УДК 621.791

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТВЕРДОСТІ ЗА МАРТЕНСОМ ВІД МІКРОСТРУКТУРИ ПРИ ІНДЕНТУВАННІ ЗРАЗКІВ З ВУГЛЕЦЕВОЇ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ СТАЛІ У12А[20]

Єгоров Н.О., ст. гр. МС 41-19, ХНАДУ

Анотація. *Показано, як дисперсність мікроструктури зразків з вуглецевої сталі У12А впливає на значення твердості за Мартенсом при індентуванні пірамідою Берковича. Встановлено значний розмірний ефект, тобто значення твердості кожного зразку зі збільшенням навантаження зменшуються майже у 1,7-2,2 рази.*
Ключові слова: мікроструктура, перліт, цементит, твердість за Мартенсом, індентор, діаграма індентування, розмірний ефект.

ESTABLISHING THE DEPENDENCE OF HARDNESS ACCORDING TO MARTENS ON MICROSTRUCTURE WHEN INDENTING SAMPLES FROM CARBON TOOL STEEL U12A

Yehorov N., st. of gr. MS 41-19, KhNAHU

Annotation. *It is shown how the dispersion of the microstructure of samples made of carbon steel U12A affects the Martens hardness value when indented by the Berkovich pyramid. A significant indentation size effect was established, that is, the hardness values of each sample with an increase in load are reduced by almost 1,7-2,2 times.*
Keywords: microstructure, perlite, cementite, Martens hardness, indenter, indentation diagram, indentation size effect.

Вступ

Зараз є велика проблема у встановлення залежності твердості металів і їх сплавів як від мікроструктури, так і від навантаження на індентор (indentation size effect). На прикладі метода вимірювання твердості за шкалою Мартенса згідно з ISO 14577 [1] нами встановлена спроба встановити цю залежність.

Значним фактором, що впливає на значення результатів вимірювання твердості вуглецевої інструментальної сталі У12А, є як розмірний ефект, тобто indentation size effect, так і вплив розміру зерна структурних складових мікроструктури.

Питанню впливу мікроструктури та навантаження на значення твердості вуглецевої інструментальної сталі У12А за методом Мартенса і присвячене дане дослідження.

Аналіз публікацій і мета роботи

В роботах [1-2] наведено, що найбільш прогресивним набором механічних властивостей металевих матеріалів є міжнародний стандарт ISO 14577, до якого входить наступний комплекс параметрів: твердість за Мартенсом *HM*, твердість за Мартенсом HM_S, твердість індентування H_{IT}, модуль пружності E_{IT}, повзучість при індентуванні C_{IT}, релаксація при індентуванні R_{IT}, робота при індентуванні [1]. Одним із найважливіших параметрів цього комплексу є метод Ма-

[20] Робота виконана під керівництвом професора Мощенка В.І.

ртенса, якій враховує як пружну, так і пластичну складові у твердості. Але при цьому важливу роль грає дисперсність зерна структурних складових металу або сплаву.

Автори [3] свідчать, що розмірний ефект, тобто залежність твердості від навантаження присутній при вимірюванні твердості будь яких металевих матеріалів. Як відомо, розмірний ефект збільшує або зменшує показники твердості від декілька відсотків до 2-3 х разів.

В роботі [2] також доведено, що розмірний ефект буває прямий або зворотній.

Об'єктом досліджень були сталеві міри твердості. Що стосується впливу навантаження на значення твердості сталевих зразків - це питання є актуальним для сучасного матеріалознавства.

Метою даної роботи є дослідження характеру зміни твердості зі збільшенням навантаження на індентор для вуглецевої інструментальної сталі У12А з різною мікроструктурою.

Матеріали і методи дослідження

Для дослідження були відібрані зразки, виготовлені з мір твердості. Позначення зразків, їх твердість та мікроструктура надано в таблиці 1.

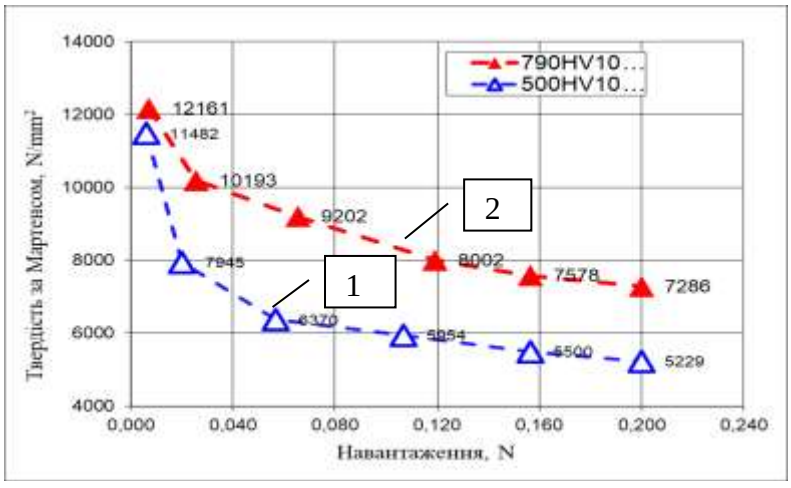
Таблиця 1 – Значення твердості за Віккерсом сталевих зразків в залежності від мікроструктури

Зразок	Твердість зразку за Віккерсом та марка сталі	Мікроструктура
Міра твердості HV	1. Міра твердості 500HV10 (У12А)	Перліт + цементит
	2. Міра твердості 790HV10 (У12А)	Перліт + цементит (дрібно глобулярний)

Твердість вимірювалась на приладі NanoTest (Micro Materials Ltd.) Унікальність даного приладу - горизонтальне розташування шпинделя і індентора, що дозволяє з більшою точністю визначати твердість в мікро- і нанодіапазоні. Це пов'язано з силою тяжіння, яка діє на досліджуваний зразок під час проведення випробування.

Результати дослідження

Залежність твердості за Мартенсом від навантаження наведено на рис. 1.



1 – зразок 1 (міра твердості 500HV10 (У12А - перліт + цементит)); 2 – зразок 2 (міра твердості 790HV10 (У12А - перліт + цементит (дрібно глобулярний))

Рис. 1. Залежність твердості за Мартенсом від навантаження та мікроструктури

З рисунку видно, що при підвищенні навантаження до 0,2 Н значення твердості за Мартенсом зменшується в 1,7 раза (міра твердості 500HV10 (У12А - перліт + цементит), і в 2,2 рази для зразку 790HV10 (У12А - перліт + цементит (дрібно глобулярний)). При цьому більш дрібно-дисперсна мікроструктура зразку 2, тобто сталі У12А зі структурою перліт та цементит дрібно глобулярний, значення твердості за Мартенсом в 1,4 рази вище.

Висновки

1. При дослідженні залежності твердості за Мартенсом зразків з вуглецевої інструментальної сталі У12А значно проявляється розмірний ефект (indentation sizee ffect), тобто зменшення твердості за Мартенсом в 1,7-2,2 рази зі збільшенням навантаження на індентор від 0,007 до 0,2 Н.

2. При дослідженні залежності твердості за Мартенсом від мікроструктури зразків з вуглецевої інструментальної сталі У12А встановлено наступне: більш дрібно-дисперсна мікроструктура зразку зі сталі У12А надає підвищення твердості за Мартенсом приблизно в 1,4 рази.

Література

1. ISO 14577-1:2015. Metallic materials — Instrumented indentation test for hardness and materials parameters — Part 1: Test method. - 46 p.

2. Мощенок, В.І. Сучасні методи визначення твердості матеріалів : монографія / LAP LAMBERT Academic Publishing.- 2019. ISBN-13:978-620-0-25655-3 . - 392 с.

3. Simon P.A. Gill and Christopher J. Campbell A model for the indentation size effect in polycrystalline alloys coupling intrinsic and extrinsic length scales. Journal of Materials Research , Volume 34, Issue 10, 28 May 2019, p. 1645 – 1653.