



ČESKÝ SVÁŘEČSKÝ ÚSTAV s.r.o.

HETEROGENNÍ SVAROVÉ SPOJE V ENERGETICE

prof. Ing. Jaroslav Koukal, CSc.

doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

Ing. Martin Sondel, Ph.D.

Český svářečský ústav s.r.o.

Areál VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 2172/15, 708 33 Ostrava - Poruba

Ing. Marcel Beňo

ČEZ a.s.

ÚVOD

- Heterogenní svarový spoj = kritické místo každého energetického zařízení
- Svařujeme díly obecně
 - ❖ s rozdílným chemickým složením
 - ❖ s rozdílnou mikrostrukturou
 - ❖ s rozdílnými mechanickými vlastnostmi
 - ❖ s rozdílnými požadavky na TZ po svaření
 - ❖ s rozdílnými koeficienty teplotní roztažnosti
 - ❖ možnost difuze C proti koncentračnímu spádu obsahu Cr
- Doporučuje se před zahájením výroby
 - ❖ odzkoušet krátkodobé vlastnosti (WPQR)
 - ❖ odzkoušet dlouhodobé vlastnosti (creep, korozní vlastnosti ...)
 - ❖ Pokud možno nesvařovat v montážních podmínkách (přechodové kusy)

Heterogenní svarové spoje mezi uhlíkovými a nízkolegovanými žárupevnými oceli

□ Rozdíly

- Chemické složení
- Mikrostruktura
- Mechanické vlastnosti
- TZ po svaření

□ Není nutné řešit

- Rozdíly v teplotní roztažnosti
- Difuzi uhlíku do SK

□ Pro návrh spoje platí

- **PM se volí podle oceli níže legované (R_{mT} SK)**
- **TP a teplota interpass se volí podle oceli výše legované**
- **Je nutné volit kompromisní TZ po svařování nedegradující oba materiály**

Tabulka 1: Teplotní rozsahy tepelného zpracování po svařování u svarových spojů podobných nebo odlišných materiálů [1]

Tabulka č. 1 

Tab 1

- **Doba výdrže na žíhací teplotě**
 - ❖ **2,5 min. / 1 mm EN 12 952-5**
 - ❖ **4,0 min. / 1 mm zkušenost**
- **Rychlost ohřevu a ochlazování podle oceli výše legované**

□ **Spoj C-Mn ocel + 14MoV6-3 (~ 15128) je zcela nevhodný (teplota použitelnosti, TZ)**

Svarové spoje mezi bainitickými a martenzitickými oceli

☐ Hlavní problémy

- **Rozdílné popouštěcí teploty**
- **Možnost difuze C proti koncentračnímu spádu obsahu Cr**
 - ❖ **Vznik nauhličeného pásma**
 - ❖ **Vznik oduhličeného pásma**
 - ❖ **Změna vlastností svarového spoje**

☐ Doporučené popouštěcí teploty

Tabulka č. 1 

Tab1

☐ PM snižují rozdíl v obsahu Cr v ZM a SK

- ❖ **Snížení míry oduhličení a nauhličení**
- ❖ **Zlepšení vlastností svarového spoje**

☐ Svarový spoj 14MoV 6-3 - X10CrMoVNb 9-1

– **PM na bázi 3% Cr – 0,5% Mo – 0,3% V**

Obr. č. 1 

Obr. č. 1

– **Bezporuchový provoz kotlových trubek na elektrárně VÍTKOVICE 15 let**

– **PM pro svařování ocelí T/P22, T/P23 a T/P24 s oceli T/P91 a T/P92**

– **R_m min podle ČSN EN 10216-2 + A2**

– **Orientační přepočet R_m na HV podle ČSN EN ISO 18 265**

☐ Svarový spoj P22 – P91 (730°C / 2 hod.) Obr. č. 2 

Obr. č. 2

☐ Svarový spoj T91 – T23 (740°C / 30 min.) Obr. č. 3 

Obr. č. 3

☐ Svarový spoj T91 – T24 (740°C / 30 min.) Obr. č. 4 

Obr. č. 4

☐ Svarový spoj P23 – P92 (740°C / 2 hod.) Obr. č. 5 

Obr. č. 5

☐ Svarový spoj P23 – P92 (740°C / 4 hod.) Obr. č. 6 

Obr. č. 6

☐ Böhler Welding Group doporučuje PM pro svařování ocelí T/P23 a T/P 24

Svarové spoje mezi martenzitickými a austenitickými oceli

- ❑ Elektrárny s nadkritickými a superkritickými parametry

Tabulka č. 2 a 3 

Tab 2,3

- ❑ Hlavní problémy

- Rozdíly v teplotní roztažnosti A – M
- Možnost difuze C (M ocel – ASK)

- ❑ Jako PM slitiny Ni

- SK vyrovnává rozdíly v teplotní roztažnosti
- Prakticky zabraňuje difuzi uhlíku
- Nevznikají výrazné nauhličené a oduhličené oblasti
- Charakteristické mechanické vlastnosti

Obr. č. 7 

Obr č7

| | | |
|-------|---|---------|
| R_e | > | 400 MPa |
| R_m | > | 700 MPa |

| | | |
|-------|---|------|
| A_5 | > | 30 % |
| KV | > | 80 J |

vyhovují požadavkům
na heterogenní spoj M - A

- R_{mT} např. Alloy 617 za 100000 hodin je vyšší než u austenitických a martenzitických ocelí

Obr. č. 8, 9 

Obr. č. 8,9

□ Další informace

- **Co nejnižší T_p odpovídající M oceli**
- **Teplota interpass 100 až 150°C**
- **TZ odpovídající M oceli**
- **Metody svařování 111, 141, 131**
- **Svařovat s co nejmenším Q - max. 1kJ/mm.**
- **Doporučuje se použít polštářovací techniku nebo přechodové kusy**

- **Na svar niklovou slitinou nikdy nesvařovat austenitickým přídatným materiálem**

- ❖ **Navářit na M ocel s co nejnižší T_p min 2 vrstvy Ni slitinou**
- ❖ **Navářený díl TZ**
- ❖ **Provést NDT kontrolu**
- ❖ **Opracovat definitivní svarové plochy**
- ❖ **Výplň svaru svařit pouze Ni slitinou bez předehřevu a TZ**

Obr. č. 10,11



Obr. č. 10,11

ZÁVĚR

- Přednáška uvádí základní problémy při svařování heterogenních svarových spojů v energetice pro klasické, nadkritické a superkritické parametry páry
- Navrhuje jejich řešení na základě současných znalostí o této problematice

DĚKUJEME ZA POZORNOST

