

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОЦЕСІВ ВИНИКНЕННЯ СМУГ ДЕФОРМАЦІЇ ВІД СТРУКТУРНИХ ПАРАМЕТРІВ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ ПІСЛЯ ВІДПАЛУ

Розглянуті межа плинності, напруження мікротечії та деформація Чернова–Людєрса для низьковуглецевої сталі. Показано, що характер зміни деформації Чернова–Людєрса зв'язаний з розміром зерна фериту та формуванням дислокаційної чарункової структури.

Рассмотрены предел текучести, напряжения микротечения и деформация Чернова–Людєрса для низкоуглеродистой стали. Показано характер изменения деформации Чернова–Людєрса связан с размером зерна феррита и формированием дислокационной ячеистой структурой.

The causes of directionality of the yield point, stress of microyielding, and Chernov–Luders deformation in low-carbon steel have been investigated. The observed of Chernov–Luders deformation behaviour is considered to be the result of a directional variation in the grain size of ferrite to cause formation dislocation cell structure.

Широке використання вуглецевих сталей в промисловості обумовлено можливістю змінювання великої кількості властивостей в значному інтервалі значень. При пластичному формотворенні, особливо на початкових етапах, характер поведінки сталі в значній мірі обумовлено її структурним станом. В першу чергу це відноситься до типу текучості при розповсюдженні пластичної деформації в області межі плинності. В порівнянні з двома типами текучості: коли спостерігаємо існування ділянки переривчастої текучості з високою неоднорідністю деформації і без площадки текучості, є велика кількість металів коли за характером поведінки в рівній мірі їх можна віднести до наведених крайніх випадків [1]. Враховуючи, що ресурс використання виробів, особливо при імпульсних та циклічних навантаженнях, в значній мірі обумовлено процесами зародження та розповсюдження перших актів пластичної деформації, стає необхідним визначити яким чином та за рахунок чого можна впливати на характер текучості металу.

Мета дослідження – це визначення характеристик, які дають змогу впливати на протікання процесу переривчастої текучості.

Матеріал для досліджень – низьковуглецева сталь типу 08 кп. Розмір зерна фериту визначали використовуючи методики кількісної металграфії [2]. Різний розмір зерна фериту досягали використовуючи термічні та термомеханічні обробки. Механічні властивості та характер текучості досліджували аналізуючи криву розтягнення, при швидкості деформації 10^{-3} c^{-1} .

При подрібнюванні зерна фериту низьковуглецевої сталі межа плинності (σ_T) та напруження необерненого переміщення дислокацій (σ_0) зростають, а характер їх залежності від розміру зерна (d) описується співвідношенням типу Холла–Петча [1, 3].

На підставі аналізу істинної кривої розтягнення (рис. 1), можна вважати, що збільшення щільності дислокацій при пластичній деформації приведе неодмінно до підвищення рівня діючих напружень.

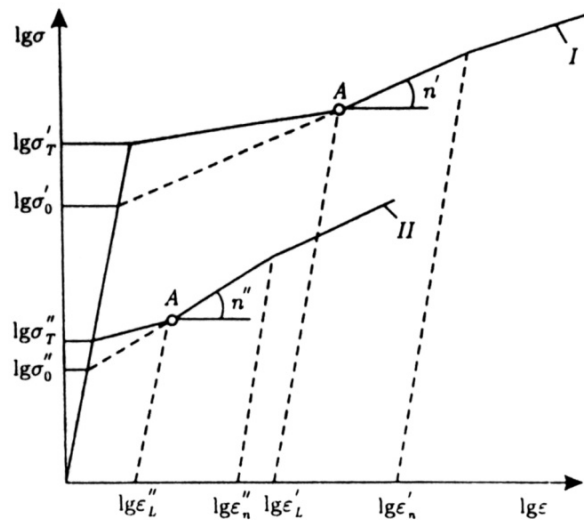


Рис. 1. Схематичне зображення істинних кривих розтягнення в залежності від розміру зерен фериту, крива I відповідає d_1 за умови $d_2 > d_1$

Крім цього, трудомісткість перетину дислокаціями феритних границь теж зростає, що зв'язано зі збільшенням блокуючої спроможності.

сті границь при скопиченні дислокацій поблизу них [1]. Враховуючи, що критичний розмір зародка смуги деформації складає приблизно 2...4 діаметри зерна [3], можна вважати, що приріст дислокацій буде обмежений наведеним об'ємом металу. Таким чином, збільшення опору границь зерен розповсюдженню дислокацій, при формуванні зародка смуги деформації, зв'язані з накопиченням дислокацій, а темп їх зростання обумовлений величиною d .

При збільшенні d , початковим етапом пластичної деформації відповідають зниженні значення σ_0 , а пластична деформація розповсюджується при низькій щільності рухомих дислокацій (ρ_m). На підставі порівняльного аналізу (рис. 1) можна спостерігати, що при одиночному змінюванні d швидкість зміни $\sigma_T \left(\frac{\delta\sigma_T}{\delta d} \right)$ перебільшує аналогічну характеристику для σ_0 . Таким чином можна вважати, що чим більший розмір зерна фериту тим менша деформація Людерса (ε_L), та тим при більш низьких значеннях ρ_m і високих параметрах деформаційного зміцнення (n) почнеться процес деформаційного зміцнення [3]. Враховуючи, що високим значенням n відповідає зростаючий приріст щільності дислокацій, виникає ситуація що при зростанні d різко зростає імовірність розпаду рівномірного розподілу дислокацій на періодичні структури, на подібну чарунковим [4]. Підтверджують цей факт данні табл. 1, які показують що збільшення d супроводжується неодмінним зниженням ε_L та деформації виникнення чарункової дислокаційної структури (ε_n).

Таблиця 1

Залежність ε_L та ε_n від розміру зерна фериту

Параметр	d , мкм					
	9,5	11	16	28	34	115
ε_L	0,06	0,055	0,05	0,0258	0,02	0,001
ε_n	0,12	0,1	0,09	0,06	0,045	0,02

При чому швидкість ε_n від d значно перебільшує аналогічну характеристику для ε_L . Бувалою залежностей ε_L , $\varepsilon_n = f \left(d^{-\frac{1}{2}} \right)$ та подальша

їх екстраполяція до перетину з віссю $d^{-\frac{1}{2}}$, дає змогу знайти розмір зерна фериту, при якому досягаємо умов зникнення ділянки переривчастої текучості. Таке значення d приблизно дорівнює 500...700 мкм. Таким чином можна вважати, що при розмірах зерна фериту низьковуглецевої сталі більше 500 мкм сформувати смугу деформації, яка спроможна до росту достатньо важко.

Приведені розрахунки щодо умов зникнення ділянки переривчастої текучості кривої розтягнення [5] показали, що однією з причин є формування періодичних дислокаційних структур в фронті смуги деформації. На підставі цього відбувається руйнація визначеного градієнта щільності дислокацій в фронті зростаючої смуги, що в решті решт знешкоджує умови її подальшого формування.

На основі проведених досліджень визначено, що в низьковуглецевих сталях зі збільшенням зерна фериту відбувається зниження необхідної щільності рухомих дислокацій для формування зародка смуги деформації і, як наслідок цього, спостерігаємо зменшення деформації Людерса. Одночасно з цим відбувається зниження значення деформації, при якій формується дислокаційна чарункова структура. Після досягнення розміром зерна значень декількох сотень мкм, виникають умови розпаду спеціального розташування дислокацій, на періодичну структуру та зникнення ділянки переривчастої текучості.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабич В. К. Деформационное старение стали / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков. – М.: Металлургия, 1972. - 320 с.
2. Панченко Е. В. Лаборатория металлографии / Е. В. Панченко, Ю. А. Скаков, Б. И. Кример. – М.: Металлургия, 1965. – 439 с.
3. Вакуленко И. А. Структура и свойства углеродистой стали при знакопеременном деформировании. – Д.: Gaudeamus, 2003. – 94 с.
4. Большаков В. И. Переориентирование структуры в углеродистых сталях / В. И. Большаков, И. А. Вакуленко. – Д.: ПГАСиА, 2005. – 99 с.
5. Вакуленко И. А. Влияние размера зерна феррита малоуглеродистой стали на процессы формирования полосы Чернова–Людерса / И. А. Вакуленко, В. Г. Раздобреев. – Доповіді НАН України, 2003, № 1. С. 72-76.

Надійшла до редакції 15.01.2008.