

ВПЛИВ ДИСПЕРСНОСТІ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ НА ОПІР РУЙНУВАННЮ

Розглянута залежність коефіцієнта інтенсивності напружень, міцності при втомі і ударної в'язкості від розміру зерна аустеніту, розміру феритного проміжка перліту вуглецевої сталі.

Рассмотрена зависимость коэффициента интенсивности напряжений, усталостной прочности и ударной вязкости от размера зерна аустенита, размера ферритного промежутка перлита углеродистой стали.

The observed questions of estimate stress intensity coefficient, strength of fatigue and toughness behavior is considered to be result of a directional variation in the grain size of austenite and size of ferrite pearlite in carbon steel.

Незалежно від морфології структурних складових вуглецевої сталі, підвищення їх дисперсності супроводжується збільшенням міцностних властивостей і, як наслідок цього, підвищується опір метала процесам руйнування. Враховуючи, що міцності властивості сталі від розміру основного структурного елемента підпорядковуються залежності типу Холла-Петча, можна вважати, що це обумовлено визначеним співвідношенням між параметрами указанного рівняння, які в свою чергу зв'язані з характером структурних змін в металі під час навантаження. Підтверджують це експериментальні дані [1, 2], з яких витікає, що σ_i та K_y (постійні

рівняння Холла-Петча: $\sigma = \sigma_i + K_y \cdot d^{-\frac{1}{2}} \left(\lambda^{-\frac{1}{2}} \right)$,

де d , λ – розмір зерна фериту, або відстань між карбідними частками) зв'язані не тільки з умовами зародження та розповсюдження пластичної деформації, умовами навантаження, а й з попередніми структурними перетвореннями, наприклад, при поліморфних перетвореннях сталі

Метою роботи є аналіз опору процесу руйнування вуглецевої сталі в залежності від структурних параметрів та умов навантаження.

Матеріалом для досліджень була сталь з кількістю вуглецю 0,55 та 0,65 %. Дисперсність структурних складових досягали за рахунок використання різноманітних термічних та термомеханічних обробок. Властивості визначали при статичних, циклічних та динамічних випробуваннях. Розмір структурних складових визначали використовуючи методики кількісної металографії [3].

Аналіз відомих експериментальних даних [4-6] свідчить, що межа міцності при втомі (σ_{-1}) зі збільшенням розміру зерна аустеніту

(d_A) знижується. Найбільш частіше наведена залежність виконується для низьковуглецевих сталей, коли структурно вільний ферит утворює безперервну область та його об'ємна частка значно перебільшує перлітні колонії. Це обумовлює спадкоємний вплив аустенітної структури на утворення феритної складової.

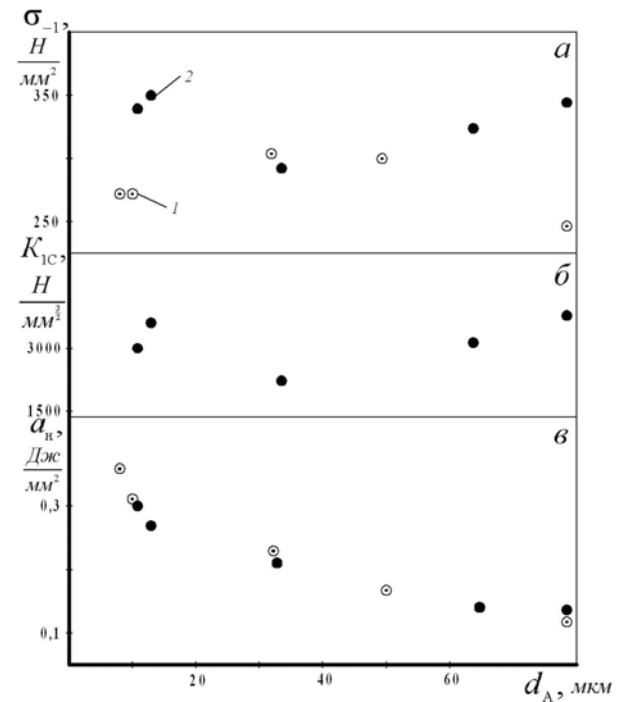


Рис. 1. Залежність σ_{-1} (а), коефіцієнта інтенсивності напружень при руйнуванні метала (б) та ударної в'язкості руйнування (в) від d_A вуглецевих сталей з вмістом вуглецю (1 – 0,55; 2 – 0,65 %)

Однак, наведений вплив аустеніту починає перекинутись зі збільшенням об'ємної частки перлітної складової, або у випадках коли зростає роль процесів структурних перетво-

рень, які мають місце в сталі, наприклад при збільшенні швидкості охолодження. В цьому випадку вплив аустенітної фази на величину σ_{-1} повинен знижуватись. Дійсно, для досліджуваних сталей з 0,55 та 0,65 % С будова залежності межі міцності при втомі від d_A показала практично повну відсутність зв'язку між наведеними характеристиками (рис. 1). Подібний результат отримано для коефіцієнта інтенсивності напружень при руйнуванні сталі (K_{1C}). Обумовлено це декількома факторами, основні з яких – порушення безперервності структурно вільного фериту та, при використанні примусового охолодження, подрібнюваностю перліту, які додатково вуюють вплив аустенітної структури. З іншого боку, за рахунок того, що в аустеніті обов'язково є градієнт концентрації по перетину зерна, як вуглецю так і легуючих елементів, який неодмінно проявляється при збільшенні швидкості навантаження при випробуваннях, або при зниженні температури, нема нічого незвичайного що ударна в'язкість (a_n) ілюструє достатньо однозначну залежність від d_A (рис. 1).

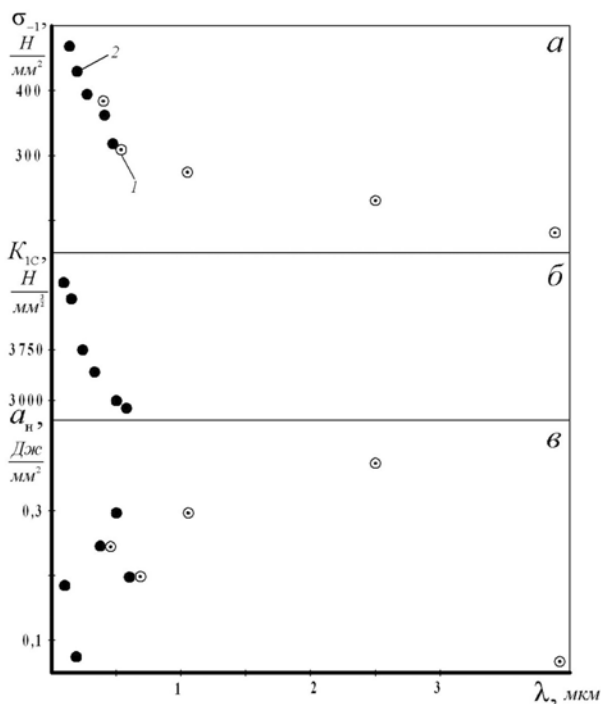


Рис. 2. Залежність σ_{-1} (а), K_{1C} (б) та a_n (в) від λ для вуглецевих сталей з вмістом вуглецю (1 – 0,55; 2 – 0,65 %)

На підставі отриманих результатів можна вважати, що характеристики металу, які визначені при різних умовах навантаження (статичні та динамічні) повинні показувати різний харак-

тер залежності від одних і тих структурних параметрів металу.

Враховуючи, що в середньо- та високовуглецевих сталях основним структурним елементом є міжкарбідна відстань в перлітній колонії, можна очікувати існування залежності вивчаємих характеристик від λ . Будова залежності σ_{-1} , K_{1C} , та a_n від λ , показала існування достатньо однозначного зв'язку для σ_{-1} , так K_{1C} , в той час як для a_n коефіцієнт кореляції має значно низькі значення (рис. 2).

Сумісний аналіз характеру залежності σ_{-1} і K_{1C} від структурних параметрів указує на можливість існування зв'язку між ними. Дійсно, після парного нанесення значень σ_{-1} проти K_{1C} для однакових структурних параметрів, можна говорити, що існує прямопропорційний зв'язок з достатньо високим значенням коефіцієнта кореляції (рис. 3).

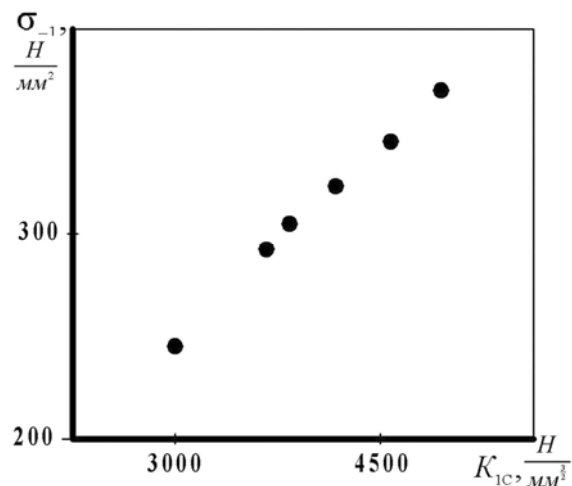


Рис. 3. Взаємозв'язок σ_{-1} та K_{1C} для сталі з 0,65 % С

На підставі аналізу залежності σ_{-1} та K_{1C} від λ можна вважати, що наведені характеристики зв'язані з процесами зародження та розповсюдження тріщини при відносно низьких швидкостях деформування. Більше цього, як показано в [2, 7] диспергування перлітної колонії високовуглецевої сталі супроводжується не тільки зростанням міцностних властивостей але і спроможністю металу до пластичної деформації. Обумовлено це існуванням залежності параметрів деформаційного зміцнення від дисперсності перліту. Враховуючи, що параметри деформаційного зміцнення ілюструють темп накопичення дефектів кристалічної будови при поодиномому збільшенні ступеня пластичної деформації, прискорення релаксаційних проце-

сів в дрібнодисперсному перліті є пояснення за рахунок яких чинників досягається підвищення пластичності металу та збільшення σ_{-1} та K_{1C} .

В протилежність σ_{-1} і K_{1C} залежність a_n достатньо добре описується від d_A . Обумовлено це, як показано раніш, збільшенням впливу концентраційної неоднорідності аустеніту при умовах підвищення швидкості навантаження металу при випробуваннях (при визначенні a_n швидкість навантаження приблизно в 10^2 більше ніж при визначенні σ_{-1} та K_{1C}).

На підставі аналізу отриманих експериментальних даних, результатів інших робіт [2, 4-7], можна вважати, що використовуючи тільки один або два параметри неможливо наблизитись до реальних умов експлуатації виробів. З урахуванням підвищення вимог щодо умов експлуатації машин та агрегатів стає в край необхідним розробити комплексний показник, який дозволить одночасно урахувати вплив структурного стану металу, умов навантаження на характеристики надійності готових виробів.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бабич В. К. Деформационное старение стали / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков. – М.: Металлургия, 1972. – 320 с.
2. Вакуленко И. А. Структура и свойства углеродистой стали при знакопеременном деформировании. – Д.: Gaudeamus, 2003, – 94 с.
3. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургиздат, 1958. – 446 с.
4. Терентьев В. Ф. Влияние размера зерна на сопротивление усталости металлов. / В. Ф. Терентьев, В. Г. Пойда // В кн.: Усталость и вязкость разрушения металлов. – М.: Наука, 1974. с. 109-141.
5. Иванова В. С. Современные представления о природе усталостного разрушения и новые направления исследований. В кн.: Усталость металлов и сплавов. – М.: Наука, 1971. С. 3-14.
6. Трошенко В. Г. Усталость и неупругость металлов. – К.: Наук. думка, 1971. – 267 с.
7. Пирогов В. А. Влияние структурных параметров на деформируемость углеродистых сталей / В. А. Пирогов, В. П. Фетисов, И. А. Вакуленко. Сталь, 1986, № 10. С.73-76.

Надійшла до редакції 14.01.2008.