

## ZVARITEĽNOSŤ MATERIÁLOV

**Zvariteľnosť** je definovaná ako spôsobilosť materiálu vytvoriť zváraním pri určitých technologických podmienkach, zvarové spoje požadovaných vlastností.

Zvariteľnosť sa všeobecne hodnotí posudzovaním degradácie celistvosti a vlastností zvarového spoja v porovnaní s neovplyvneným základným materiálom. Vlastnosti, ktoré sú pre hodnotenie degradácie smerodajné sa považujú za ukazovatele zvariteľnosti.

Na hodnotenie zvariteľnosti používajú dve skupiny ukazovateľov:

- **Ukazovatele celistvosti zvarových spojov**, charakterizujúce odolnosť zvarových spojov voči vzniku trhlín a iných neprípustných chýb.
- **Ukazovatele vlastností zvarových spojov**, charakterizujúce zmeny jednotlivých vlastností kovu v oblasti zvarového spoja v dôsledku zvárania.

Ukazovatele celistvosti zvarových spojov rozlišujeme podľa štyroch základných typov trhlín na:

- a) **Horúce trhliny**, označované tiež ako trhliny za tepla, sú trhliny, ktoré vznikajú pri ochladzovaní zvarových spojov pri vysokých teplotách. V oceliach vznikajú nad teplotou 850 °C. Podľa súčasnej klasifikácie rozlišujeme tri typy horúcich trhlín vo zvarových spojoch.
  1. **kryštalizačné** (solidifikačné) vznikajú vo zvarovom kove v priebehu jeho tuhnutia (kryštalizácie),
  2. **likvačné** - vznikajú vo vysoko vyhriatom (podhúsenicovom) pásme teplom ovplyvnenej oblasti základného materiálu, alebo aj zvarového kovu pri viac húsenicovom zvare,
  3. **polygonizačné**, označované tiež ako trhliny z poklesu ťažnosti, môžu vznikáť rovnako ako likvačné v teplom ovplyvnenej oblasti základného materiálu alebo zvarového kovu a pri nižšej teplote (~850 °C). Polygonizačné trhliny sú však charakteristické len pre vysokolegované austenitické ocele a Ni-zliatiny.
- b) **Studené trhliny** nazývané tiež vodíkom indukované trhliny, ak vznikajú po určitom čase od skončenia zvárania (nazývajú sa oneskorené trhliny) – vznikajú pri teplotách pod 300°C v TOO a v jedno a viac vrstvových spojoch vyššej pevnosti. Pravdepodobnosť ich vzniku stúpa prítomnosťou martenzitických a bainitických štruktúr vo zvarovom kove či TOO. Ich vzniku pomáha vysoká koncentrácia vodíka v ZK a TOO, do ktorých sa H dostáva z obalovej hmoty elektród, taviva, vlhkosti okolitého prostredia, z nečistých ochranných plynov alebo z nedostatočne očistených drôtov a zvarových hrán. V nemalej miere k ich vzniku prispieva aj tuhosť upnutia, ktorá po zváraní vyvolá vznik kontrakčných napätí vo zvarovom spoji.
- c) **Lamelárne trhliny** sú typom defektu v oblasti zvarového spoja, ktorý sa môže vyskytnúť vtedy, ak je oblasť TOO namáhaná pri zváraní v smere hrúbky plechu. Tieto trhliny sa väčšinou vyskytujú na konci TOO alebo v základnom materiáli. Trhliny majú kaskádovitý (stupňovitý) tvar, väčšinou rovnobežný s povrchom plechu. Môžu v oblasti zvarových spojov iniciovať dvoma spôsobmi:
  - 1 **exogénne**, z defektu iného typu, napr. z horúcej mikrotrhliny,
  - 2 **endogénne**, ak vzniká následkom vysokého namáhania v smere osi z štiepenia.

d) **Žihacie trhliny** sú interkryštalové trhliny vo vysokovyhriatom pásme teplom ovplyvnenej oblasti (zriedkavejšie i vo zvarovom kove), ktoré vznikajú a šíria sa vplyvom žihania zvarových spojov na zmenšenie vnútorných napätí. Rozlišujú sa dva základné typy žihacích trhlín:

1. **nízkotepločné** – (vyskytujú sa v rozsahu 200°C až 300°C) ,
2. **vysokotepločné** - (vyskytujú sa pri teplotách nad 300°C), ich príčinou je vyčerpanie plasticity kritickej zóny teplom ovplyvnenej oblasti v priebehu žihania, presnejšie, v priebehu relaxácie zvyškových napätí.

Špeciálnym prípadom vysokotepločných žihacích trhlín sú **podnávarové trhliny**, ktoré sa prednostne vyskytujú v hrubozrnnnej teplom ovplyvnenej oblasti vyhriatej vplyvom susedného návaru na teplotu tesne pod  $A_{C1}$ . Sú orientované pod uhlom 45 až 90° k smeru navárania. Vznikajú počas navárania páskovou austenitickou elektródou.

Vo zvarových spojoch vznikajú prevažne kombinácie trhlín napr. likvačné + studené, likvačné + žihacie alebo studené a lamelárne.

Aké ukazovatele celistvosti zvarových spojov je potrebné skúšať pre jednotlivé triedy tvárnych ocelí (tr. 10 až 17) a odliatky, (tr. 42 6 až 42 9).

Ukazovatele mechanických vlastností zvarových spojov sú:

- a) pevnosť zvarového spoja,
- b) vrubová húževnatosť a jej prechodová teplota v teplom ovplyvnenej oblasti,
- c) tvrdosť zvarového spoja.

Okrem ukazovateľov mechanických vlastností sem patria aj ukazovatele špeciálnych vlastností zvarových spojov:

- odolnosť proti krehkému lomu,
- únavové charakteristiky,
- korózna odolnosť,
- odolnosť proti radiačnému poškodeniu,
- žiaruvpevné a žiaruvzdorné vlastnosti a pod.

Zvarové spoje musia byť celistvé. Najnebezpečnejšími neceľnosťami sú trhliny, ktoré pôsobia svojím vrubovým účinkom ako koncentrátoři napätia a môžu sa šíriť ďalej náhle (krehký lom) alebo postupne (únavový lom).

Zvariteľnosť ocele je veľmi dobrá, ak je možné jednoducho, bez obmedzujúcich podmienok získať zvarové spoje požadovaných vlastností. Naopak, ak pri zváraní musíme použiť obmedzujúce podmienky (predhrev, limitovanie merného tepelného príkonu atď.), hovoríme, že materiál má obmedzenú zvariteľnosť.

Zvariteľnosť je možné rozdeliť na:

- **Metallurgickú** – z hľadiska fyzikálnych, chemických, metallurgických a metallografických zmien, vyvolaných zvaracím tepelným cyklom. Rozhodujúci vplyv na zvariteľnosť má chemické zloženie zvaraného materiálu.

- **Technologickú** – vplyv konkrétnej zvaračskej technológie a jej parametre (spôsob zvarania, prídavné materiály, tepelný príkon, postup kladenia vrstiev zvaru, tepelný režim zvarania, tepelné spracovanie zvarového spoja).
- **Konštrukčnú** – patrí sem hrúbka zvaraného materiálu, umiestnenie, veľkosť, tvar zvaru, tvar a príprava zvarových plôch, podmienky stavu napätosti, deformácií, pnutí a pod.
- **Operatívna** – napr. možnosti manipulácie so zvarom. Skompletizovanie konštrukčného uzla až na mieste jeho inštalácie (časti mostov, lodí a pod.).