniky svařování. Přenos svarového kovu. Zařízení pro svařování GMAW. Ochranné plyny, přídavné materiály. Automatizace. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
6. Svařování v ochranné atmosféře FCAW. Princip, popis metody, techniky svařování. Přenos svarového kovu. Zařízení pro svařování FCAW. Ochranné plyny, přídavné materiály. Automatizace. Výhody a nevýhody, použití v praxi.

## Okruhy k SZZ - diplomanti N-STG\_kombinované - svařování

7. Svařování pod tavidlem APT. Princip, popis metody, techniky svařování a navařování. Tavidla - rozdělení a funkce. Zařízení pro svařování a navařování APT. Přídavné materiály. Automatizace pro svařování a navařování - modifikace dané technologie. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
8. Svařování elektrostruskové. Princip, popis metody. Tavidla - rozdělení a funkce. Zařízení pro svařování. Přídavné materiály. Možnosti automatizace-modifikace dané technologie. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
9. Svařování plazmou (PAW). Vznik plazmatu. Princip, popis metody. Rozdíl mezi GTAW. Plyny. Způsoby svařování. Konstrukce hořáků. Zařízení pro svařování PAW. Automatizace. Navařování. Hybridní a jiné metody svařování PAW. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
10. Svařování elektronovým paprskem. Charakteristika. Princip, popis metody. Zařízení pro svařování svazkem elektronů. Vhodné typy svarů. Parametry svařování. Hybridní a jiné metody použití svazku elektronů - srovnání s jinými technologiemi svařování. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
11. Svařování laserem. Charakteristika. Princip, popis metody. Základní typy laserů a jejich aplikace. Požadavky na proces. Zařízení pro svařování laserem. Vhodné typy svarů. Parametry svařování. Hybridní a jiné metody použití laseru. Srovnání laseru s jinými technologiemi svařování. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
12. Svařování elektrickým odporem. Charakteristika. Princip, popis metody. Druhy odporového svařování. Parametry. Režimy. Zařízení a vybavení. Vhodné typy svarů. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
13. Svařování třením, včetně FSW (friction stir welding). Charakteristika. Princip, popis metody. Druhy třecího svařování. Parametry. Režimy. Zařízení a vybavení. Vhodné typy svarů a materiálů. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
14. Svařování výbuchem. Princip reakce. Popis metody svařování. Použitá zařízení. Bezpečnost. Vhodné typy svarů a materiálů. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
15. Svařování ultrazvukem. Charakteristika. Princip, mechanismus vzniku / fáze spoje, popis metody. Svařovací režimy. Zařízení a vybavení. Svařitelnost materiálů ultrazvukem. Vhodné typy svarů a materiálů. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
16. Pájení. Definice. Fyzikální podstata pájení. Rozdělení pájení. Požadavky a formy pájek. Tavidla. Zdroje tepla pro pájení. Druhy spojů pro měkké a tvrdé pájení. Vady a zkoušky pájených spojů. Metody pájení. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
17. Lepení. Definice. Fyzikální podstata lepení. Rozdělení lepidel. Způsoby vytvrzování. Příprava povrchu. Technologie a postup lepení. Chyby při lepení. Typy lepených spojů. Výhody a nevýhody, použití v praxi.
18. Tepelné a netepelné dělení kovových materiálů. Podmínka řezatelnosti. Řezání kyslíkoacetylenovým plamenem. Tepelné dělení elektrickým obloukem. Tepelné dělení plazmou. Tepelné dělení laserem. Netepenné dělení vodním paprskem.
19. Nedestruktivní metody (NDT) zkoušení – určování povrchových vad - rozdělení, normy, kvalifikace personálu a jeho způsobilost k provádění NDT, popis metod, způsoby vyhodnocení. Případně aplikace z dané oblasti strojírenského zaměření (tváření, svařování, povrchové úpravy, slévárenství, obrábění).
20. Nedestruktivní metody (NDT) zkoušení – určování vnitřních vad - rozdělení, normy, kvalifikace personálu a jeho způsobilost k provádění NDT, popis metod, způsoby vyhodnocení. Případně aplikace z dané oblasti strojírenského zaměření (tváření, svařování, povrchové úpravy, slévárenství, obrábění).

## Teorie svařování (Ing. Marek Slováček, Ph.D.; Ing. Jaroslav Kubíček, IWE)

1. Výroba a označování ocelí. Způsoby výroby ocelí. Označování a rozdělení ocelí podle EN norem. Základní, doprovodné a legující prvky v ocelích. Diagram železo - karbid železa. Diagramy ARA, IRA, ARA in Situ. Použití ARA diagramu při určování svařitelnosti ocelí v praxi.

## Okruhy k SZZ - diplomanti N-STG\_kombinované - svařování

2. Tepelné zpracování základního materiálu a svarových spojů. Možnosti a použité zařízení. Analýzy a simulace. Způsoby měření a průběhové diagramy. Návodky na tepelné zpracování. Použití v praxi.
3. Teoretické základy vzniku svarového spoje – princip vzniku svarového spoje. Názvosloví ve svařování. Základní definice svařování a pojmy. Popis a struktura svaru. Vlastnosti svaru.
4. Rozdělení a metody svařování. Rozdělení metod svařování. Normy a zkratky ve svařování. Polohy svařování. Značení svarů na výkresech. Značení tlakových lahví. Kvalifikace svářečů a postupů svařování.
5. Fyzikální základy procesů tavného svařování. Zdroje tepla pro svařování. Chemické, kyslíko-acetylenové, alumino-termické. Teorie elektrického oblouku, elektrické odporové teplo.
6. Zdroje proudu pro svařování elektrickým obloukem - rozdělení. Voltampérová charakteristika zdroje - základní parametry svařovacích zdrojů. Přenos kovu elektrickým obloukem. Typy přenosů - působící síly.
7. Zdroje koncentrované energie. Fyzikální základy – principy těchto technologií. Svařování plazmou. Svazkem elektronů. Svazek fotonů. Jejich interakce se základním materiálem. Hybridní metody svařování – podstata.
8. Podstata bodového odporového svařování- vývin tepla. Podstata bodového odporového svařování- vývin tepla. Podstata elektrostruskového svařování - vývin tepla. Podstata ultrazvukového svařování- vývin tepla. Podstata svařování výbuchem - vývin tepla.
9. Šíření tepla ve svarovém spoji - teplotní cykly a teplotní pole ve svařování. Teplotně-deformační cyklus, možnosti jeho ovlivňování, teplotní výpočty. Měření teplotních, napjatostních a deformačních cyklů / polí.
10. Napětí a deformace ve svarových spojích - druhy / klasifikace. Možnosti řízení napjatosti a deformací ve svarových spojích - opatření. Způsoby uvolňování zbytkových napětí ve svaru. Odstraňování deformací. Praktické aplikace, vztah k výpočetním metodám (MKP) ve svařování. Vliv na kvalitu svarů a mechanické hodnoty svarového kovu.
11. Struktura a vlastnosti svarového kovu spoje. Struktura a vlastnosti tepelně ovlivněné oblasti. Změny mechanických vlastností - vliv rychlosti ochlazování na výslednou strukturu svarového kovu. Prováděné zkoušky a vyhodnocení struktury a vlastností svarového kovu a tepelně ovlivněné oblasti.
12. Svařitelnost kovových materiálů. Svařitelnost C a C-Mn ocelí. Normy. Výpočty uhlíkový ekvivalent, vnesené teplo, předehřev a interpass a jejich vliv na svařitelnost - praktické určování /měření.
13. Svařitelnost mikrolegovaných a střednělegovaných ocelí (vysokopevnostních a žárupevných ocelí). Normy. Výpočty uhlíkový ekvivalent, vnesené teplo, předehřev a interpass a jejich vliv na svařitelnost - praktické určování /měření.
14. Svařitelnost korozivzdorných ocelí. Rozdělení, struktura, vlastnosti a svařitelnost vysokolegovaných korozivzdorných ocelí. Diagramy odhadu mikrostruktury korozivzdorných ocelí - feritové číslo. Problémy - nebezpečí vzniku vad, snížení odolnosti těchto ocelí v místě svaru.
15. Zkoušky svařitelnosti, posouzení k náchylnosti k tvorbě trhlin. Trhlina za tepla a za studena - hodnocení a opatření k zamezení vzniku těchto trhlin.
16. Svařitelnost a svařování grafitických litin. Rozdělení litin a způsoby svařování, výhody, nevýhody, použití.
17. Svařitelnost hliníku a hliníkových slitin. Rozdělení. Specifika svařitelnost a svařování hliníku a jejich slitin. Vhodné způsoby a metody svařování. Problematika. Výhody a nevýhody. Použití v praxi.
18. Svařitelnost mědi a měděných slitin a titanu a titanových slitin. Rozdělení. Specifika svařitelnost a svařování hliníku a jejich slitin. Vhodné způsoby a metody svařování. Problematika. Výhody a nevýhody. Použití v praxi.

# Okruhy k SZZ - diplomanti N-STG\_kombinované - svařování

## Renovace a povrchové úpravy (Ing. Jaroslav Kubíček, IWE)

1. Charakteristika – opravy, renovace
2. Navařování plamenem
3. Navařování dvoufázovým návarem Ni slitin
4. Navařování elektrickým obloukem – obalenou elektrodou
5. Navařování elektrickým obloukem – MAG a WIG
6. Navařování elektrickým obloukem – pod tavidlem
7. Opravy litinových odlitků
8. Navařování plazmou
9. Navařování laserem
10. Žárové nástřiky – princip, přídavné materiály, povlaky + vlastnosti
11. Žárové nástřiky – tepelné metody + coldspray
12. Odmašťování
13. Moření + elektrolyt, leštění
14. Lepení – princip, druhy lepidel
15. Lepení – systémy vytvrzování – charakteristika metod
16. Lepení – příprava povrchu, druhy spojů, průběh zatížení, hybridní spoje
17. Tmelení náplň + pojivo, charakteristika tmelů + aplikace
18. Žárové zinkování v roztaveném kovu
19. Eloxování
20. Černění + fosfátování
21. Smaltování
22. Bezproude pokovení v roztoku
23. Galvanické pokovení v elektrolytu - princip chromování, niklování a zinkování
24. Nátěrové systémy – složení nátěrových hmot + druhy NH
25. Nátěrové systémy – katodforéza, mokré lakování a práškové NH

**+ témata a oblasti zmíněné v závěrečné práci**