ČESKOSLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA
(19)

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

259820
(11) (B1)

(51) Int. Cl.[4]
G 01 N 3/28

(22) Přihlášeno 20 08 86
(21) (PV 6120-86.Q)

(40) Zveřejněno **15 03 88**

(45) Vydáno 15 03 89

(75)
Autor vynálezu KIRSCH ROMAN ing., PRAHA

(54) Způsob stanovení lokální deformace austenitických ocelí nedestruktivní metodou

1

Řeší se způsob stanovení lokální deformace austenitických ocelí nedestruktivní metodou. Feroskopem se měří deformačně indukovaná feromagnetická fáze (DIFF) na zkušební tyči příslušného materiálu, a tak se získá závislost obsahu DIFF na hodnotě deformace v celém rozsahu deformací, kterých je materiál schopen. Při následném stanovení kalibrační závislosti DIFF se potom stanoví na konkrétní součásti a určeném místě měřením obsahu DIFF lokální deformace a tak i zásoba plasticity, kterou může měřený materiál součásti vyčerpat do doby svého porušení.

2

Vynález řeší způsob stanovení lokální deformace austenitických ocelí nedestruktivní metodou.

Mechanické hodnoty ocelí a ostatních technických materiálů, jako mez kluzu, mez pevnosti, tažnost a kontrakce, se stanovují klasickou trhací zkouškou — tj. přetržením normovaných trhacích tyčí na trhacím stroji a vyhodnocením záznamu sil a geometrických charakteristik tyčí před a po zkoušce. Plastické vlastnosti materiálu jsou zde vyjádřeny kvantitativně tažností a kontrakcí. Při stanovení tažnosti, tedy plasticity materiálu, se měří průměrné prodloužení určitého zvoleného úseku zkušební tyče po jejím přetržení a srovnává se s délkou úseku původní, před zkouškou. Jde o hodnotu smluvní, která je normována a je základem i technických podmínek pro přejímky hotových výrobků či polotovarů včetně porovnání vhodnosti různých materiálů pro daný účel a podobně. Tato hodnota však nic neříká o skutečném lokálním napěťově-deformačním stavu materiálu v reálné součásti, kde se prakticky nevyskytuje případ jednoosého tahu, jakým je namáhána při trhací zkoušce zkušební tyč. Reálné součásti jsou vyráběny technologií, která takřka ve všech případech podrobuje materiál značným deformacím nebo v něm vyvolává vysoká pnutí. Navíc je součást deformacím a pnutím vystavena i následně v provozu. Lokální deformace součástí ve fázi výroby a provozu by měly být pochopitelně nižší než deformace, nutná pro přetržení trhacího vzorku — pokud tedy nemá dojít k porušení součásti již v počáteční fázi provozního života. Materiál součásti reálné by tedy měl mít určitou zásobu plasticity, zatímco v přetrženém vzorku při trhací zkoušce je jeho plasticita již vyčerpána v místě lomu. O stupni lokální deformace a zásobě plasticity materiálu ve skutečných provozních podmínkách tedy nedává trhací zkouška žádnou informaci.

Lokální deformace materiálu různých součástí se dosud stanovuje velmi obtížně ve větším měřítku. Je možné jí určit nepřímo využitím tenzometrických měření při znalosti závislosti pro daný materiál, ať už je deformace použitých tenzometrů vyvolávána odvrtáváním nebo leptáním vrstev materiálu s přítomným pnutím. Tyto zkoušky jsou však časově, materiálově i finančně velmi náročné a nelze jich v krátké době a na jediné součásti provádět žádoucí velké množství, tzv. mapování zbytkových pnutí. Navíc jde o způsob stanovení žádoucích charakteristik za částečné destrukce součásti nebo zkušebního kusu. Stanovení úrovně lokální deformace jinými metodami, jako pomocí rentgenu apod. je spíše kvalitativní a dává nepřesný odhad.

Dosavadní nedostatky odstraňuje vynález způsobu stanovení lokální deformace austenitických ocelí nedestruktivní metodou. Jeho podstata spočívá v tom, že při provádění trhací zkoušky normované tyče příslušného materiálu se měří feroskopem obsah deformačně indukované feromagnetické fáze (DIFF) vznikající při deformaci materiálu tyče tak, že určité hodnotě deformace daného úseku podle průměrného prodloužení ve vztahu k původní délce se přiřadí hodnota obsahu deformačně indukované feromagnetické fáze (DIFF). Toto měření se provádí na libovolných místech trhací tyče včetně místa jejího závěrečného zaškrcení a lomu. Tak se získá závislost obsahu deformačně indukované feromagnetické fáze (DIFF) na hodnotě deformace v celém rozsahu deformací, kterých je materiál schopen. Při následném stanovení kalibrační závislosti deformačně indukované feromagnetické fáze (DIFF) se potom stanoví na konkrétní součásti a určeném místě měřením obsahu deformačně indukované feromagnetické fáze (DIFF) lokální deformace a tak i zásoba plasticity, kterou může měřený materiál součásti vyčerpat do doby svého zrušení.

Způsob podle vynálezu řeší otázku rychlého a nedestruktivního stanovení lokální deformace, zásoby plasticity a nepřímo i vnitřního pnutí v austenitických ocelích. Podmínkou je však znalost příslušné kalibrační závislosti, získané při klasické trhací zkoušce.

Měří se obsah tzv. deformačně indukované feromagnetické fáze (DIFF) v základní austenitické matrici materiálu součásti při kalibraci metody na povrchu pracovní části trhací tyče. Hodnotě obsahu DIFF v materiálu skutečné součásti lze pak snadno při znalosti kalibrační závislosti přiřadit hodnotu deformace v daném místě a tím odhadnout i zásobu plasticity materiálu v tomto místě.

Způsob podle vynálezu je založen na zjištění, že struktura austenitických ocelí podléhá při deformaci za studena fázové transformaci $\gamma \rightarrow \alpha$. To znamená, že nemagnetický austenit — fáze γ, mřížka KPS, samovolně transformuje na feromagnetickou fázi α, resp. α', mřížka KTS. Dochází k tzv. kvazimartenzitické přeměně za vzniku tzv. ε' deformačního martenzitu. Přitom přítomnost magnetického zbytkového δ-feritu v austenitické matrici a vznik paramagnetických fází lze při navrženém způsobu respektovat korekcemi naměřených výsledků.

Protože DIFF, resp. zbytkový δ-ferit, který může být přítomen již ve fázi výroby oceli, jsou magnetické, lze užitím vhodného přístrojového vybavení kvantifikovat jejich celkový obsah, resp. obsah jedné z nich za nepřítomnosti nebo známého obsahu ostatních. Je tedy možné měřením obsahu právě DIFF při různých stupních deformace stanovit závislost tohoto obsahu na stupni deformace. Výchozí struktura nemusí být přitom stoprocentně austenitická, obsah např. zbytkového δ-feritu lze k měření superponovat.

Měřením obsahu DIFF na trhacích tyčích v místě jejich zaškrcení a lomu lze pak stanovit, jaký obsah této fáze v materiálu skutečných součástí reprezentuje stav, kdy jde o deformaci materiálu mezní — tzn. zásoba plasticity je již vyčerpána a musí dojít k lomu materiálu.

Metodou měření deformačně indukované feromagnetické fáze lze tedy snadno a rychle mapovat danou součást i jako celek bez náročného vybavení, jakékoliv destrukce třeba jen povrchu součásti nebo dlouhé přípravy měření. Lze tedy mapovat rozložení a úroveň lokálních deformací, což je velmi důležité pro stanovení kritických míst pro vznik potenciální poruchy nebo zvýšené náchylnosti materiálu k porušení, ať již jde o únavové, korozně-únavové nebo statické porušení. V průmyslových podmínkách je tak umožněn rychlý odhad zbytkové životnosti různých součástí z austenitické oceli ve vztahu k poruchám způsobeným právě nadměrnou lokální deformací materiálu součástí. Lze takto provádět i ověření konstrukčního návrhu součásti již v předprovozním stadiu, tzn. určit místa nepřípustné koncentrace deformací v důsledku chyb v konstrukci. Zdůraznit je také nutné fakt, že způsob podle vynálezu je nedestruktivní, vyžaduje mít k dispozici pouze několik trhacích klasických tyčí pro kalibraci metody.

Postup při kalibraci navržené metody je následující. Při provádění běžné trhací zkoušky normované tyče se měří feroskopem obsah DIFF, vznikající při deformaci materiálu tyče. Protože tyč je orýsována a dělena na úseky známé délky, podle možnosti a dosahované přesnosti odečítání délek např. po 2, 5 až 10 mm, lze určité hodnotě deformace daného úseku, reprezentované průměrným prodloužením úseku ve vztahu k původní délce, přiřadit konkrétní měřenou hodnotu obsahu DIFF. Tuto hodnotu lze měřit v daném úseku několikrát, aby byly eliminovány chyby měření a rozptyl hodnot větším statistickým souborem. Takto lze měřit kterékoliv místo na trhací tyči včetně míst jejího závěrečného zaškrcení a lomu. Získá se tak závislost obsahu DIFF na hodnotě deformace v celém rozsahu deformací, kterých je materiál schopen i lokálně, ne tedy průměrně pro celou délku pracovní části tyče, jak stanovuje trhací zkouška při určování tažnosti. Sledováním lokálního stavu materiálu získáme objektivnější hodnoty o jeho plasticitě. Smluvní hodnota tažnosti činí u austenitických ocelí zhruba 40 %, lokální deformace v místě zaškrcení a lomu tyče však dosahuje hodnot až 160 %.

Při znalosti kalibrační závislosti obsah DIFF — stupeň deformace pro danou ocel, pak na skutečné součásti měřením obsahu DIFF v kritických místech, je možno stanovit jejich lokální deformaci a zásobu plasticity, kterou může materiál vyčerpat do doby svého porušení.

Způsob podle vynálezu byl použit při stanovení skutečné lokální deformace trhacích tyčí v místě zaškrcení a lomu a při mapování míst vysokých lokálních deformací včetně odhadu zásoby jejich plasticity u skutečných ohybů potrubí, vyráběných deformací zastudena a používaných jako komponenty primárního okruhu jaderných elektráren s reaktory typu VVER. To vše pro austenitickou chromniklovou korozivzdornou ocel typu $Cr_{18}Ni_{10}Ti$ (ČSN 17 246, GOST 08 $Ch_{18}N_{10}T$). Trhací tyče kruhového průřezu i polotovary ohybů potrubí byly vyrobeny z tavby oceli „jaderné čistoty" se 100% austenitickou strukturou s nulovým obsahem zbytkového δ-feritu, u které je také předpoklad vyváženého chemického složení.

Pro měření obsahu feromagnetické fáze byl použit měřicí přístroj FORSTER 1 053 (NSR) s volitelným rozsahem měření 1, 3, 12 a 50 % obsahu feromagnetické fáze v základní austenitické matrici a maximální citlivostí 0,01 %. Měřicí sonda přístroje pracuje na principu zmagnetování materiálu v okolí místa styku hrotu sondy s povrchem materiálu. Přístroj pak měří odezvu materiálu v oblasti do vzdálenosti cca 1,5 mm od hrotu sondy (zmagnetován je tedy objem materiálu ve tvaru polokoule o poloměru 1,5 mm). Měření prodloužení úseků na trhacích tyčích bylo měřeno pod mikroskopem s přesností cca 0,05 mm. Rozptyl výsledků, daný měřicí metodou, přístrojem a jinými faktory, byl eliminován odpovídajícím značným počtem měření a statistickým zpracováním. Korelovaná kalibrační křivka pro uvedené dva typy ocelí byla popsána matematickou funkcí — v těchto případech ve shodném tvaru

$$\% \text{ DIFF} = 0{,}16 \exp. (0{,}069\, \varepsilon),$$

kde ε je poměrná deformace materiálu.

Vynález je určen k využití ve strojírenství všude tam, kde jsou zpracovávány austenitické oceli na výrobky tvářením zastudena, a kde je nezbytné znát stav materiálu v kritických místech, kde by mohlo za provozu dojít ke vzniku poškození a tedy vyřazení součásti z provozu. Poskytuje podklad pro odhad zbytkové životnosti součásti.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob stanovení lokální deformace austenitických ocelí nedestruktivní metodou, vyznačený tím, že při provádění trhací zkoušky normované tyče příslušného materiálu se měří feroskopem obsah deformačně indukované feromagnetické fáze vznikající při deformaci materiálu tyče tak, že určité hodnotě deformace daného úseku podle průměrného prodloužení ve vztahu k původní délce se přiřadí hodnota obsahu deformačně indukované feromagnetické fáze, přičemž toto měření se provádí na libovolných místech trhací tyče včetně místa jejího závěrečného zaškrcení a lomu, tak se získá závislost obsahu deformačně indukované feromagnetické fáze na hodnotě deformace v celém rozsahu deformací, kterých je materiál schopen, a při následném stanovení kalibrační závislosti deformačně indukované feromagnetické fáze se potom stanoví na konkrétní součásti a určeném místě měřením obsahu deformačně indukované feromagnetické fáze lokální deformace a tak i zásoba plasticity, kterou může měřený materiál součásti vyčerpat do doby svého porušení.

Severografia, n. p. závod 7, Most

Cena 2,40 Kčs