

1. Спосіб визначення вмісту водню в сталевому листі, який піддається щонайменше одному процесу відпалювання відповідно до температурного режиму, причому температуру вимірюють датчиками в печі, яка має атмосферу, що містить водень, зазначений сталевий лист містить зерна, в яких атоми розташовані в кристалічній решітці, утворюючи таким чином мікроструктуру сталі, яка включає дислокації і міжвузля, при цьому зазначений спосіб включає послідовні стадії, на яких:

визначають мікроструктуру сталевого листа залежно від температурного режиму, розраховують розчинність C_H водню на поверхні сталевого листа залежно від мікроструктури, температури T і парціального тиску водню p_{H_2} , обчислюють об'ємну концентрацію C_T захопленого водню в дислокаціях і об'ємну концентрацію C_L водню в міжвузлях залежно від температури T , швидкості захоплення водню k , швидкості виділення r водню, розчинності C_H і мікроструктури, обчислюють вміст водню $C_{\text{загальн.}} = C_L + C_T$ у будь-який момент процесу відпалювання, виводять на дисплей комп'ютера для користувача вміст водню $C_{\text{загальн.}}$ в будь-який момент часу.

2. Спосіб визначення вмісту водню в сталевому листі за п. 1, за яким C_T і C_L обчислюють шляхом розв'язування щонайменше на частині товщини зазначеного сталевого листа наступних рівнянь:

$$\frac{\partial C_L}{\partial t} + \frac{\partial C_T}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 C_L}{\partial x^2}, [3]$$

$$\frac{\partial C_T}{\partial t} = \frac{k}{N_L} C_L (N_T - N_A \times C_T) - r C_T, [4]$$

де D_L - коефіцієнт решіткової дифузії водню в кристалічній решітці,

x - глибина всередині зазначеного сталевого листа,

N_L - об'ємна щільність міжвузлів,

N_T - об'ємна щільність дислокацій,

N_A - стала Авогадро.

3. Спосіб визначення вмісту водню в сталевому листі за п. 1 або 2, за яким розчинність C_H водню обчислюють за допомогою наступних рівнянь:

для температури T нижче або рівної A_{c3} :

$$\log(C_H) = 0.5 \log(p_{H_2}) - 3 - \frac{1500}{T}, [1]$$

для температури T вище A_{c3} :

$$\log(C_H) = 0.5 \log(p_{H_2}) - 2.9 - \frac{1490}{T}, [2]$$

де p_{H_2} - парціальний тиск водню в печі, і C_H виражається в ат. %.

4. Спосіб визначення вмісту водню в сталевому листі за будь-яким з пп. 1-3, за яким мікроструктура сталевого листа включає щонайменше одну фазу з фериту, аустеніту, мартенситу і бейніту, і коефіцієнт дифузії решітки D_L водню обчислюють за такими рівняннями:

$$D_L = 5.12 \times 10^{-4} e^{-\frac{4150}{RT}} \text{ - у фериті, мартенситі й бейніті,}$$

$$D_L = 5.8 \times 10^{-3} e^{-\frac{53900}{RT}} \text{ - в аустеніті.}$$

5. Спосіб визначення вмісту водню у сталевому листі за будь-яким з пп. 1-4, за яким швидкість захоплення k водню і швидкість виділення r водню обчислюють за допомогою

наступних рівнянь:

$$k = k_0 \exp\left(\frac{-E_T}{RT}\right),$$

$$p = p_0 \exp\left(\frac{-E_D}{RT}\right),$$

де k_0 і p_0 - коефіцієнти захоплення і виділення, E_T - енергія захоплення, E_D - енергія виділення, і R - універсальна газова стала.

6. Спосіб визначення вмісту водню в сталевому листі за будь-яким з пп. 1-5, за яким об'ємну щільність дислокацій N_T обчислюють за наступним рівнянням:

$$N_T = \alpha \frac{\rho_{dis}}{a_{bcc} \frac{\sqrt{3}}{2}},$$

де ρ_{dis} - поверхнева щільність дислокацій, α - число дислокацій згідно з вектором Бюргерса, a_{bcc} - параметр решітки.