



30th Conference of Experimental Stress Analysis
 30. konference o experimentální analýze napětí
 2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

STRESS STATES AFTER CAVITATION LOADING IN THE VERMICULAR CAST IRON STRUCTURE

NAPĚŤOVÉ STAVY PO KAVITAČNOM NAMÁHANÍ V ŠTRUKTÚRE VERMIKULÁRNYCH LIATIN

Pešlová, F.

The vermicular cast irons are the new types of graphitic cast irons. The new material has the cast properties similar to grey cast iron and mechanical properties have a tendency to approach to ductile irons. The scientific informations on their cavitation resistance are published very care. The cavitation resistance and stress states in this type of cast iron are different with regard on the morphology of graphite in common graphitic cast irons.

Grafitické liatiny, ako viaczložkový materiál, tvorený popri železe a uhlíku vždy sprievodnými prvkami, je charakteristický svojou heterogénnou štruktúrou, v ktorej sa môžu vyskytovať rôzne tuhé roztoky, intermetalické chemické zlúčeniny a mechanické zmesi. Táto heterogenita spôsobuje vznik rôznych napätových stavov, ktoré sa v plnej miere prejavajú pri dynamickom zaťažení, ktoré kavitačné namáhanie predstavuje. Jedným z prejavov kavitácie je rozrušenie pevných telies dotýkajúcich sa s kvapalinou. Toto poškodenie má komplexnú povahu s koróznou, erozívnu zložkou procesu.

Kavitačný jav z hľadiska cyklického namáhania vyjadruje počet cyklov objemových zmien dosahovaných bublinou. Pritom do jedného cyklu je možné zahrnúť rast objemu bubliny od začínajúcej kavitácie až do expanzie bubliny a nasledujúcich kontrakcií bubliny až do jej minimálneho objemu, prípadne do kolapsu. Pojem cyklov je tu priradený striedaniu expanzie s kontrakciou. Kolaps kavitačnej bubliny sprevádzajú rôzne mechanizmy kavitačného porušenia /1/. Mechanické účinky sú charakteristické tým, že tlaková vlna či pramienok kvapaliny, vznikajúci pri kolapse bubliny, zasahuje účinne len malú časť povrchovej vrstvy, porovnateľnú s veľkosťou zŕn materiálu alebo ich častí, či s veľkosťou štruktúrnych zložiek. Silná lokalizovanosť dynamického namáhania a rozdielne fyzikálne vlastnosti štruktúrnych zložiek materiálu podmieňujú prednostné rozrušovanie niektorej zložky mikroštruktúry, alebo hraničných vrstiev medzi jednotlivými zrnami, či zložkami mikroštruktúry. Za predpokladu, že kavitačné rozrušenie prebieha v najslabšom mieste štruktúry, je možné konštatovať, že s rastúcou heterogenitou materiálu klesá jeho odolnosť voči kavitačnému rozrušeniu. Dynamické zaťaženie materiálu je možné prirovnať k bombardovaniu povrchu hydraulickými rázmi. Mikronárazy vyvolávajú v povrchovej vrstve zložitý stav napätosti, vedúci k plastickej deformácii. Tieto opakujúce sa plastické deformácie časti povrchových vrstiev vedú k únave materiálu a potom k jeho vylamovaniu.

Základné poznatky kavitačne namáhaných štruktúr vermikulárnych liatin je možné odvodiť z mikrofraktografie v porovnaní so štruktúrou liatiny tvárnej /2/. Liatiny sú charakteristické nerovnomernou tvorbou plastických miestnych deformácií už na samom začiatku. Kryštalizačný produkt, eutektické bunky tvoriaci grafitový skelet s obálkou eutektického austenitu, bude závislý od prísad s globulizačným účinkom, spôsobujúcich tvorbu zrnitého alebo vermikulárneho grafitu, a to podľa množstva a podľa toho, ako sa budú viazať deglobulizačné prísady a tým zvyšovať medzifázové napätia.

Na rozhraní štruktúrnych zložiek a v miestach hraníc zŕn môžu vznikať prvé plastické deformácie. Môže dochádzať k oddeleniu pevnejšej štruktúrnej zložky od obklopujúcej plastickej hmoty vplyvom pretvorenia štruktúrneho agregátu.

Pri výskyte globulárneho grafitu v matrici sa v jeho okolí ob-

javuje viac iniciačných centier na rozhraní grafit-matrica, obr. 1. Dochádza k porušovaniu matrice vzájomne prepojenej mostíkmi medzi globulami grafitu, ktoré sa v poslednej fáze rozpadajú, čím dochádza k celkovému rozrušeniu štruktúry v celom objeme. Rozpad štruktúry urýchľuje erózný a korózný vplyv, ktorý spre-vádza kavitačné namáhanie, obr.2.

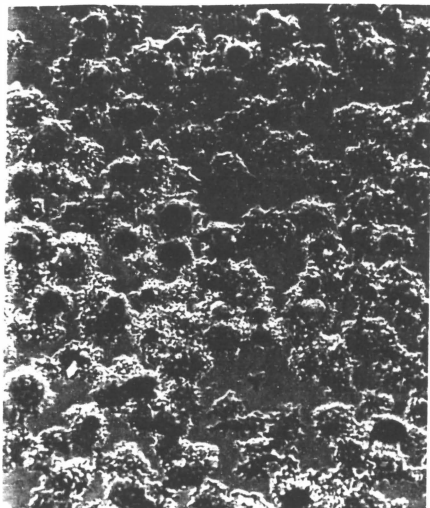
U vermikulárneho grafitu boli prevažne pozorované trhliny vo vnútri grafitu, z čoho vyplýva, že k iniciácii porušenia dochádza prevažne štiepením grafitických častíc a menej na rozhraní grafit-matrica, obr.3. Pre ďalší proces šírenia trhlín je charakteristická koncentrácia deformácie na okraji grafitových častíc, teda vznik splastizovanej zóny. Častice vermikulárneho grafitu pozostávajú z množstva grafitových zoskupení s vysokým stupňom vzájomného prepojenia jednotlivých vetví, ktoré sú na konci výrazne zaoblené. Tieto vetvy sú zakončené prevažne vo feritickej matrici. K iniciácii alebo reiniciácii štiepneho porušenia dochádza dekohéziou jednotlivých vrstiev vermikulárneho grafitu. Pri kavitačnom namáhaní musí dôjsť k veľkým napäťovým stavom na konci týchto vetví, aby došlo k uvoľneniu, prípadne k vypadnutiu grafitickej častice. Pri vyústení grafitických častíc do feritu v dôsledku koncentrácie deformácie v procesovej zóne dochádza k lokálnemu vyčerpaniu plasticity feritu. Detailný záber na obr.4 ukazuje presné ohraničenie vypadnutého grafitu vo feritickej matrici.

Na záver je možné konštatovať, že vermikulárne liatiny sa vyznačovali niekoľkými typickými štádiami pri kavitačnom namáhaní:

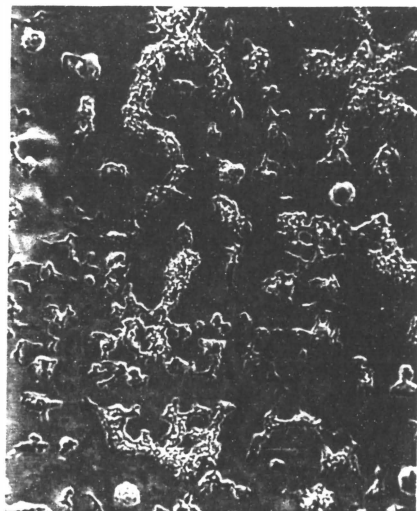
- 1) dochádzalo k spevňovaniu povrchu v grafitickej oblasti;
- 2) vznik iniciačných centier v grafitickej oblasti;
- 3) čiastočné štiepenie grafitu;
- 4) vypadávanie grafitických častí;
- 5) porušovanie kovovej matrice so vzájomným premostovaním menej narušených častí;
- 6) celkové porušenie smerujúce od povrchu do vnútra materiálu do všetkých útvarov kovovej matrice.

Vermikulárne liatiny sa javili odolnejšie proti kavitácii ako liatiny tvárne.

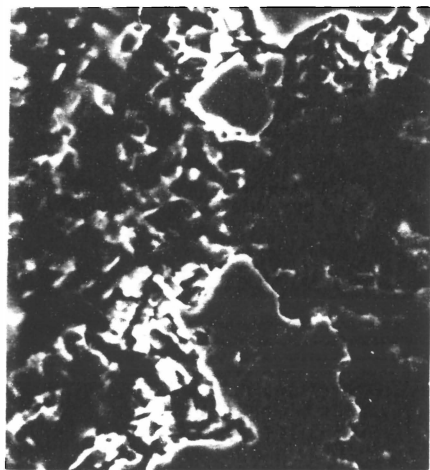
Kavitačné skúšky boli robené na UZ zariadení pomocou magnetostručného meniča v destilovanej vode pri 40 °C /3/ na pasívnych



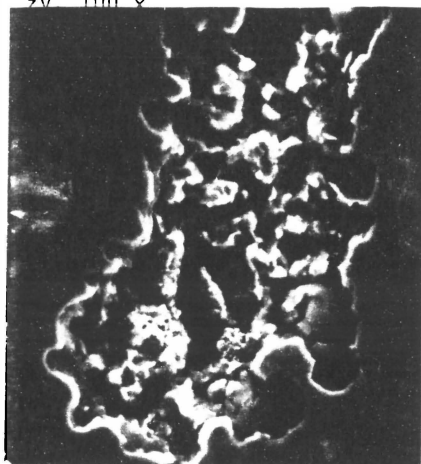
Obr.1 Tvárna liatina - pasívna vzorka po 30 min. kavitačného pôsobenia, zv. 100 x



Obr.3 Liatina s vermikulárnym grafitom - pasívna vzorka po 30 min. kavitačného pôsobenia, zv. 100 x



Obr.2 Detail kovovej matrice po vypadnutí grafitu u tvárnej liatiny, zv. 1000 x



Obr.4 Detail kovovej matrice po vypadnutí grafitu u liatiny s vermikulárnym grafitom, zv. 1000 x

vzorčkách. Vzdialenosť vzoriek od čela koncentrátora bola 1 mm, ponorených v destilovanej vode bez použitia protikorózneho príslušenstva.

Literatúra:

- /1/ Noskovič, J.: Kavitácia, Praha, SNTL, 1969.
- /2/ Pfliegel, M.-Pešlová, F.: Mikroskopické zmeny vermikulárnych liatin spôsobené ultrazvukovou kavitáciou. In. Ultrazvuk v technológii, Bratislava, 1987.
- /3/ Pfliegel, M.: Kavitácia kovových materiálov v ultrazvukovom poli. In. Využitie ultrazvukových metód vo fyzike a technike, Žilina, 1985, 79.

Františka Pešlová, Ing. CSc., Vysoká škola dopravy a spojov,
Katedra materiálov a technológií, Veľká diel , 010 26 Žilina,
tel. 512, kl. 138