

2.5. Hodnotenie korózneho napadnutia

Korózia - je znehodnotenie materiálu, spôsobené chemickým alebo fyzikálnym pôsobením prostredia. Je to súhrn fyzikálno-chemických dejov, ktorých konečným výsledkom je čiastočné alebo úplné rozrušenie materiálu. Pri chemickom pôsobení korózneho prostredia dochádza k chemickej reakcii materiálu s prostredím. Pri fyzikálnom pôsobení dochádza k fyzikálnemu pôsobeniu prostredia, napr. korózia roztavenými kovmi, odparovanie. Rozrušovanie fyzikálnymi dejmi nazývame erózia, opotrebovanie, atď. Korózia kovov prebieha samovoľne, pretože kov má tendenciu dostať sa do termodynamicky stabilného stavu (prirodzeného, v akom sa nachádza v prírode). Pri výrobe čistého kovu sa vynaloží obrovské množstvo energie, ktorej časť sa stáva súčasťou čistého kovu. Tento energeticky bohatší stav čistého kovu sa označuje ako metastabilný, preto má snahu za normálnych podmienok vrátiť sa do stavu stabilného.

Podľa toho, ktorý z faktorov je dominujúci (materiál, prostredie, fyzikálne podmienky), rozdeľujeme jednotlivé druhy korózie podľa:

- *mechanizmu* - korózia chemická a elektrochemická;
- *vzhľadu* - korózia nerovnomerná a rovnomerná;
- *rozhodujúceho korózneho činiteľa* - korózia pod napätím, korózna únava, korózne praskanie, a pod.;
- *prostredia* - atmosférická, vo vode, v plynach, v pôde, v kvapalinách, atď.

Korózne prostredie je prostredie obsahujúce jednu alebo viac korózných zložiek. Korózna zložka je látka, ktorá stykom s daným kovom vyvoláva koróziu. Korózny systém sa skladá z jedného alebo viacerých kovov a zložiek prostredia, ktoré ovplyvňujú koróziu. *Korózne napadnutie* je zmena ktorejkoľvek zložky korózneho systému, spôsobená koróziou. Za *korózne poškodenie* kovu považujeme také korózne napadnutie, ktoré spôsobuje zhoršenie funkcie kovu, zmenu prostredia alebo systému, ktorého sú kovové materiály a prostredie súčasťou.

Podľa charakteru porušenia kovového materiálu delíme korózne poškodenie na plošné (celý povrch kovu je napadnutý rovnomerne), lokálne, s ktorým sa v praxi stretávame najčastejšie (povrch kovu napadnutý bodovo, jamkovo, príp. koróznymi trhlinami) alebo selektívne (korózne napadnutie má charakter medzikryštalický, transkryštalický, extrakčný, vrstevnatý a pod.).

Korózne poškodenie sa prejavuje:

- zmenou vzhľadu povrchu (lesku, farby a pod.);
- zmenou fyzikálnych vlastností (vzrast prechodového odporu a pod.);
- prírastkom hmotnosti v prípade vzniku priľnavých korózných produktov na povrchu kovu;
- v prípade vzniku nepriľnavých produktov úbytkom hmotnosti, resp. hrúbky materiálu (zmenšenie nosného prierezu vyvolá pokles únosnosti konštrukcie);
- zmenou mikrogeometrie korodovaného povrchu (zvýšená drsnosť výrazne negatívne ovplyvňuje medzu únavy a rázovú húževnatosť kovu);
- poklesom mechanických vlastností bez pozorovaného korózneho poškodenia (napr. pri medzikryštalickom koróznom napadnutí materiálu);
- znečistením korózneho prostredia koróznymi splodinami (najmä v potravinárskych a farmaceutických zariadeniach, čím sa znehodnocujú chuťovo aj hygienicky).

Dôležitým príspevkom ku komplexnému pohľadu na koróznou problematiku je *metalografický rozbor*. V oblasti prieskumu korózneho napadnutia umožňujú metódy svetelnej mikroskopie zisťovať predovšetkým *hĺbku, typ, charakter a spôsob jeho šírenia*. Zároveň je možné posudzovať *súvislosť mikroštruktúry a mikročistoty materiálu s koróznym napadnutím a tiež vhodnosť danej mikroštruktúry z hľadiska korózne odolnosti*. K štruktúrnym charakteristikám ovplyvňujúcim koróznou odolnosť materiálu patria:

- chemické zloženie;
- spôsob rozloženia štruktúrnych zložiek, príp. morfológia precipitátu;
- stupeň deformácie zŕn, atď.

Optická metalografia, pracujúca s výbrusom na reze, sa zaoberá predovšetkým koróznou nerovnomernosťou. Patria sem rôzne typy korózneho napadnutia ako napr. jamkové, selektívne, ktoré patria medzi najviac nebezpečné a metalografický rozbor môže dobre určiť ich rozsah a často i príčinu. Dominantný vplyv určitých faktorov pri rôznych podmienkach interakcie kovu s prostredím sa prejavuje nielen rôznou rýchlosťou korózie, ale aj rozdielnymi druhmi korózneho napadnutia. Druhy korózneho napadnutia sú rozlišované podľa intenzity a charakteru prenikania prostredia do kovu a porušovania jeho štruktúry. Metalograficky sa korózne napadnutie hodnotí v prípadoch, kedy je požadovaná podrobnejšia analýza korózneho účinku. Všeobecne sa rozlišujú tieto druhy korózneho napadnutia: rovnomerné, nerovnomerné, škvrnité, jamkové, bodové, nitkové, podpovrchové, selektívne, medzikryštálové, transkryštálové, extrakčné a korózne trhliny a lomy. Schematicky jednotlivé druhy napadnutia zachytáva obr. 13.

Druhy a tvary korózneho napadnutia zistené na metalografickom výbruse sa porovnávajú so schémami, uvedenými v prílohe normy STN 03 8137, slúžiacej k metalografickému vyhodnocovaniu korózneho napadnutia kovov.

Rovnomerná korózia (plošná, celková - schéma 1) prebieha rovnomerne približne po celom povrchu materiálu. Je typom korózie, pri ktorej dôjde k najväčšiemu úbytku kovu a stenčovanie kovu pokračuje až do deštrukcie súčasti. Druh korózie sa usudzuje zo zmeny profilu pred a po korózii.

Nerovnomerná korózia (miestna - schéma 2) vzniká na rôznych miestach materiálu, preniká do rôznej šírky a hĺbky. Má rovnaké tvary ako rovnomerná korózia, líšia sa však tým, že niektoré miesta kovu môžu zostať celkom bez napadnutia a taktiež môže prebiehať v rôznych miestach rôznou rýchlosťou.

Škvrnitá korózia (schéma 3) patrí medzi nepravidelné plytké korózne napadnutie, ktorého rozmer môže byť väčší, než veľkosť zorného poľa aj pri malom zväčšení.

Jamková korózia (schéma 4) je vlastne nerovnomerná korózia, vznikajúca na malých častiach povrchu a prenikajúca značne do hĺbky. Vzniká hlavne u uhlíkových ocelí a v ocelových zariadeniach pri porušení ochranného náteru.

Bodová korózia (schéma 5) je menší alebo väčší počet ojedinelých bodov, ďalšou koróziou sa pri málo zväčšujúcej šírke podstatne zväčšuje hĺbka korózneho napadnutia. Je potrebné sledovať, či nedochádza k selektívnemu koróznemu napadnutiu. Je typická pre Cr-Ni antikorózne ocele, hliník a pod. Bodová korózia sa od jamkovej odlišuje rozmermi: pokiaľ je hĺbka $\leq$ šírka, hovoríme o korózii jamkovej a naopak pokiaľ je hĺbka $>$ šírka hovoríme o korózii bodovej.

Podpovrchová korózia (schéma 6) sa vyznačuje buď priestorovo rozsiahlym napadnutím pod povrchom, pričom na povrchu vzorky zaberá malú plochu, alebo sa korózne napadnutie vyskytuje pod povrchom, pričom nemusí byť spojené s povrchom materiálu.

Korózia po vrstvách (schéma 7) sa prejavuje koróznym napadnutím s výskytom rôzne veľkých zŕn, odlišných fáz, inklúzií, precipitátov atď. Pre bližšie zistenie štruktúrnej príčiny korózie je potrebné zistiť priamo na tej istej vzorke, alebo na neskorodovanej vzorke výskyt rozdielov vo veľkosti zŕn, výskyt odlišných fáz, inklúzií, precipitátov atď., či ich rozmiestnenie zodpovedá rozmiestneniu skorodovaných vrstiev.

Medzikryštalová korózia (schéma 8) taktiež nazývaná **interkryštalická korózia** je nerovnomerná korózia prebiehajúca pozdĺž hraníc kryštálov do hĺbky materiálu. Je typická pre Cr-Ni antikorózne ocele po nevhodnom tepelnom spracovaní. Prejavuje sa praskaním a neskôr rozpadom materiálu, pričom prebieha často krát do veľkých hĺbok. Medzikryštalovou koróziou je často napadnutá i zóna natavenia zvarového spoja. Jednou z hlavných príčin medzikryštalovej korózie je existencia dendritických karbidov na rozhraní zŕn po prehriatí a korózne prostredie.

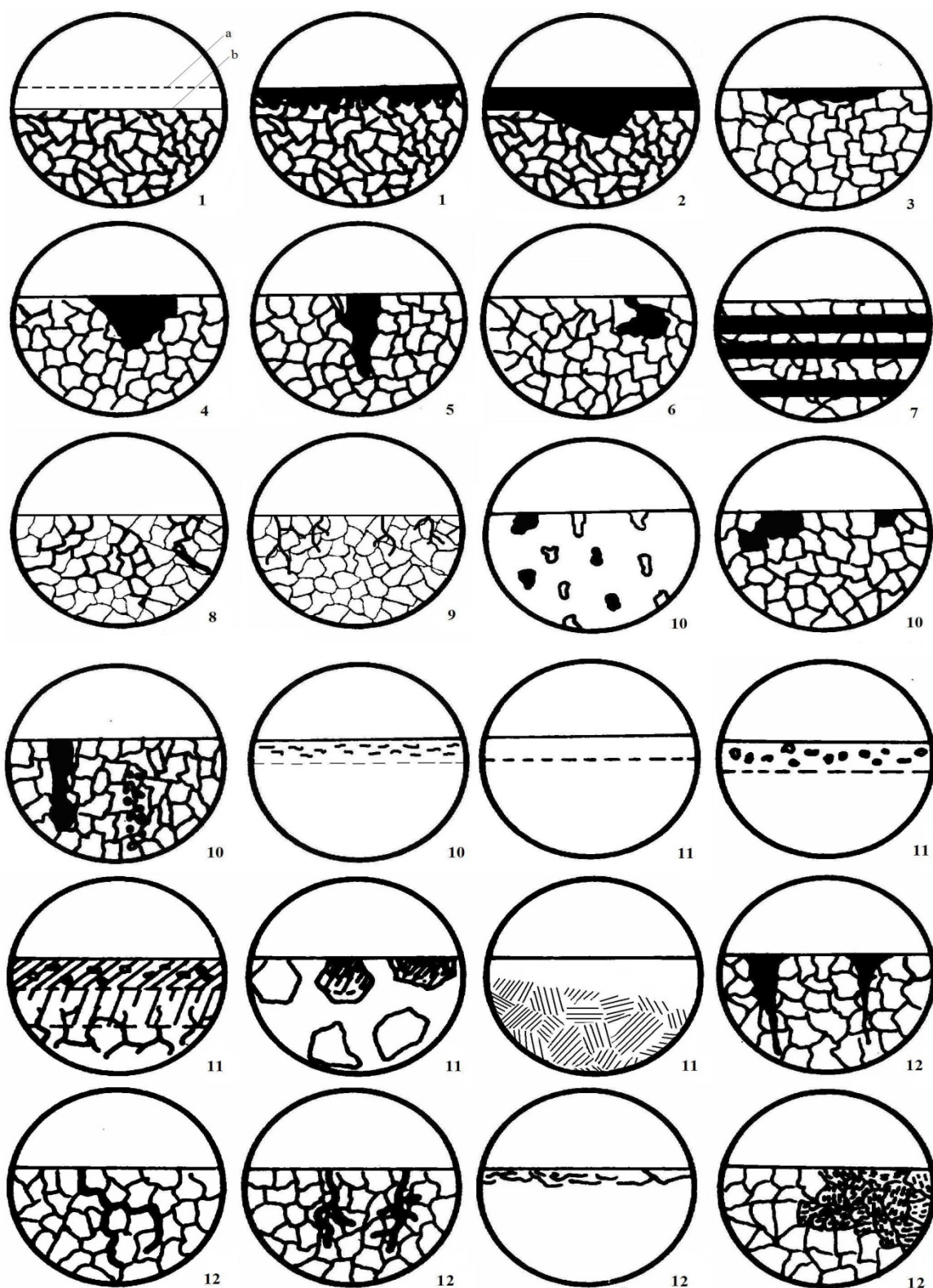
Transkryštalová korózia (schéma 9) sa prejavuje prítomnosťou veľkého množstva trhlín, ktoré prebiehajú naprieč kryštálmi do hĺbky materiálu. Tento druh korózie sa vyskytuje zriedka, ale najčastejšie u Cr-Ni ocelí v koróznom prostredí s obsahom chloridov a u niektorých mosadzí v prostredí obsahujúcom amoniak. Dôsledkom je praskanie.

Selektívna korózia (schéma 10) prebieha v zliatinách s dvoj a viacfázovou štruktúrou alebo pri zavalcovaných oxidoch. Vyskytuje sa tiež u medi, v mosadzi (odzinkovanie mosadze), v oceliach (odkobaltovanie ocele) a v grafitických liatinách. Selektívna korózia sa v materiáli prejavuje koróznym napadnutím určitej fázy, jednotlivých zŕn (napr. deformovaných zŕn) alebo pásma v mieste vylúčených vtrúsenín. Taktiež sa prejavuje koróznym napadnutím pri ktorom vzniká nová fáza alebo sa mení jej chemické zloženie, čo znižuje koróznou odolnosť (napr. odzinkovanie mosadze).

Extrakčná korózia (schéma 11). Rozhodujúcim dôkazom extrakčnej korózie je analytické zistenie, že niektorý z prvkov, nachádzajúcich sa v tuhom roztoku prechádza do korózných produktov alebo do prostredia. Ak sa nezistí ani po naleptaní metalografického výbrusu pozdĺž jeho okraja odlišné pásmo, možno usudzovať na extrakčnú koróziu zmenenou tvrdosťou okrajov vzorky, čo zisťujeme meraním mikrotvrdosti. Typickým príkladom extrakčného napadnutia je odzinkovanie mosadze. Odzinkovanie zhoršuje mechanické vlastnosti, predovšetkým pevnosť a ťažnosť. Odzinkovaniu mosadze možno zabrániť legovaním arzénom.

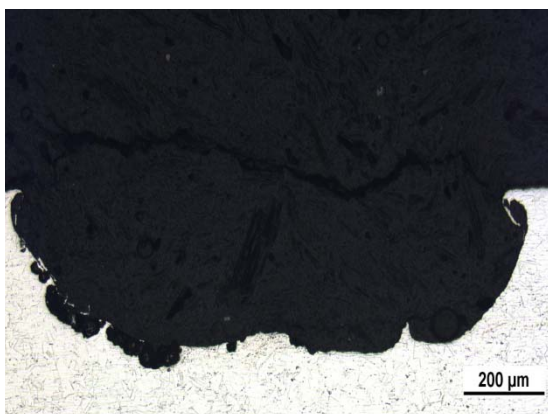
Zvláštnym prípadom extrakčnej korózie je grafitizačná korózia, ktorá sa vyskytuje v sivých liatinách. Takéto korózne napadnutie vzniká v dôsledku vysokých potenciálnych rozdielov a spôsobuje rozpúšťanie feritu, pričom grafit a cementit tvoria zostatkovú kostru preniknutú splodinami korózie.

Korózne trhliny (schéma 12). Tento druh korózie sa prejavuje vznikom korózných trhlín vznikajúcich na povrchu materiálu ako aj vznikom veľmi jemných trhlín v tvare nitiek rovnobežných s povrchom materiálu alebo vyskytujúcich sa v určitých zrnách materiálu (vznikajúcich napr. koróziou určitej fázy, veľkého napätia, atď.).

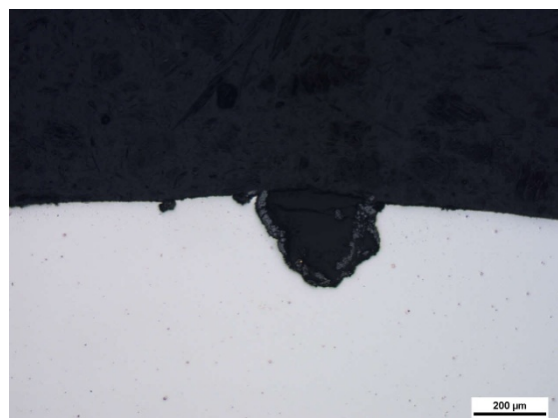


Obr. 13. Schematicky zakreslené vybrané druhy korózneho napadnutia

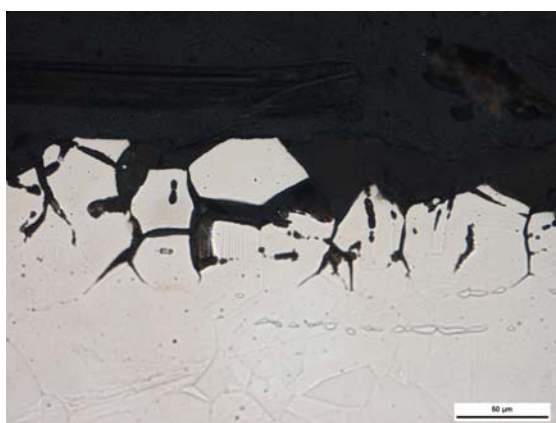
1 - rovnomerné napadnutie; 2 - nerovnomerné napadnutie; 3 - škvrnité napadnutie; 4 - jamkové napadnutie; 5 - bodové napadnutie; 6 - podpovrchové napadnutie; 7 - napadnutie po vrstvách; 8 - medzikryštálové napadnutie; 9 - transkryštálové napadnutie; 10 - selektívne napadnutie; 11 - extrakčné napadnutie; 12 - korózne trhliny a lomy



a) jamková korózia



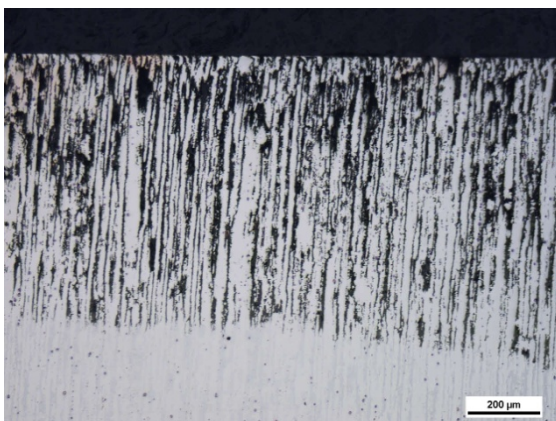
b) bodová korózia



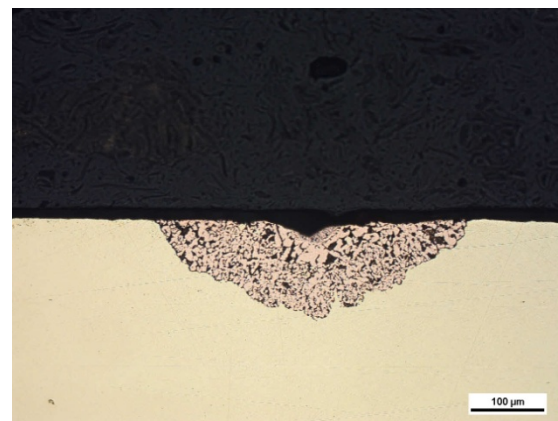
c) medzikryštálová korózia



d) transkryštálová korózia - korózne trhliny



e) selektívna korózia



f) extrakčná korózia

Obr. 14. Príklady korózneho napadnutia na neleptaných výbrusoch

Skúšobné vzorky pre vyhodnocovanie metalografických výbrusov sa odoberajú z tých miest skúšobných vzoriek, alebo zo skorodovaných súčastí, kde bolo vizuálne alebo pri makrozväčšení zistené korózne napadnutie. Odoberajú sa tak, aby plocha metalografického výbrusu bola kolmá so skorodovaným povrchom. Štruktúra materiálu nesmie byť ovplyvnená spôsobom odoberania. Metalografický výbrus sa zhotoví tak, aby zaoblenie okraja na strane korózneho napadnutia bolo čo najmenšie a v mieste korózneho napadnutia bolo čo najmenej rýh po leštení. Metalografické výbrusy sa vyhodnocujú pred leptaním (obr. 14) a po leptaní. Leptanie nesmie mať charakter korózneho napadnutia.