

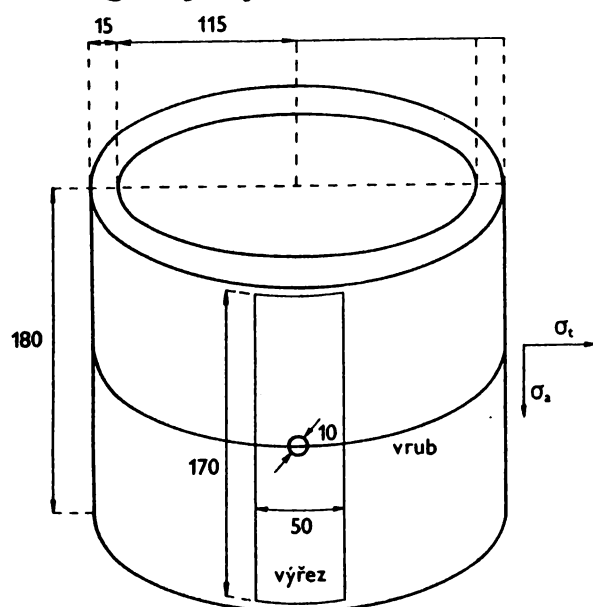
RENTGENOGRAFICKÁ TENZOMETRICKÁ ANALÝZA VÝROBKŮ ZE ŠEDÉ LITINY

Ing. Nikolaj GANEV, CSc., Doc. RNDr. Ivo KRAUS, DrSc.

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT, Praha 1, Břehová 7

Vnitřní napětí v šedé litině mohou podstatně ovlivnit kvalitu finálního výrobku. Složité součásti ze šedé litiny, které jsou v provozu staticky i dynamicky namáhány, např. hlavy válců a bloky motorů osobních automobilů a traktorů, mají po odlití určitou hladinu zbytkových napětí. Aby byla u těchto výrobků zachována požadovaná pevnost v tahu, rozměrová a tepelná stabilita, nesmí zbytková napjatost překročit určitou kritickou hodnotu. Konstruktérů a technologů musejí znát velikost zbytkových napětí nejen po odlití nebo po otryskání odlitku, ale také před obráběním i po něm, po tepelném zpracování a v průběhu provozu. Pokud nemá být měření zbytkových napětí doprovázeno porušením celistvosti výrobku, lze principiálně použít metodu rentgenové difrakční analýzy. Je překvapující, že mezi několika tisíci prací věnovanými otázkám metodiky nebo aplikací rentgenové tenzometrie jsou informace o analýze napětí v šedé litině jen zcela ojedinělé. Cílem popisovaného experimentu je proto nejen řešení konkrétního technického problému výrobce vložek válců naftových motorů, ale zároveň také ilustrace možností rentgenografického stanovení napjatosti v litině při užití běžné měřicí techniky.

Předmětem výzkumu bylo určení stavu zbytkové napjatosti pod povrchem válečkovaných vrubů na vzorcích ze šedé litiny typu GGL 320 NiCr 22 a GGL 320 NiMoCr 26 (označení podle německé normy TGL 14 414). Zkoumané objekty měly tvar válce (obr.) o výšce 180 mm, vnitřním průměru 230 mm a tloušťce stěny 15 mm. Vrub o půlkruhovém profilu měl poloměr křivosti 1,5 mm a hloubku 0,6 mm. Vzorky A(6), A(10-max) z litiny NiCr se lišily počtem objezdů válečkem; vzorek A(6)...6 objezdů, A(10-max)...10 objezdů při maximální přítlačné síle. Analogický význam má označení vzorků B(6), B(15), B(10-max)



z litiny NiMoCr. Kromě válečkových vzorků byla napětí měřena také na 2 výřezech C(0) a C(15) z litiny NiCr (obr.). Poloha proměřovaného místa na povrchu vzorků je definována středem plochy o průměru cca 10 mm (obr.). Materiál byl postupně odleptáván elektrolytem o složení 40 ml HCl, 30 mg NaCl, 120 ml H₂O. K měření makroskopických axiálních σ_t i tangenciálních σ_a napětí byla na všech uvedených vzorcích aplikována rentgenografická tenzometrická metoda jedné expozice bez referenční látky /1,2/. Chyby měření napětí nebyly větší než 60 MPa.

Výsledky tenzometrické analýzy:

Primární příčinou tangenciálních i axiálních napětí a šířek difrakčních linií (reprezentujících superpozici mikroskopických napětí a zjemnění krystalků vlivem plastické deformace) naměřených v různých vzdálenostech od středu vrubu ve směru dovnitř materiálu jsou použité technologie válečkování.

Ve všech případech byla na povrchu i pod ním pozorována vždy jen zbytková makroskopická napětí tlakového charakteru.

Tlaky na povrchu jsou větší než pod povrchem vzorku.

V těch oblastech vzorků, kde nebylo strukturními nehomogenitami znemožněno objektivní stanovení napětí, dosahovaly axiální i tangenciální tlaky hodnot větších než 300 MPa.

Z naměřených údajů nevyplýval žádný jednoznačný vztah mezi hodnotami napětí axiálních a tangenciálních.

Menšímu počtu objezdů válečkem odpovídá menší tloušťka plasticky zdeformované vrstvy, indikované spojitou linií.

U vzorků A(6) a B(6) došlo k rozpadu linie dříve než u vzorků C(15) a B(15). Největší tloušťky plasticky zdeformované vrstvy bylo dosaženo válečkováním s maximální silou působící při 10 objezdech, tj. u vzorků A(10-max) a B(10-max).

Ze získaných výsledků vyplývá, že při dané technologii válečkování není stav zbytkové napjatosti rozhodujícím způsobem ovlivněn typem materiálu; hodnoty naměřené na vzorcích litiny NiCr a NiMoCr jsou srovnatelné.

Až na výjimky, jejichž původ lze přisoudit strukturním nehomogenitám, platí, že šířky difrakčních linií klesají se vzdáleností od povrchu. Toto zjištění je logickým důsledkem poklesu plastické deformace ve směru od povrchu dovnitř zkoumaných vzorků.

Proměřované vzorky litiny náleží k heterogenním látkám s hrubozrnnou strukturou. Při rentgenografické analýze se hrubozrnnost a heterogenita projevují obecně v poklesu přesnosti měřených veličin (napětí a šířek linií), v některých případech je aplikace difrakčních metod dokonce zcela vyloučena. Alespoň částečně lze tyto problémy odstranit volbou takového experimentálního uspořádání, při němž se zvětší ozářená oblast vzorku (vzroste počet reflektujících krystalků). Tím je ovšem potlačen (zvláště při fotografické detekci difrakčního obrazu) lokální charakter měření. Pro dosažení sledovaného cíle bylo naopak žádoucí získat informaci z objemu co nejmenšího. Není proto překvapující, že hodnoty napětí neměly u zkoumaných vzorků monotónní průběh jako např. v podpovrchových vrstvách válečkováných ocelových součástek.

Na základě popsané analýzy zbytkové napjatosti lze konstatovat, že rentgenografické měření makroskopických i mikroskopických napětí ve výrobcích ze šedé litiny může být realizováno pomocí standardní přístrojové techniky. Spolehlivost difrakčního tenzometrického experimentu, zejména přesnost lokálních měření, závisí však u odlitků šedé litiny velmi podstatně na heterogenitě struktury.

Literatura:

- /1/ Osswald E.: Z.Metallkde. 35,1943,19
- /2/ Ganev N., Kraus I.: Čs.čas.fyz.A 36,1986,270