

METALOGRAFICKÉ HODNOTENIE KOVOV A ZLIATIN

Hodnotenie spočíva v makroskopickom a mikroskopickom hodnotení:

- korózneho napadnutia (korózie),
- ovplyvnenia vlastností materiálu v prevádzke, napr. nedodržaním predpísaného režimu prevádzky,
- zle vykonaných zvarových spojov,
- prevádzkových vplyvov – dilatácia, preťaženie materiálu, prídavné pnutia, nevhodné konštrukčné riešenia,
- obvyklého dožitia materiálu (vyčerpanie žiarupevných vlastností),
- nevhodnej montáže
- zmeny materiálu
- nevhodných mechanických vlastností materiálu (zlé tepelné spracovanie)

Bežne sa v laboratóriách vykonáva hodnotenie, ktoré obnáša:

1. Hodnotenie mikroštruktúry ocele, liatin a neželezných kovov za účelom posúdenia kvality tepelného spracovania, alebo pre potreby analýz pri zisťovaní príčin materiálových porúch
2. Hodnotenie mikroštruktúry ocelí za účelom posúdenia štruktúrnej degradácie materiálov dlhodobo prevádzkovaných za zvýšených teplôt
3. Hodnotenie stupňa ovplyvnenia štruktúry v prípade havárie zariadenia spôsobených prekročením predpísaných prevádzkových teplôt za účelom posúdenia možnosti ďalšej prevádzky
4. Hodnotenie veľkosti zrna a stupňa znečistenia ocele
5. Posudzovanie tepelnej a chemicko – tepelnej úpravy povrchu vrátane merania mikrotvrdosti
6. Stanovenie hĺbky oduhličenia ocele
7. Posudzovanie kvality prevedenia kovových povlakov
8. Posudzovanie druhu a stupňa korózneho napadnutia
9. Posudzovanie väd tvárnených ocelových výrobkov z neželezných kovov.

Stanovenie veľkosti štruktúrnych zložiek

Veľkosť štruktúrnych zložiek sa stanovuje pomocou okulármikrometra a objektmikrometra. Okulármikrometer je kruhová sklenená doštička, na ktorej je stupnica rozdelená na 100 dielikov. Vkladá sa do ohniskovej roviny okulára.

Objektmeter je sklenená alebo kovová doštička, na ktorej je vyznačený 1 mm rozdelený na 100 dielikov. Pred vlastným meraním veľkosti štruktúrnych zložiek sa určí najprv mikrometrická hodnota, t.j. skutočná dĺžka v mm, ktorá odpovedá jednému dieliku okulármikrometra.

MIKROČISTOTA

Najväčšia pozornosť z hľadiska čistoty je venovaná oceliam. **Vmestkami (vtrúseninami) v oceliach nazývame častice, ktoré vznikajú v tekutom alebo v tuhom stave reakciou prímiesových prvkov s O, N, C v rozpustenom kove, vzájomnou reakciou prímiesových prvkov medzi sebou, alebo reakciou tekutého kovu s výmurovkou.**

Pojem **mikročistota ocele** zahrňuje vyjadrenie množstva, počtu, veľkosti a rozloženia **vmestkov rôzneho chemického zloženia**. Niektoré preberacie podmienky špecifikujú splnenie niektorého kritéria mikročistoty ocele.

Technické kovy obsahujú nečistoty, ktoré pochádzajú jednaj zo surovín a jednak z taviaceho a liaceho procesu. tieto nečistoty sa prejavujú vo forme vmestkov. Podľa pôvodu delíme vmestky:

- a) **exogénne**, ktoré sú uvoľnenými časticami žiaruvzdorného materiálu
- b) **endogénne**, ktoré vznikli metalurgickými reakciami pri tavení a odlievaní

Podľa chemického zloženia rozlišujeme vmestky:

a) **oxidy**

Pri výrobe ocelí sa C a iné prímеси odstraňujú oxidáciou. Najčastejšie oxidy sú FeO, MnO, SiO₂, Al₂O₃, atď. Kyslíčniky na výbruse sa prejavujú väčšinou vo forme globúl, často veľmi jemných.

b) **Kremičitany**

Kremičitany sú zložené a najčastejšie vmestky v oceliach. Rozpúšťajú rôzne oxidy, sírniky a iné chemické zlúčeniny, s ktorými sa zlučujú, alebo s nimi vytvárajú rôzne eutektiká a mechanické zmesy.

Najjednoduchšie vznikajú kremičitany železa (2FeO . SiO₂) a mangánu, ďalej vápnika a hliníka, menej už chrómu alebo titánu. Nikel kremičitany netvorí., vápnika atď. Kremičitany sú väčšinou hrubšie globulitické útvary tmavosivej farby. Sú plastické a poloplastické.

c) **Hlinitany**

Vznikajú pri dezoxidácii hliníkom a tvoria jemné útvary vydrolené do riadkov. Sú tvrdé, ostrohranné a nedeformovateľné.

d) **Sulfidy**

Najčastejšie vmestky v oceliach. Najznámejšie sú FeS, MnS. Sulfidy sú väčšinou tvárnením pretiahnuté útvary svetlosivej farby. Sú najmenej škodlivé.

Vmestky majú menší súčiniteľ teplotnej rozťažnosti ako základná kovová matrica. Napr. kalením sú stáčané, čím vzniká pnutie. Pnutia môžu v prevádzke prekročiť medzu sklzu alebo aj medzu pevnosti, čo býva príčinou predčasného porušenia materiálu. Na veľkosť týchto pnutí má vplyv aj celkový obsah a tvar vmestkov, ktorý môže byť ovplyvnený kovaním alebo valcovaním.

Vmestky nachádzajúce sa na funkčných plochách napr. ložiska, slúžia ako koncentratory kontaktného napätia a stávajú sa zárodkami porušenia (kontaktná únava), ktoré sa šíri v závislosti od polohy inklúzií a nimi vyvolanej koncentrácie napätia. S narastajúcim počtom zaťažovacích cyklov vzniká na kontaktných plochách poškodenie – pitting – nasleduje vylupovanie dotykových vrstiev – zničenie ložiska.

Výrazný nežiadúci vplyv na mechanické vlastnosti majú hlavne:

- Vmestky pretiahnutého tvaru, ktoré spôsobujú pokles ťažnosti.
- Drobné vmestky guľovitého tvaru túto anisotropiu mechanických vlastností nevyvolávajú.

- Rozloženie vmestkov na hraniciach zŕn, čo vyvoláva zníženie plastických vlastností. U silne tvárnených ocelí sa sieťovité vmestkov rozrušuje a jeho nepriaznivý vplyv sa tým odstráni.
- vmestky makroskopickej veľkosti – tieto môžu vyvolať únavový lom (pre dynamicky namáhané súčiastky sa musí dodržať čo najvyššia čistota materiálu).

HODNOTENIE MIKROČISTOTY:

Porovnávacie metódy

Najbežnejším spôsobom je hodnotenie mikročistoty podľa vzorových stupníc, kedy sa pozorované polia priradujú k poliam podľa predlohy, s ktorými sa najviac zhodujú. Pri hodnotení sa posudzuje typ podľa tvaru, množstva, veľkosť a rozloženie vmestkov.

Vmestky sa triedia podľa typov:

- sulfidický a kremičitanový (sú tvárne a v riadkoch)
- typ Al_2O_3 krehké netvárne a bodové v riadkoch
- globulitický typ (netvárne oxidy), niekedy aj typ nitridov (bodový).

Nevýhoda: Subjektivita hodnotiteľa a stupnice.

Stupnice totiž vznikli z konkrétnych a špecifických potrieb danej akosti ocele a nemusia byť najvhodnejšie aj pre ocele iného použitia. Zväčša sú aj pomerne hrubé a nerovnomerne odstupňované.

Za týchto podmienok vznikajú rôzne špecifické a špeciálne dodacie podmienky, ktoré uvádzajú vlastné porovnávacie etalóny mikročistoty ocele a ktoré sú často zamerané na jeden typ vmestkov a v podstate uvádzajú vzorky vyhovujúceho a nevyhovujúceho tvaru, veľkosti, rozloženia a množstva.

Metódy kvantitatívne

Kvantitatívne sa obrazovým analyzátorom hodnotí:

- plošný podiel vmestkov, t.j. % plochy vmestkov z celkovej plochy meraného poľa,
- počet vmestkov na jednotku plochy alebo poľa
- projektované dĺžky vmestkov na jednotku plochy,
- pomer projektovanej dĺžky vmestkov a plošného podielu vmestkov, čo sa využíva napr. pri štúdiu plasticity vmestkov alebo pretiahnutia vmestkov

HODNOTENIE KORÓZNEJ ODOLNOSTI

Korózia – súhrn heterogénnych chemických a elektrochemických reakcií prebiehajúcich medzi povrchom kovu a okolitým agresívnym prostredím, ktoré vedú k rozrušeniu kovu.

Z hľadiska mechanizmu sú tieto deje:

- **chemické** - prebiehajú v plynných prostrediach za vyšších teplôt (napr. vznik okují) a v elektricky nevodivých kvapalných prostrediach (napr. v organických kyselinách)
- **elektrochemické** – prebiehajú vo vodivých kvapalných prostrediach. Základným predpokladom je vznik tzv. katódových a anódových miest na korodujúcom kove. (*Korózia vo vodných roztokoch elektrolytov (kyseliny, roztoky solí, morská voda), Korózia v taveninách solí a v tekutých kovoch, Atmosferická korózia, Korózia vo vodách, Pôdna korózia, Korózia bludnými prúdmi – vzniká pôsobením vonkajších jednosmerných elektrických prúdov, ktorú preniknú do sústavy materiál – prostredie*).

Podľa povahy korózneho napadnutia sa obvykle korózia delí na :

- **koróziu rovnomernú** – prebieha rovnomerne po celom povrchu, pričom dochádza k rovnakému úbytku kovu
- **koróziu nerovnomernú** – prejavuje sa napadnutím len niektorých miest povrchu materiálu do rôznej šírky a hĺbky

Metódy skúšania

- **zist'uje sa odolnosť materiálu a povrchových ochrán proti korózii** a stanovujú sa vlastnosti a trvanlivosť voči vplyvom určitého korózneho prostredia, daného príslušnými koróznymi faktormi. Skúška musí prebiehať s dostatočným počtom vzoriek, za takých podmienok a takú dobu, aby bola zistená reprodukovateľnosť skúšok a čo najväčšie napodobenie prevádzkových podmienok, pri umožnení extrapolácie získaných výsledkov na ďalšie časové obdobie.

Vyhodnocovanie

- robí sa podľa zmien zvolenej veličiny (hmoty, hrúbky, mechanických vlastností, vzhľadu, zmeny štruktúry, hĺbky napadnutia).
- môže sa robiť kvalitatívne (hodnotením zmeny vzhľadu) alebo kvantitatívne

Metalografické hodnotenie

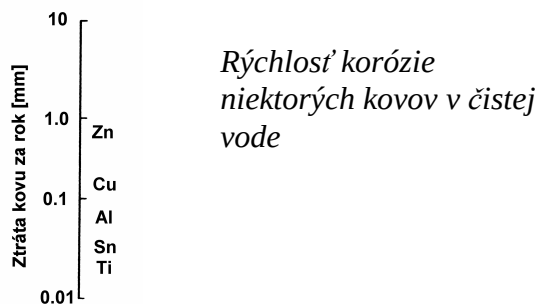
- vzorky sa odoberajú z miest, kde bolo alebo vizuálne alebo pri menšom zväčšení zistené korózne napadnutie
- ak nie je miesto vizuálne zistiteľné, alebo ak bola korózia rovnomerná, odoberajú sa vzorky z funkčne dôležitých miest
- metalografické hodnotenie sa robí najmenej na 3 z toho istého vzorku
- vzorky sa odoberajú tak, aby plocha výbrusu bola kolmá na skorodovaný povrch – priečny rez
- vzorky je potrebné dôkladne označiť, aby nedošlo k ich zámene
- štruktúra sa nesmie odoberaním poškodiť
- leptanie nesmie meniť charakter korózneho napadnutia

- výbrus sa hodnotí pred a po naleptaní

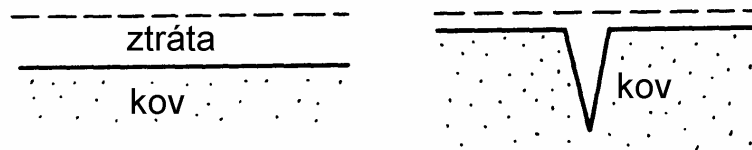
Hnacou silou korózie je **korózne napätie**, ktoré nám hovorí o tom, ako je daný kov náchylný ku korózii.

Hodnoty korózneho napätia nám môžu slúžiť k odhadu toho, čo sa stane, keď spojíme 2 rozdielne kovy a dáme ich napr. do vody.

Ak spojíme Cu+Zn; Zn má väčšie korózne napätie ako Cu. Zn sa stáva anódou a je korózne napadaný, Cu sa stáva katódou, kde dochádza k oxidickej reakcii a nie je korózne napadaná. Takáto dvojica rozdielných kovov môže byť nebezpečná. Korózne napadnutie kovu, ktorý tvorí anódu je spravidla veľmi rýchle – **mosadzné odzinkovanie**.

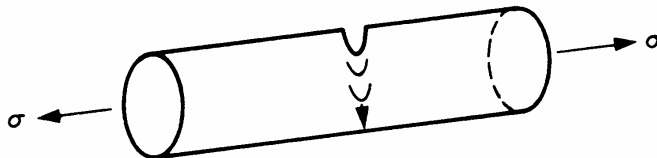


Lokálne napadnutie – korózne praskanie



Často zistíme, že korózia za vlhka, napadá kov tzv. selektívne (výberovo) a to môže vyvolať haváriu určitej súčasti oveľa skôr, ako by k nej došlo rovnomernou plošnou koróziou. Ak pôsobí napätie a korózia súčasne je situácia obzvlášť nebezpečná, vznikajúce trhliny sa rýchlo a náhle šíria ďalej. Obecne rozoznávame 4 druhy korózneho praskania, ktoré môže viesť až k náhlym lomom.

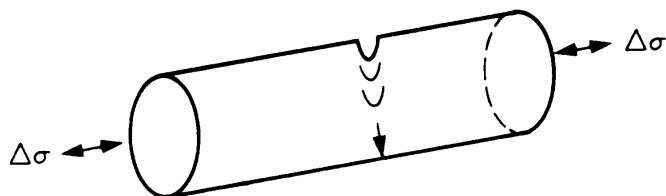
➤ **napät'ové korózne praskanie**



V niektorých materiáloch a prostrediach trhliny rastú stabilne pri hodnote faktora intenzity napätia K_I , ktorá je menšia ako hodnota K_{IC} . V týchto prípadoch sa ako materiálová charakteristika používa veličina K_{ISSC} . To je samozrejme nebezpečné. Konštrukcia, je pri uvedení do prevádzky bezpečná, ale časom sa stáva nebezpečnou.

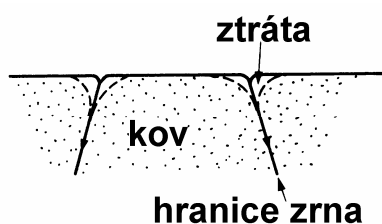
Pr. Mosadze v parách čpavku, niektoré zliatiny Al, Mg a Ti v morskej vode.

➤ **korózna únav**



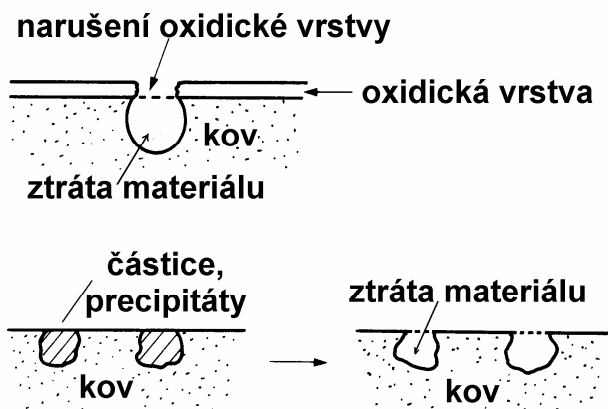
Korózia má u väčšiny kovov výrazný vplyv na únavové vlastnosti. Napr. hodnota medze únavy, ktorá odpovedá $N_f = 2 \cdot 10^7$ cyklov, klesne 4x v slanej vode v prípade bežných ocelí. Rýchlosť šírenia trhliny je väčšia – často oveľa väčšia – ako je súčet rýchlostí rastu trhliny vplyvom korózie a únavy.

➤ **medzikryštálová (interkryštalická) korózia**



Hranice zrn majú spravidla iné korózne vlastnosti ako vlastné kryštalické zrná a môže tak dochádzať k ich prednostnej korózii. Vznikajúce trhliny sa potom môžu šíriť mechanizmom korózie pod napätím, príp. koróznou únavou.

➤ **jamková korózia (pitting)**



K lokálnemu napadnutiu koróziou dochádza spravidla v miestach, kde došlo k narušeniu ochranného oxidického filmu, napr. abráziou, rozrušením precipitátov v zliatine, a pod.

Nečakané korózne porušenie materiálu sa v praxi deje predovšetkým lokálnym napadnutím, ale nie rovnomernou koróziou (tá je lepšie detekovateľná). Hoci existujú materiálové databázy, ktoré zahŕňajú odolnosť materiálu voči korózii, je potrebné pre konkrétny návrh súčasti, ktorá pracuje v koróznom prostredí posúdiť jej životnosť experimentálne. Experiment by sa mal robiť v prostredí, ktoré čo najvernejšie napodobňuje prevádzkové prostredie.

Korózne poškodenie výfuku auta

Životnosť bežného výfukového systému priemerného rodinného automobilu je spravidla 2 roky. To nie je prekvapivé, výfuk sa robí z obvyčajnej ocele, a ako vieme, tento materiál nie je odolný voči korózii. Vnútrajšok výfuku nie je natretý a začne korodovať v okamihu, keď príde do kontaktu s vlhkými spalínami motora.

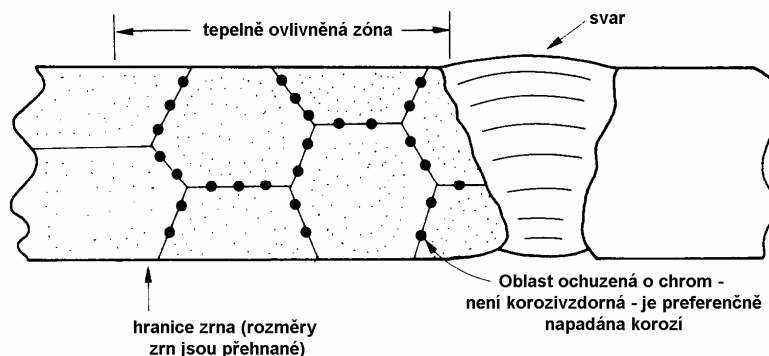
Jednoduchý a lacný vonkajší náter má skôr *kozmetický charakter* a začne počas prevádzky opadávať a dochádza ku korózii. Ionty chloridov zo soli, ktorá sa používa na solenie ciest v zimnom období rozrušujú vrstvu oxidov železa a koróziu ešte urýchlia.

Životnosť výfukového potrubia by bolo možné predĺžiť *použitím povrchovo povlakovaných plechov*. Problémom, je ale povlak v mieste, kde je výfuk zvarovaný. Napr. Zn v mieste zvaru zhorí (Zn má teplotu topenia 420°C), alebo dôjde k odlúpeniu, odpadnutiu povlaku u kovu s vysokou teplotou topenia (napr. Ni, 1455°C).

V prípade starších automobilov Škoda, ktoré mali motor vzadu, došlo preukázateľne k predĺženiu životnosti výfuku žiarovým nástrekom hotového výfuku hliníkom.

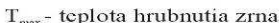
Alternatívne materiály

Najúspešnejším spôsobom ako zabrániť korózii by bolo použiť nehrdzavejúcu oceľ. Na povrchu vzniká film Cr_2O_3 , ktorý pôsobí ako ochrana. Problém je ale pri výrobe výfukov a to keď sa používa zvarovanie. U niektorých antikorózných ocelí – v oblasti blízkej zvaru – TOO – dochádza počas prevádzky ku korózii.



V oceli je vždy C. V TOO dôjde pri vyšších teplotách k interakcii C a Cr (v okolí hraníc zŕn) a vznikajú karbidy chrómu. Pretože okolie hraníc zŕn je ochudobnené o Cr a nemôže sa tak vytvárať ochranný film Cr_2O_3 – dochádza na tomto mieste k medzikryštálovej korózii. Dá sa to riešiť tzv. stabilizáciou antikorózných ocelí – pridaním Ti alebo Nb (stabilné karbidy).

Štruktúra zvarového spoja



Makroskopický rozbor:

V zvarovom spoji môžeme odlíšiť 3 oblasti:

1. **Zvarový kov** (množstvo roztaveného kovu je malé, rýchlosť ochladzovania veľká, primárna štruktúra je hrubozrnná, výrazne orientovaná – **Kolumnárne kryštály**).

Tvorí sa v procese zvrárania pretavením prídavného materiálu a časti základného materiálu, prípadne prechádzajúcej húsenky.

- pri viacvrstvovom zvare (dvoj, troj) má prvá a druhá vrstva jemnú pravidelnú štruktúru, len tretia posledná má kolumnárnu štruktúru.
- pri zváraní plameňom, keď sa zvar spravidla robí ako 1-vrstvový je množstvo roztaveného kovu oveľa väčšie, rýchlosť ochladzovania menšia a výsledná štruktúra je hrubá, nepravidelná a s výraznou orientáciou v celom priereze zvaru.

Môžeme tu sledovať:

- makroskopické vady zvaru v rovine výbrusu
- stanoviť postup výroby zvaru

2. **TOO** – vplyvom miestneho ohrevu v zvare vznikajú miesta s rozličnou teplotou, od teploty tavenia kovu až po teplotu okolia. Nastávajú tu veľké zmeny v štruktúre ocele, mení sa zrno.

- pri leptaní na makro má inú intenzitu leptania, takže je výrazne oddelená od ZK a ZM.
- z jej rozmerov a šírky môžeme usudzovať o prehriatí ZK, príp. o technológii a parametroch zvarovania

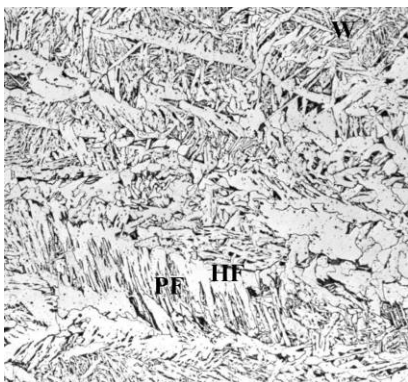
3. **Základný materiál** – začína tam, kde materiál vôbec nebol ohriaty, resp. ohrev nemal za následok štruktúrne zmeny, je to teda oblasť zváraním neovplyvnená.

Mikroskopický rozbor

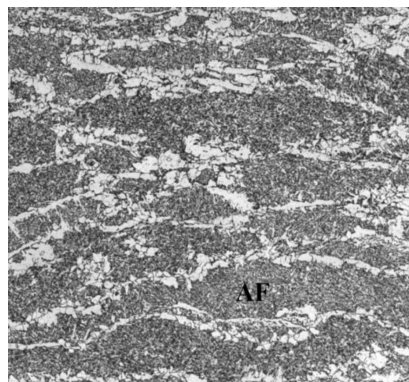
I- Mikroštruktúra zvarového kovu (ZK)

Mikroštruktúra zvarového kovu je tvorená kolumnárnymi kryštálmi, ktorých kryštalizácia začína na stenách neroztaveného alebo čiastočne nataveného základného materiálu. Klasifikáciu mikroštruktúr ZK môžeme urobiť nasledovne:

- *Primárny ferit (označený F)* môže byť vylúčený po hraniciach zŕn (označený HF) alebo vo vnútri zŕn pôvodne austenitických ako polyedrický (polygonálny) ferit. Polyedrický ferit sa vyskytuje tiež v TOO mikrolegovaných ocelí.



ZK jednovrstvového zvarového spoja ocele 11 523 zhotoveného zvarovaním automatom pod tavivom, lept. 1 % Nital



ZK viacvrstvového zvarového spoja mikrolegovanej ocele so zvýšenou R_c zhotoveného metódou zvarovania pod tavivom, lept. 1 % Nital

- *Postranný ferit (označený PF)* je charakteristický miestom nukleácie a spôsobom rastu latiek feritu. Latky nukleujú na primárne vylúčenom ferite (F) po hraniciach zŕn pôvodného austenitu. Vytvárajú paralelne usporiadaný komplex ihlíc feritu, rastúci smerom do zrna pôvodného austenitu. Medzi latkami je možné pozorovať perlit, ktorý je podobný ako Widmanstättenický ferit (označený W).
- *Acikulárny ferit hrubý (HAF)* je charakterizovaný väčšími nepolyedrickými zrnami spolu s nepravidelnými ostrovmi pseudoperlitu. Vyskytuje sa predovšetkým v TOO. Vo zvarovom kove sa tiež môže vyskytovať horný bainit, dolný bainit a martenzit. Sú to však štruktúry svetelným mikroskopom nerozlíšiteľné, a preto sa v našom prípade nimi nebudeme bližšie zaoberať.
- *Acikulárny ferit jemný (označený AF)* je nepolyedrická štruktúra, ktorá sa vyskytuje najmä vo zvarovom kove môže sa vyskytovať aj v podhúsenicovej zóne mikrolegovanej ocele. Štruktúra AF má dobré plastické vlastnosti.

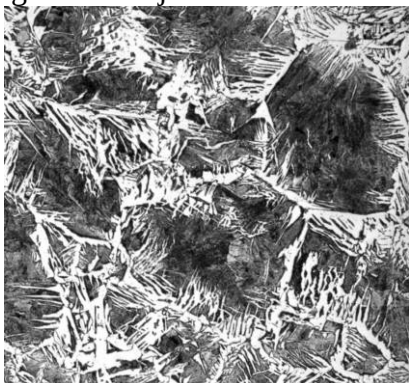
II – Mikroštruktúra zóny čiastočného natavenia (hranica natavenia)

Zóna II je oblasť teplôt medzi likvidom a solidom príslušnej ocele. Táto zóna (pásмо) je veľmi úzka a ťažko metalograficky rozlíšiteľná. (Dochádza k vyrovnaniu chemického zloženia. V dôsledku priameho kontaktu so zvarovým kovom je tu možnosť intenzívnej difúzie vodíka a teda i možnosť iniciácie trhlín za studena.)

III – Mikroštruktúra podhúsenicovej zóny

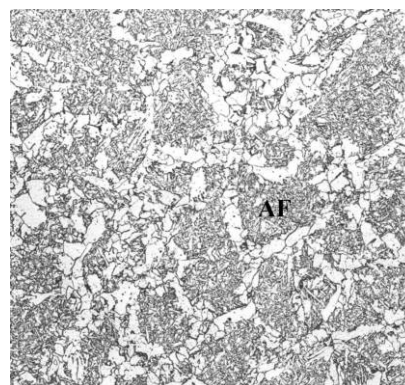
V tejto oblasti (interval teplôt medzi $A_{c3} + 150$ °C až solidus) nastáva zhrubnutie austenitického zrna v dôsledku ohrevu na vysoké teploty u ocelí, náchylných na rast austenitického zrna zvarovaných s veľmi vysokým tepelným príkonom (rast zrna je vyvolaný výdržou na vysokej teplote). Pri ochladzovaní nízkouhlíkových ocelí vzniká feriticko-perlitická štruktúra s výraznou Widmanstättenickou štruktúrou (W), ktorá vzniká v dôsledku orientovaného vylučovania feritu.

- ferit prednostne prekryštalizuje po hraniciach zŕn austenitu a v tvare ihlíc vo východných kryštalografických smeroch.
- vylúčenie feritu je charakteristické – sieťovo vylúčený ferit, z ktorého vyrastajú primárne feritické ihlice často svojou dĺžkou totožné s veľkosťou pôvodných austenitických zŕn. z týchto potom vyrastajú sekundárne, príp. ternárne feritické ihlice. Perlit je vylúčený v degenerovanej forme – v medziferitickom priestore.



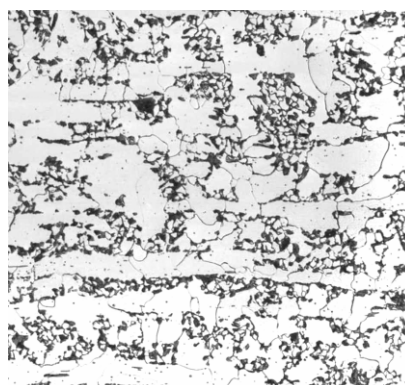
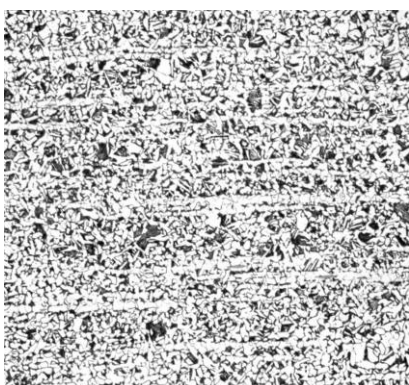
- mechanické vlastnosti sú charakteristické zvýšenou HV, Rm, Re ale zníženými hodnotami húževnatosti.

III – podhúsenicová zóna jednovrstvového zvarového spoja ocele 11 523 zhotoveného zváraním automatom pod tavivom,



III – podhúsenicová zóna viacvrstvového zvarového spoja mikrolegovanej ocele so zvýšenou R_e zhotoveného metódou zvárania pod tavivom, lept. 1 % Nital

Mikrolegované zvarateľné ocele so zvýšenou R_e sa v dôsledku mikrolegovania chovajú pri ohreve odlišne a v TOO nenastáva taký výrazný nárast austenitického zrna. Výsledná mikroštruktúra je charakterizovaná výskytom polyedrického feritu a acikulárneho feritu (AF) vo vnútri pôvodného austenitického zrna.



IV – zóna normalizácie jednovrstvového zvarového spoja ocele 11 523 zhotoveného zváraním automatom pod tavivom, lept. 1 % Nital

V – zóna čiastočnej prekryštalizácie jednovrstvového zvarového spoja ocele 11 523 zhotoveného zváraním automatom pod tavivom, lept. 1 % Nital

IV – Mikroštruktúra zóny normalizácie

Po ochladení z oblasti teplôt Ac_3 až $Ac_3 + 100$ až 150 °C vzniká jemnozrnná feriticko-perlitická polyedrická štruktúra.

V – Mikroštruktúra zóny čiastočnej prekryštalizácie

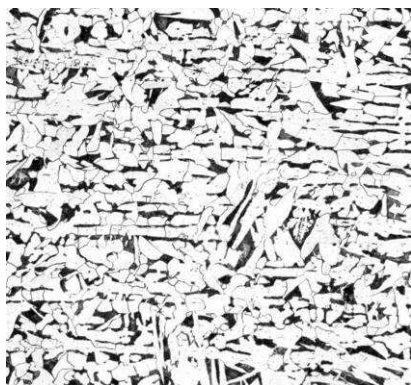
V oblasti teplôt medzi Ac_1 až Ac_3 dochádza k čiastočnej austenitizácii. Pri ochladzovaní nízko-uhlíkových ocelí vzniká transformovaný perlit chumáčkovitého tvaru.

VI – Mikroštruktúra zóny žihania na mätko

Je to oblasť teplôt s T_{max} medzi 500 °C až Ac_1 . Pri bežných metódach zvarovania (elektródou, v ochrannej atmosfére) zmeny mikroštruktúry nenastávajú. U metód s veľkým tepelným príkonom môže dôjsť k čiastočnej sferoidizácii perlitu.

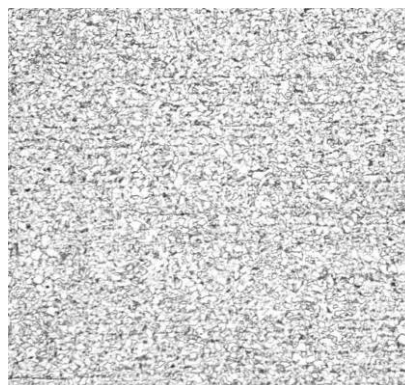
VII – Mikroštruktúra základného materiálu (ZM)

Moderné konštrukčné ocele sú charakterizované tým, že sa u nich vo vysokej miere využívajú fyzikálne metódy spevňovania, ako je zjemnenie zŕn, precipitačné, substitučné a intersticiálne spevnenie, ktoré dosahujeme napr. termomechanickým spracovaním, disperzným spracovaním a pod. Toto umožňuje znížiť priemerný obsah C v oceli, takže súčasne ocele tejto kategórie majú typický obsah uhlíka do 0,15 %.



základná materiál – ocel' 11523,
Nital

lept. 1 %



základný materiál, mikrolegovaná ocel',
Nital

lept. 1 %

MERANIE MIKROTVRDOSTI ZVAROVÝCH SPOJOV

Mikrotvrdosť sa meria na priečných rezoch zvarových spojov. Skúšanie sa vykonáva tak, aby sa stanovila najvyššia a najnižšia hodnota tvrdosti tak základného materiálu (v prípade nerovnakých základných materiálov obidvoch), ako aj zvarového kovu.

Druh skúšania upravuje norma STN EN 1043-2. Skúšanie sa vykonáva v súlade s ISO 6507-1.

Podstata:

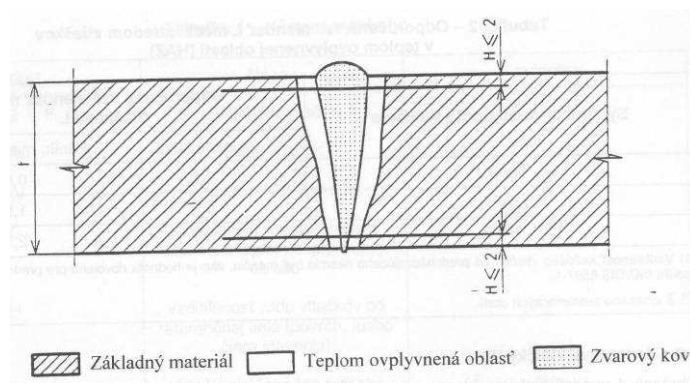
Skúška sa má robiť alebo vo forme radu vtlačkov **R**, alebo ako jednotlivé vtlačky **E**. Ak nie je príslušný typ zvaru uvedený v príkladoch, skúšobný postup musí byť primeraný zvarovému spoju. Ak nie je špecifikované inak skúša sa pri $23 \pm 5^\circ\text{C}$.

Priečný rez sa musí odoberať mechanickým rezaním, zvyčajne priečne zvarovým spojom. Táto operácia a následná úprava povrchu sa musia vykonať starostlivo, aby tvrdosť meraného povrchu nebola ovplyvnená metalurgicky. Skúšaný povrch musí byť starostlivo upravený a prednostne by mal byť naleptaný, aby bolo možné dosiahnuť presné merania uhlopriečky vtlačkov v rôznych oblastiach zvarového spoja.

Na obr.1 až obr.3 sú uvedené príklady vtlačkov merania tvrdosti zhotovené v líniiach vrátane vzdialenosti od povrchu, tak aby tieto línie alebo ich časti umožnili vyhodnotenie celého zvarového spoja. V prípade potreby možno vyhotoviť aj dodatočné línie vtlačkov.

V kovoch ako hliník, meď alebo ich zliatiny, línie na koreňovej strane tupých zvarov (obr.1) nie sú potrebné.

Počet a rozostup vtlačkov musí byť dostatočný na definovanie vytvrdených alebo zmäkčených oblastí v dôsledku zvarovania. Odporúčaná vzdialenosť medzi stredom vtlačkov v TOO (HAZ) je uvedená v tab.1. Musí sa vyhotoviť dostatočný počet vtlačkov, aby sa zabezpečilo, že sa odskúša aj neovplyvnený základný materiál. Pre kovy, ktoré v TOO v dôsledku zvarovania tvrdnú, sa majú v TOO vyhotoviť 2 dodatočné vtlačky vo vzdialenosti $\leq 0,5$ mm medzi stredom vtlačku a hranicou stavenia (obr.2).

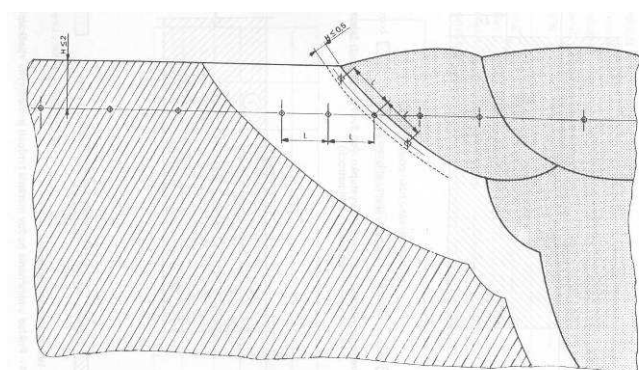


Obr.1 Príklad línie vtlačkov R v tupých zvaroch železných kovov

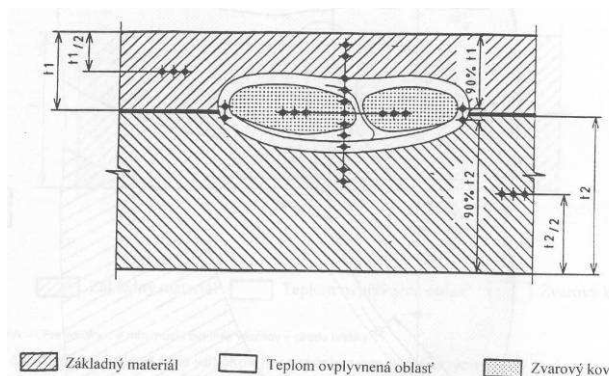
Tab.1

Odporúčaná vzdialenosť L medzi stredom vtlačkov v TOO (HAZ)

Symbol tvrdosti podľa Vickersa	Odporúčaná vzdialenosť medzi vtlačkami L	
	Železné kovy *	Hliník, meď a ich zliatiny
HV 0,1	0,2	0,6 až 2
HV 1	0,5	1,5 až 4
HV 5	0,7	2,5 až 5
* okrem austenitických ocelí		



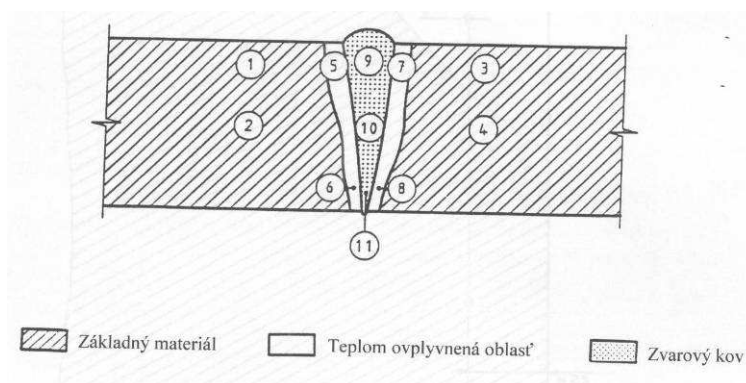
Obr.2 Umiestnenie vtlačkov v tupých zvaroch železných kovov (okrem austenitických ocelí)



Obr.3 Umiestnenie vtlačkov v bodových a výstupkových švových zvaroch žel. kovov

Obr.4 uvádza typické oblasti umiestnenia jednotlivých vtlačkov. Série 1-4 poskytnú informácie o neovplyvnenom základnom materiáli, série 5- 8 zodpovedajú TOO a série 9 - 11 zvarovému kovu. Iné umiestnenie vtlačku možno určiť aj na základe metalografickej skúšky.

Aby sa zabránilo vplyvu deformácie spôsobenej vtlačkom, minimálna vzdialenosť medzi stredom jednotlivých vtlačkov v ľubovoľnom smere nesmie byť menšia ako 2,5 násobok priemernej uhlopriečky najbližšieho vedľajšieho vpichu. Pri skúšaní s jednotlivými vtlačkami sa musia oblasti číslovať, ako je to uvedené na obr.4.



Obr.4 Príklad umiestnenia bodov merania tvrdosti jednotlivými vtlačkami (E)

Z meraní sa musí vyhotoviť protokol o skúške. Informácie, ktoré musí obsahovať sú uvedené v prílohách A a B. Odporúča sa používať ich ako formuláre. Iné formuláre možno použiť podľa STN EN 1043-2 len, ak obsahujú všetky požadované informácie.

PRÍLOHA A
SKÚŠKA TVRDOSTI (R) ZVAROVÝCH SPOJOV

Druh skúšky tvrdosti:

Označenie skúšobného stroja:

Základný materiál:

Hrúbka materiálu:

Typ zvaru:

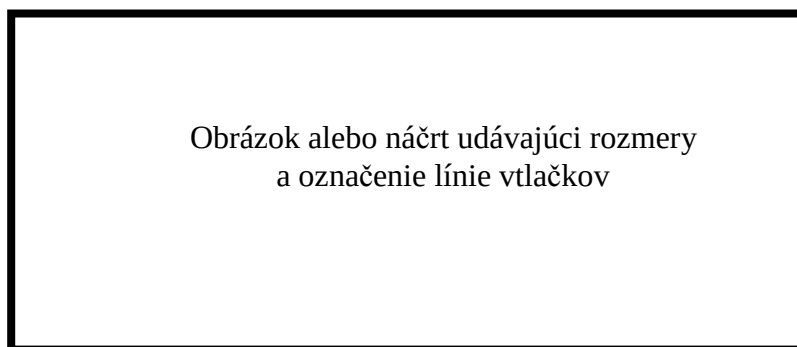
Spôsob zvarovania:

Zvárací materiál:

Tepelné spracovanie po zváraní a/alebo starnutie:

Stručné označenie línie vtlačkov:

Poznámky:



**T
v
r
d
o
s
ť**
HV

600
500
400
300
200
100

0

Stred zvaru

Vzdialenosť od stredu zvaru (v mm) =

PRÍLOHA B
SKÚŠKA TVRDOSTI (E) ZVAROVÝCH SPOJOV

Druh skúšky tvrdosti:

Označenie skúšobného stroja:

Základný materiál:

Hrúbka materiálu:

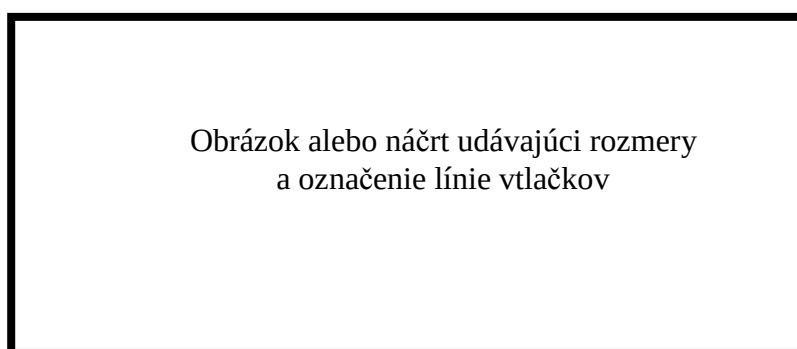
Typ zvaru:

Spôsob zvarovania:

Zvárací materiál:

Tepelné spracovanie po zvaraní a/alebo starnutie:

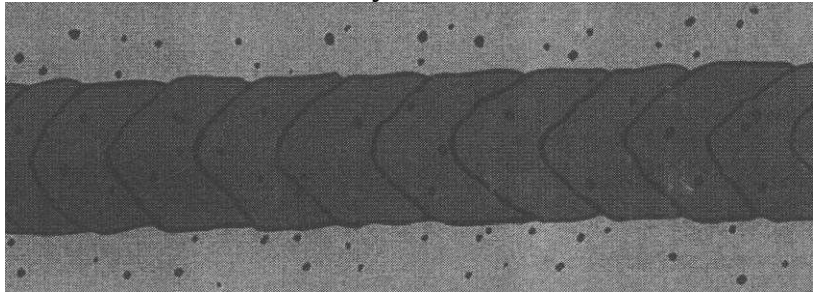
Poznámky:



		Oblasť	Poloha vtlačku	Jednotlivé hodnoty tvrdosti HV
Základný materiál	Neovplyvnený kov	1	Základný materiál, neovplyvnený, povrch	
		2	Základný materiál, neovplyvnený, stred	
		3	Základný materiál, neovplyvnený, povrch	
		4	Základný materiál, neovplyvnený, stred	
	TOO	5	Základný materiál, TO vrchná časť zvaru	
		6	Základný materiál, TO spodná časť zvaru	
		7	Základný materiál, TO vrchná časť zvaru	
		8	Základný materiál, TO spodná časť zvaru	
Zvarový kov		9	Zvarový kov, vrchná časť	
		10	Zvarový kov, stredná časť	
		11	Zvarový kov, spodná časť	

CHYBY V ZVAROVOM SPOJI

Veľký rozstrek



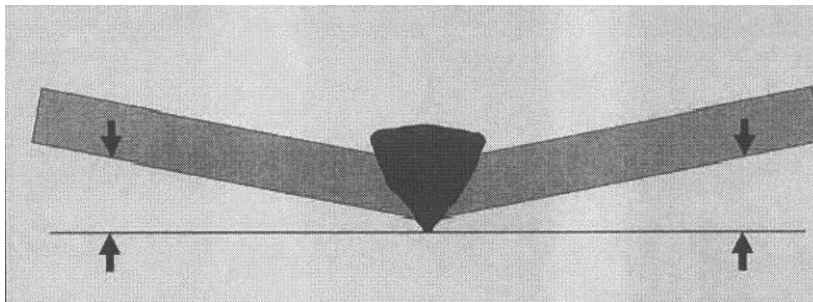
Príčiny

- príliš veľký zv. prúd
- dlhý oblúk
- nesprávna polarita
- vlhkosť alebo nečistota na zvarových hranách

Opatrenie

- zníženie zv. prúdu
- zmenšenie dĺžky oblúka
- kontrola polarity
- osušiť miesto zvaru

Uhlové deformácie



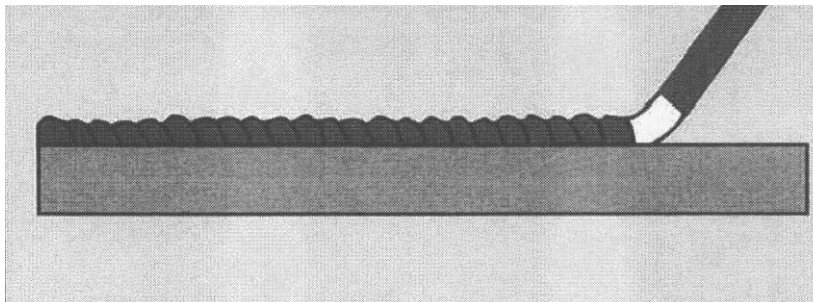
Príčiny

- nevhodný postup zvarovania
- veľký počet vrstiev
- nesymetrické zvary

Opatrenie

- obojstranné zvarovanie
- elektródy väčšieho prierezu
- správne poradie kladenie vrstiev
- riadne upevnenie zvarenca

Fúkanie oblúka



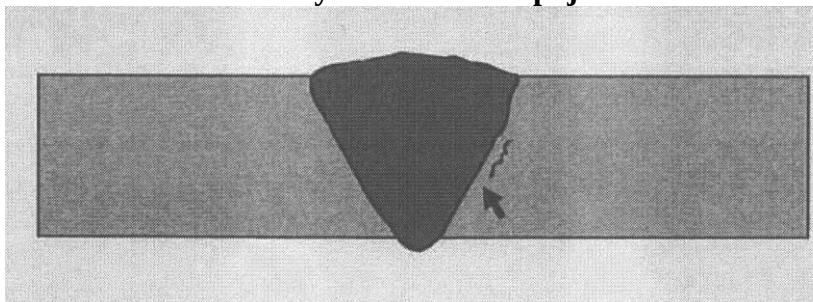
Príčiny

- fúkanie el. oblúka vplyvom mg. polí
- vyskytuje sa pri zvaraní jednosmerným prúdom
- prejavuje sa po hranách zvarenca

Opatrenie

- voliť striedavý prúd
- zmena uhla elektródy

Trhliny vo zvarovom spoji



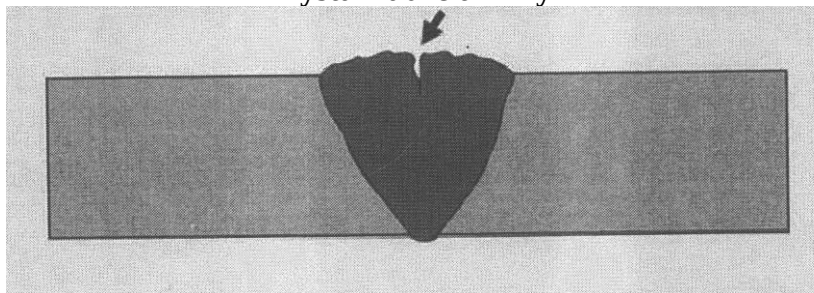
Príčiny

- základný materiál má väčší % C, Mn alebo ďalších legúr
- rýchle ochladzovanie v TOO
- vlhké elektródy

Opatrenie

- voliť zvarateľný materiál
- znížiť rýchlosť ochladzovania v TOO
- použitie vysušených bázičských elektród

Kryštalizačné trhliny



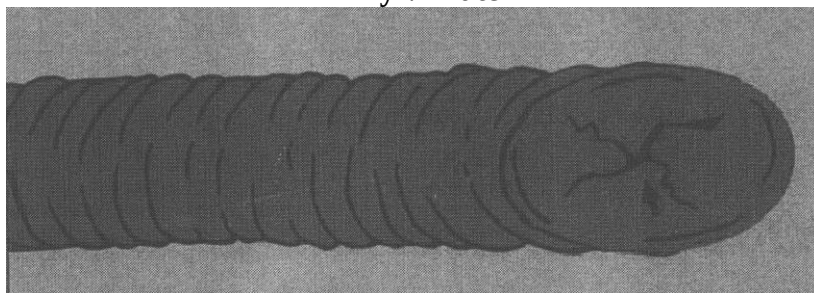
Príčiny

- nevhodný typ elektródy
- základný materiál s vysokým obsahom C a Si
- nevhodná geometria zvaru
- zvar nie je dostatočne dimenzovaný

Opatrenie

- elektródy s bázickým obalom
- vhodný základný materiál
- zamedzenie širokých medzier medzi zvarencami
- dimenzovanie zvarov

Trhliny v kráteri



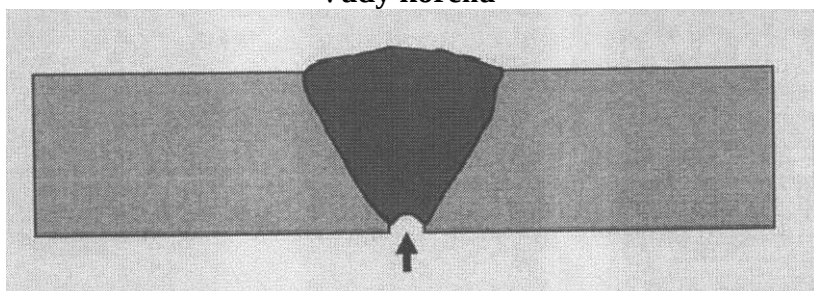
Príčiny

- príliš rýchle ukončenie zvarovania (trhlina začínajúca v dutine krátera je zapríčinená vplyvom zmrašťovania pri tuhnutí zvarového kovu)

Opatrenie

- vyplnenie krátera po ukončení zvarovania

Vady koreňa



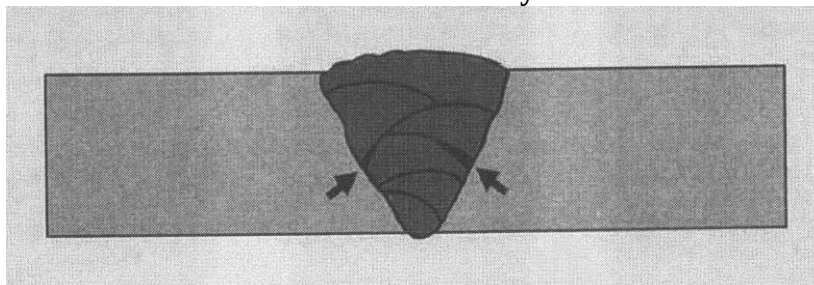
Príčiny

- postupová rýchlosť zvarovania je veľká
- medzera medzi zvarencami je malá
- nevhodné vedenie elektródy

Opatrenie

- zníženie rýchlosti zvarovania
- voliť menší priemer elektródy
- správna medzera medzi zvaranými dielmi
- správna technika zvarovania

Struskové vmestky



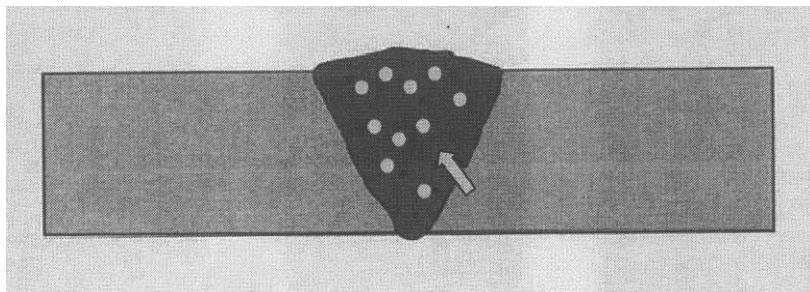
Príčiny

- struska predbieha oblúk
- nedokonalé odstránenie strusky medzi jednotlivými vrstvami
- nesprávne poradie kladenia vrstiev

Opatrenie

- zvýšiť rýchlosť zvarovania
- odstránenie strusky aj brúsením ak je to nevyhnutné
- správna technika nanášania vrstiev správny postup zvarovania

Póry



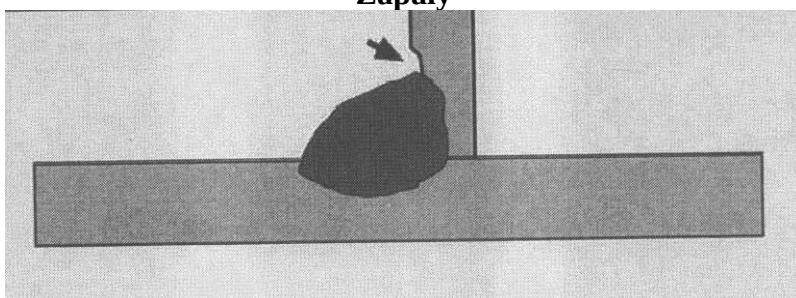
Príčiny

- vlhkosť nesprávne skladovaných elektród
- nečistoty alebo ochranné nátery na zvarových hranách
- vysoká rýchlosť zvarovania
- rýchle chladnutie lázne vplyvom nízkeho zvaracieho prúdu

Opatrenie

- Presušenie elektród, alebo používať novú krabicu (neotorenú)
- Odstránenie náterov, nečistôt, korózných produktov, okuji a pod.
- Zníženie rýchlosti zvarovania
- Skrátenie dĺžky oblúka

Zápaly



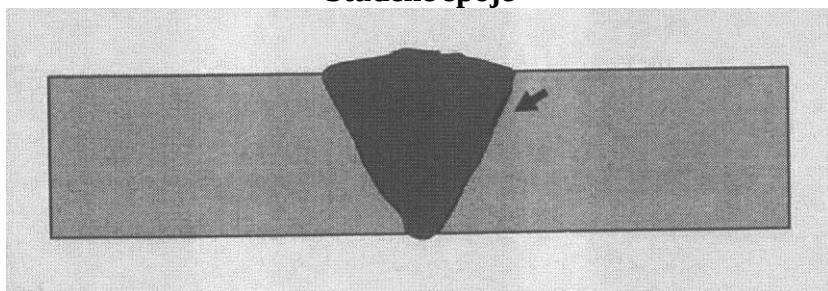
Príčiny

- zv. prúd je príliš veľký
- nesprávna elektróda
- oblúk je príliš dlhý
- nevhodný priemer elektródy

Opatrenie

- Nastaviť správnu intenzitu prúdu
- Správny uhol vedenia elektródy
- Dodržiavať vhodnú dĺžku
- Vhodný priemer elektródy

Studené spoje



Príčiny

- nízky zvarací prúd
- nesprávne vedenie elektródy
- príliš veľká rýchlosť zvarovania
- malý priemer elektródy

Opatrenie

- zvýšiť hodnoty zv. prúdu
- zmeniť uhol elektródy
- elektródy väčšieho priemeru