

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІМЕСГ» НААН**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***VI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
112-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віце-президента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***21-22 лютого 2019 року
м. Київ***

УДК 631.2.14

ВПЛИВ МОРФОЛОГІЇ КАРБІДНОЇ ФАЗИ НА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ

О. Є. СЕМЕНОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент,

Г. М. ПОХИЛЕНКО, старший викладач

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: semenovski@ukr.net, pokhilenko@nubip.edu.ua

Аналізуючи та узагальнюючи відомі математичні моделі, які описують вплив структури на властивості сплаву, можна зробити висновок, що для отримання оптимальних результатів, вирішення задачі в загальному вигляді зводиться до розподілення математичного виразу на члени, кожен з яких відповідає ступеню зміцнення певною фазовою складовою сплаву та встановлення співвідношення між частинами рівняння.

Впливу структурних характеристик α - фази присвячена значна кількість робіт, в яких описані основні закономірності. Стосовно визначення другого критерію, який залежить від характеристик карбідної фази, то нами пропонується математична залежність, яка пов'язує відстань між частинками недеформованої твердої фази з її концентрацією та розміром. Вона описується наступним рівнянням:

$$L_{k,d} = d \times \sqrt[3]{\frac{\pi \cdot 100}{6k}} - d; \quad (1)$$

де: $L_{k,d}$ - віддаль між частинками;

d - розмір частинок;

k - концентрація частинок.

Цей вираз дає можливість пов'язати між собою концентрацію легуючих елементів (в нашому конкретному випадку титану та ніобію) з її впливом на величину зміцнення сталі. Для цього необхідно знати розподілення цих елементів між структурними складовими сплаву.

Для наочного відображення залежності зміцнення сплаву від вказаних характеристик наведені графічні залежності відстані між частинками карбідної фази в залежності від зміни їх розміру та концентрації в сталі.

На графіку (рис.1) бачимо лінійний характер зміни відстані між частинками, в залежності від величини цих частинок. З цієї залежності видно, що подрібнення карбідної фази сприяє зменшенню відстані між частинками, і, як наслідок, збільшує ступінь зміцненого сплаву.

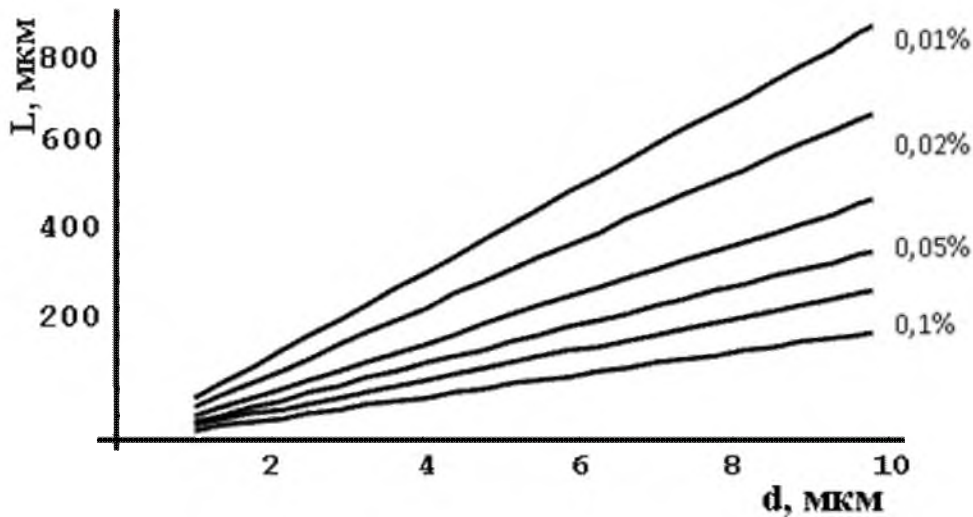


Рис. 1. Залежність відстані між частинками карбідної фази від їх розміру при різних концентраціях

При цьому подрібнення включень до 1...3 мкм суттєво зменшує відстань між частинками при концентрації карбідної фази в межах 0,1...0,2% від загального об'єму сплаву. Це дає можливість на декілька десятків відсотків підвищити міцність сталі.

Наведена графічна залежність, яка описується рівнянням (1), дає можливість спростити модель запропоновану в роботі Пікерінга, замінивши в рівнянні член, який враховує відстань між частинками карбідної фази, виразом до складу якого буде входити певний коефіцієнт ($L_{k,d}$), що пов'язує розмір частинок цієї фази з її концентрацією в сталі. Для визначення цього коефіцієнта слід застосовувати виведену нами формулу (1). Це дасть можливість значно спростити та підвищити достовірність розрахунків, не тільки за рахунок зменшення кількості аргументів в рівнянні (1), а також і тому що методика визначення відстані між частинками карбідної фази, особливо при її низькій концентрації та малих розмірах, досить складна та має недостатній ступінь вірогідності отриманих результатів.

Більш складний характер має залежність відстані між частинками від концентрації легуючих елементів. На рис. 2 наведені функціональні залежності $L = f(k)$ для карбідної фази з розміром частинок 1, 3, 5, 10 мкм.

На графіку ці криві розміщені знизу вгору, відповідно наведеній послідовності. Видно, що при розмірах карбідної фази 5 і 10 мкм, відстань між цими частинками буде залишатись в межах 30...100 мкм навіть при концентрації цієї фази до 0,5%, що недоцільно. Відчутне зміцнення сплаву при оптимальній концентрації карбідної фази в межах 0,1...0,2% спостерігається при розмірі частинок до 2...3 мкм.

Слід відзначити і той факт, що характер кривої, яка описується залежністю: $L = f(k)$ (рис.2), вказує на підвищення інтенсивності збільшення відстані між частинками при зниженні концентрації менше 0,05...0,15 відсотків для розміру частинок відповідно 5...1 мкм.

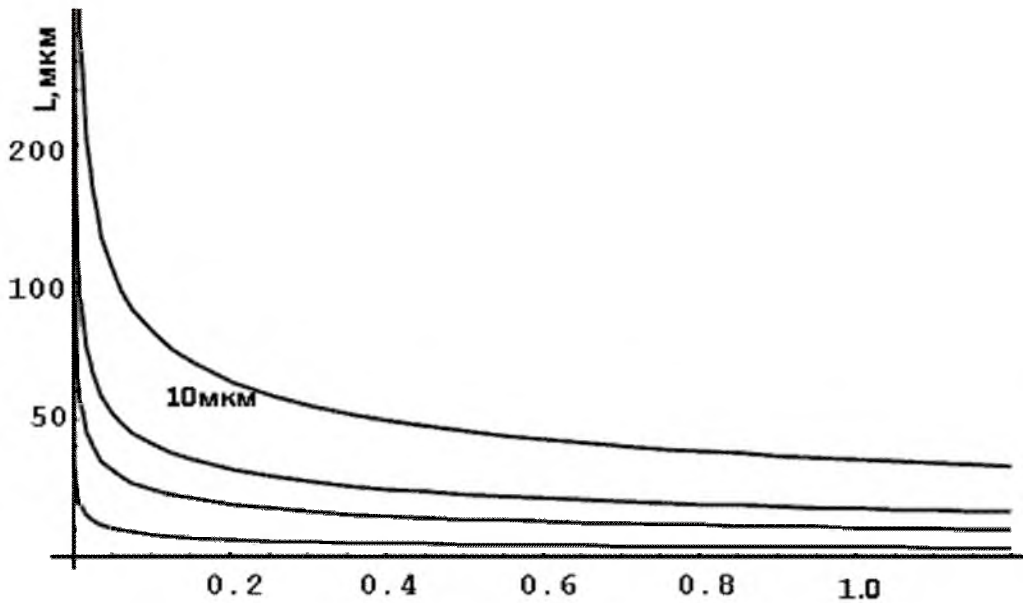


Рис.2. Залежність відстані між карбідними включеннями від їх концентрації (для розмірів карбідної фази відповідно 1, 3, 5, 10 мкм)

Інтенсивне збільшення відстані між частинками, як вказувалось раніше, приводить до нівелювання ефекту від легування елементами, що в нашому конкретному випадку утворюють карбідну фазу (ніобій та титан).

Співставлення результатів аналізу графічних залежностей відстані між частинками карбідної фази від їх розміру та концентрації дало можливість відповісти на питання, чому при перевищенні певної межі вмісту легуючих елементів спостерігається зниження механічних властивостей сталі. Це пояснюється тим, що при незначних концентраціях (в межах до 0,1%) розмір частинок карбідної фази лишається мінімальним (1...3 мкм). В цьому випадку саме концентрація легуючих елементів зменшує відстань між частинками, що і обумовлює зміцнення сплаву.

Підвищення вмісту легуючих елементів, що утворюють карбідну фазу стійку до високих температур, викликає інтенсивне збільшення її розмірів, а це, в свою чергу збільшує відстань між частинками та приводить до розміцнення сплаву.

Таким чином виведене рівняння (1) дає можливість зв'язати концентрацію легуючого елемента через структуру сталі з її властивостями. Тобто знаючи про розподіл хімічного елемента між фазами, можемо встановити вплив на механічні властивості недеформованої фази.

Для встановлення кінцевих розрахунків на основі рівняння запропонованого Пікерінгом необхідна ще кількісна оцінка впливу легуючих елементів на зміцнення зерна α -фази. Але, як вже відмічено раніше, цей компонент в значній мірі може змінюватись в залежності від режимів термічної обробки. Тому більш доцільно перейти до критерію оцінки зміцнення зерна α -фази після стандартизованого режиму термічної обробки, пов'язавши його з розміром природного аустенітного зерна.