

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

Факультет конструювання та дизайну



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**«Вісник студентів факультету конструювання та дизайну
Національного університету біоресурсів і
природокористування України»**

Випуск 10

Київ-2022

УДК 669.019

ВОДЕНЬ В СТАЛІ

Студентка – Стахова В.М.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Афтандіяніц Є.Г.

Водень утворює та суттєво збільшує кількість дефектів кристалічної будови сталевих виробів при неконтрольованому його вмісті в сталі.

При зниженні температури сталі відбувається виділення водню через зміну його розчинності, особливо інтенсивне при кристалізації сталі та її алотропних перетвореннях. При вмісті водню в сталі більше границі розчинності відбувається утворення молекул водню.

Водень, адсорбований металом, може розчинятися в металі, сегрегувати на дефектах кристалічної будови, адсорбуватися на поверхні мікронерівностей і частинках вторинних фаз, накопичуватися в мікропорах у молекулярній формі, утворювати гідриди з основним металом, вступати в реакцію з легуючими елементами і вторинними фазами. Між воднем, який знаходиться в різних станах, існує динамічна рівновага.

Місцями накопичення (колекторами) водню в металах і сплавах, тобто ділянками, у яких атоми водню мають понижено вільну енергію в порівнянні з нормальними їх позиціями у кристалічній ґратці можуть бути атоми заміщення і впровадження, дислокації, міжзеренні та міжфазні границі, області об'ємного розтягу, пори та мікротріщини.

По часу утворення в сталях колектори водню розподіляються на три групи:

1. Колектори, що утворюються при виплавки та кристалізації сталі. До них відносяться сульфіди та оксиди, а також інші неметалеві включення, газові пори; усадочні дефекти та гарячі кристалізаційні тріщини.

2. Холодні тріщини, які утворюються протягом обробки тиском або термічної обробки.
3. Тріщини, які утворилися шляхом поєднання мікротріщин з колекторами водню та прискорюють утворення нових мікротріщин, тобто процес зростання крихких внутризеренних ділянок.

По кількості випадків неметалеві вклучення займають перше, а усадочні дефекти другому місці, як колектори водню.

Насичення металу воднем супроводжується виділенням розчиненого водню в молекулярній формі в процесі охолодження вилівка, зменшенням вільної енергії системи та утворенням умов для зародження та росту тріщин.

Внутрішні та зовнішні напруження інтенсифікують процес тріщиноутворення. Розрахунки показують, що при відсутності напруження формування кластерів водню в залізі ускладнено, оскільки потрібно подолати великий потенційний бар'єр у розмірі 4,3 еВ, при критичному радіусу кластеру $\approx 11,6 \cdot 10^{-8}$ см. При напруженні 1000 МПа енергія активації процесу розвитку кластера знижується до 0,8 еВ, а критичний розмір до $7,8 \cdot 10^{-8}$ см. При напрузі 2000 МПа кластер може розвиватися безперешкодно, тому що енергія активації практично відсутня.

У матеріалі без напружень кластери водню формуються на дислокаціях. При збільшенні напруги кластер розвивається в мікротріщину. Розповсюдження тріщини починається з накопичення водню та формування водневого кластеру перед тріщиною, гирло якої може потім генерувати дислокації і сприяти збільшенню радіуса вершини тріщини. Тріщини, що виникають в наслідок дії водню називають флокенами (нім. Flocken – пластівці).

Висновок. Виконаний аналіз закономірності накопичення і виділення водню на дефектах кристалічної будови металів і сплавів та утворення флокенів дають можливість розробити ефективні напрямки запобігання негативного впливу водню.