

RENTGENOVÁ TENZOMETRIE - KONTROLNÍ METODA FINÁLNÍHO OPRACOVÁNÍ STROJÍRENSKÝCH VÝROBKŮ

RNDr. Rudolfa Králová, CSc., Doc. RNDr. Ivo Kraus, CSc.
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT, Praha

Rentgenografické měření deformací patří vedle metod elektrických, mechanických a optických k nejdůležitějším způsobům stanovení vložených nebo zbytkových namáhání v křesťalických materiálech. Přednost difrakční techniky spočívá v tom, že nevyžaduje porušení zkoumaného objektu, pokud postačují informace o stavu napjatosti povrchu nebo oblastí v jeho těsné blízkosti (u železných materiálů obvykle do hloubky nejvýše $10+15\text{ }\mu\text{m}$). Další výhodou je skutečnost, že plošku materiálu ozářenou rentgenovým svazkem, resp. objem obsahující krystalky, které přispívají ke vzniku difrakčního obrazu, lze podle potřeby prakticky libovolně zmenšovat.

Rentgenová tenzometrie se uplatňuje zejména při určení průběhu zbytkových napětí v povrchových vrstvách kovů a slitin po různých způsobech jejich opracování - broušení, soustružení, válečkování, kuličkování, balotínování, frézování apod. Obecně lze říci, že hodnoty rentgenograficky zjištěného zbytkového napětí mohou charakterizovat ty technologické procesy, které vedou k nehomogenní plastické deformaci.

Technika měření makroskopických napětí je dnes vyvinuta do té míry, že dovoluje principiálně provést trojrozměrnou napětovou analýzu i v povrchových vrstvách součástí s komplikovanou vnitřní stavbou (heterogenní soustavy, pórovité materiály) a texturou.

Jako ilustrace možností rentgenografické tenzometrické metody budou dále uvedeny závěry řešení dvou úkolů, s nimiž se na rtg. laboratoř katedry inženýrství pevných látek FJFI ČVUT obrátil np. Let Kunovice a VÚ ČKD Praha. V prvním případě byla měření prováděna na difuzorových lopatkách, a to jednak ve zvolených místech jejich povrchu, jednak v hloubce $(50\div 80)\text{ }\mu\text{m}$. Druhý požadavek lze formulovat jako určení průběhu zbytkových napětí pod povrchem vzorků chromniklových ocelí opracovaných různými technologiemi.

Oba úkoly byly realizovány rtg. tenzometrickou metodou

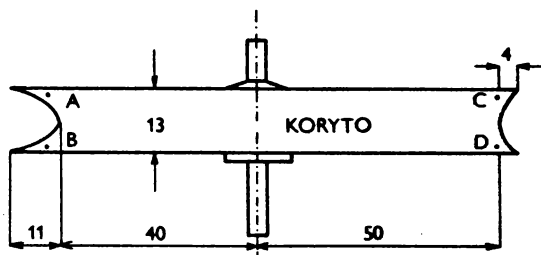
jedné expozice bez referenční látky [1]. Maximální hloubka vníkaní použitého chromového záření do zkoumaného materiálu činila $\sim 5 \mu\text{m}$, dopadající svazek paprsků zasahoval plochu 1 mm^2 .

a) Analýza stavu zbytkové napjatosti difuzorových lopatek vyrobených z oceli L-AK2S (obr.1).

Napětí σ bylo měřeno v místech A,B,C,D ve směru podélné osy lopatek. Chyba měření nepřesahovala $\pm 40 \text{ MPa}$. Zbytkové tlaky zjištěné na 10 vzorcích nabývaly hodnot v těchto rozmezích:

A: $230 \pm 360 \text{ MPa}$, B: $180 \pm 390 \text{ MPa}$, C: $210 \pm 430 \text{ MPa}$, D: $210 \pm 430 \text{ MPa}$

Na povrchu žádné z lopatek nebyly zjištěny tahy. Po elektrolytickém odleptání vrstvy materiálu (50 ± 80) μm poklesla napětí v uvedených místech všech vzorků na nulu.



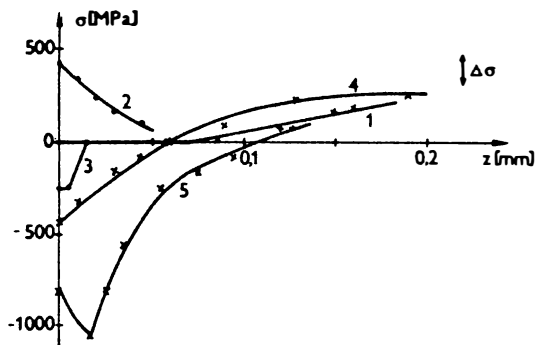
Obr.1 Schéma difuzorové lopatky s proměřovanými místy

b) Měření průběhu napětí pod povrchem vzorků oceli 14Cr17Ni2 opracovaných různými technologiemi

Rozdělení zbytkových makronapětí v podpovrchových vrstvách bylo zkoumáno na pěti vzorcích ($55 \times 16 \times 3 \text{ mm}^3$) s různým povrchovým opracováním. Průběh zbytkových napětí σ v závislosti na vzdálenosti z od povrchu, stanovený po postupném odleptávání materiálu na ploše o průměru 4 mm , je znázorněn na obr.2.

Z křivky 1, představující závislost $\sigma(z)$ po elektrolytickém leštění, vyplývá, že tento způsob povrchového opracování nevyvolává dodatečnou zbytkovou napjatost. Zbytková napětí ve vzdálenosti $\sim 70 \mu\text{m}$ od povrchu mají původ v předchozím technologickém zpracování. Křivka 2 znázorňuje prů-

běh $\sigma(z)$ po hrubém broušení, během něhož dochází k výraznému tepelnému ovlivnění materiálu, a tedy ke vzniku tahů. Bude-li takto opracovaný povrch podroben dalším operacím, pak je vrstva se zbytkovými tahy nahrazena vrstvou s tlakovými napětími (křivka 3).



Obr.2 Průběh σ jako funkce z po různém povrchovém opracování: 1 - elektrolytické leštění, 2 - hrubé broušení, 3 - hrubé broušení + elektrolytické obrábění + jemné broušení, 4 - hrubé broušení + leštění, 5 - hrubé broušení + balotínování

Průběh 4 představuje závislost $\sigma(z)$ po dvou po sobě jdoucích operacích: hrubé broušení + leštění. Vznik tlaků při povrchu ukazuje na převládající vliv poslední operace. Konečně z křivky 5 vyplývá, že v mechanicky zpevněné vrstvě vznikají plastickou deformací za studena tlaková napětí řádu 10^3 MPa, dosahující maximální hodnoty v určité hloubce pod povrchem. Velikost i poloha maxima závisí na podmínkách balotínování.

Literatura:

/1/ Kraus I. a kol.: Strojírenství 23 (1973) 752