**Студент Олександра Зиновіївна. Оцінка високотемпературної водневої деградації сталей енергетичного та нафтохімічного обладнання: дисертація д-ра техн. наук: 05.02.01 / НАН України; Фізико-механічний ін-т ім. Г.В.Карпенка. - Л., 2003.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Студент О.З. Оцінка високотемпературної водневої деградації сталей енергетичного та нафтохімічного обладнання. - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 - матеріалознавство. - Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів, 2003.  Запропоновано нове наукове вирішення практичної проблеми оцінки високотемпературної деградації конструкційних сталей у наводнювальних середовищах, у якому, визначаючи працездатність деградованого металу, береться до уваги сумісний вплив трансформації його структури та локальний вплив абсорбованого ним водню. Для її реалізації розроблено лабораторні експрес-методики деградації теплостійких сталей у водні, що дозволяють моделювати їх деградацію в експлуатаційних умовах. Обґрунтовано правомірність використання ефективного порогу циклічної тріщиностійкості D*Kth eff* як механічного показника, чутливого до структурних змін в деградованому металі та до локального впливу абсорбованого ним водню. Виявлено відповідність структурних змін, механізмів руйнування та характеру зміни D*Kth eff* для металу, деградованого в експлуатаційних і лабораторних умовах. Фрактографічно показано, що тунельне підростання тріщини та вторинні мікроротріщини, які декорують втомні боріздки - ознаки впливу внутрішнього водню на близькопороговий ріст тріщини в деградованому металі і його схильності до водневого розтріскування. Запропоновано механізм закриття тріщини в деградованому металі, зумовлений шорсткістю поверхні зламу поперек магістрального напрямку росту тріщини та повздовжнім зсувом у її вершині.  Виявлено, що абсорбований металом водень неоднозначно впливає на D*Kth eff*, знижуючи його після досягнення певного рівня деградації металу. Цей феномен покладено в основу критерію досягнення металом граничного стану, що дозволило розробити метод визначення залишкової довговічності металу паропроводів, який враховує структурні зміни в ньому та шкідливий локальний вплив абсорбованого ним водню. | |
| |  | | --- | | Узагальнення отриманих в дисертації результатів дозволило запропонувати нове наукове вирішення практичної проблеми оцінки високотемпературної деградації конструкційних сталей у наводнювальних середовищах, у якому, визначаючи працездатність деградованого металу, береться до уваги сумісний вплив трансформації його структури та локальний вплив абсорбованого ним водню. Найважливіші наукові та практичні результати зводяться до наступного:   1. Створено лабораторні методики високотемпературної деградації сталей шляхом їх термоциклування у водні або ізотермічного витримування у водні під навантаженням. Вони пришвидшують мікроструктурні зміни в сталях і дозволяють моделювати експлуатаційну деградацію конструкційних сталей. 2. Встановлена відповідність структурних змін, кінетики та механізмів втомного росту тріщини в експлуатаційно та лабораторно деградованому металі, а також інтенсивніша його деградація всередині стінки труби, свідчать про важливу роль водню в процесах високотемпературної деградації сталей енергетичного та нафтохімічного обладнання, що експлуатуються в контакті з воднемісткими середовищами. 3. На основі комплексного дослідження механічних властивостей теплостійких сталей та зміни їх структурного стану в процесі деградації як в експлуатаційних, так і в лабораторних умовах, обґрунтовано вибір ефективного розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень як механічного показника стану металу після його високотемпературної деградації. 4. Виявлено два випадки неоднозначного впливу абсорбованого металом водню на ефективний поріг циклічної тріщиностійкості конструкційних сталей. Позитивний вплив водню на D*Kth eff* змінюється на негативний за температури випробування сталі НК-40 вищої за 250 оС та в результаті досягнення в сталях 12Х1МФ і 15Х2МФА граничного рівня високотемпературної водневої деградації. 5. Встановлено, що температура, за якої відбувається зміна характеру впливу водню на пороги циклічної тріщиностійкості сталі НК-40 після експлуатації за умов риформінгу з позитивного на негативний, знижується порівняно з неексплуатованим металом. Причиною такого ефекту є поява у деградованому металі голкоподібних виділень дрібнодисперсної s-фази, біля яких вже за порогових навантажень виникають дрібні гострі тріщини, а водень полегшує їх поширення. 6. Фрактографічними ознаками припорогового втомного росту тріщин в сталях після їх високотемпературної деградації є тунелювання росту тріщини по різних площинах та утворення втомних боріздок, декорованих вторинними мікротріщинами. Чим триваліший контакт металу з наводнювальним середовищем, тим за нижчої швидкості росту втомної тріщини з’являються у зламі втомні боріздки і більше розкриття вторинних тріщин, що декорують їх. 7. Тунельне підростання втомної тріщини в деградованому металі зумовлює, з одного боку, суттєве підвищення шорсткості поверхні зламу поперек напрямку росту тріщини, а, з іншого, - закриття тріщини. Це дозволило обґрунтувати специфічний, властивий саме деградованому металові механізм закриття тріщини, який спричинений шорсткістю поверхні зламу поперек напрямку росту тріщини та повздовжнім зсувом в її вершині. 8. Показано, що відома концепція інваріантності ефективного порогу циклічної тріщиностійкості відносно товщини зразків порушується за наявності в них водню після високотемпературної деградації металу. Це пояснюється різною концентрацією водню в зоні передруйнування на зразках різної товщини, яку задає ефективна асиметрія циклу навантаження, зумовлена закриттям тріщини. 9. Запропоновано критерій досягнення деградованим металом граничного стану за зміною характеру впливу абсорбованого ним водню на ефективний поріг циклічної тріщиностійкості з позитивного на негативний, що зумовлено його схильністю вже за близькопорогового навантаження до водневого розтріскування на рівні коміркової дислокаційної структури. 10. Розроблено метод оцінки залишкового ресурсу металу паропроводів теплових електростанцій, який на відміну від відомих враховує зміни структурного стану металу та локальний негативний вплив водню, абсорбованого металом під час експлуатації. Метод реалізується шляхом побудови базової кореляційної залежності між тривалістю експлуатації і кількістю термоциклів у водні та визначення граничного рівня ефективного порогу циклічної тріщиностійкості деградованого металу. Сумісне використання цього підходу та кількісного показника, що відбиває структурні зміни в експлуатованому металі, відкриває перспективи для розрахунку залишкового ресурсу без вирізання металу для досліджень. | |