

УДК 539.3

А. Середя¹, гол. інж.–досл., О. Каток¹, к.т.н., с.н.с., В. Харченко¹, д.т.н., проф., академік НАН України, Р. Кравчук¹, к.т.н., М. Рудницький¹, к.т.н., с.н.с., В. Швець¹, к.т.н., С. Бісик², д.т.н., проф.

¹Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, Україна

²Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України

ВИМІРЮВАННЯ ТВЕРДОСТІ ВИСОКОМІЦНИХ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СТАНДАРТУ СОУ 56-36-2021

A. Sereda¹, Chief Engineer Researcher, O. Katok¹, Ph.D., Senior Researcher,
V. Kharchenko¹, Dr.Sci., Prof., Academician of the NAS of Ukraine, R. Kravchuk¹,
Ph.D.,
M. Rudnitskyi¹, Ph.D., Senior Researcher, V. Svets¹, Ph.D., S. Bisyk², Dr.Sci., Professor

MEASUREMENT OF THE HARDNESS OF HIGH-TENSION AND ARMORED STEEL USING THE STANDARD SOU 56-36-2021

Abstract. A standard for measuring the Brinell hardness of sheet high-strength alloy steels is presented. The features of the presented technique are shown on the example of sheet steels 28GRA and 28ГХНМР.

На сьогоднішній день із збільшенням об'єму виготовлюваної продукції з високоміцних легованих сталей важливим напрямком в дослідженнях та контролі їх якості є коректне та достовірне вимірювання твердості. На кожен плавку, окремо, проводять випробування на твердість за методом Брінелля відповідно до стандарту EN ISO 6506-1. В свою чергу достовірне визначення твердості цих сталей викликає деякі труднощі, через появу знеуглецьованого верхнього шару металу під час виготовлення.

На основі проведених експериментальних досліджень і відповідного аналізу нормативних документів, що регламентують вимірювання твердості за методом Брінелля, в Інституті проблем міцності було розроблено стандарт СОУ 56-36-2021, який дозволяє отримувати більш точні значення в зазначеній ситуації, що призводили на практиці до питань щодо невідповідності якості металу заявленим характеристикам. Крім дотримання вимог стандарту ДСТУ ISO 6506, в запропонованому стандарті містяться додаткові вимоги щодо врахування ряду факторів, характерних саме для цього класу матеріалів, зокрема підготовки поверхні, вибору кульки-індентора і рівня навантаження. Отримано патент України № 148856 від 22.09.2021 р. на спосіб визначення твердості товстостієвих високоміцних сталей.

Апробацію стандарту СОУ 56-31-2021 проводили на зразках розміром 150×150×8,6 мм вирізаних із листового прокату сталей 28ГХНМР і 28ГРА.

Випробування листової сталі 28ГХНМР проводилось шляхом пошарового видалення поверхневого шару з наступним вимірюванням твердості з двох зовнішніх сторін зразка. На початку з зовнішніх поверхонь зразка знімали по 50 мкм, що дозволило отримати вихідні значення твердості. Далі по черзі знімали по 50 мкм металу з кожної сторони. Після кожного видалення шару металу вимірювали твердість на стаціонарному твердомірі ТШ-2 з навантаженням 3000 кгс і використанням кульки з карбиду вольфраму діаметром 10 мм (по п'ять вимірювань) та для порівняння вимірювали твердість портативним твердоміром Computest SC (п'ятнадцять вимірювань). Процедури пошарового зняття шарів металу повторювали до тих пір, поки твердість не набувала однакових значень на двох останніх процедурах. На рис. 1 і

2 показано розподіл твердості при пошаровому знятті металу з поверхонь зразків з сталей 28ГХНМР і 28ГРА.

На рис. 1 червоною лінією показано величину твердості згідно сертифікату. З рисунка також видно, що після видалення поверхневого шару металу товщиною 350 мкм твердість сталі досягла заявленої, про що свідчать результати вимірювань твердості за допомогою твердоміру ТШ-2 та заявленої в сертифікаті виробником. Максимальні відхилення середньої величини твердості двох поверхонь від величини твердості зазначеної в сертифікаті EN 10 204-3.1 для досліджуваної сталі склало 510 ± 1 HBW.

На рис. 2 показано розподіл твердості при пошаровому знятті металу з поверхонь зразка з сталі 28ГРА. Твердість поверхневого шару після першого зняття металу нижче реальних значень твердості (~ 462 HBW) і при подальших видаленнях металу до товщини 250 мкм досягає заявленої (514 HBW) і з подальшим видаленням шарів металу не змінюється, про що свідчить збіг результатів вимірювань твердості за допомогою твердоміру ТШ-2 при різних навантаженнях та твердоміру Computest SC.

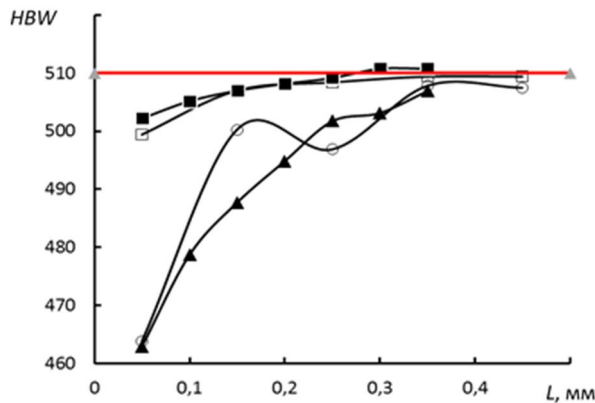


Рис. 1. Зміна значень твердості HBW при пошаровому знятті металу L з двох зовнішніх поверхонь зразка із сталі 28ГХНМР (○, □ – поверхня А; ●, ■ – поверхня Б) твердоміром ТШ-2 (□, ■) згідно ДСТУ EN ISO 6506-2:2019 та портативним приладом Computest SC (○, ●) (довідкові результати).

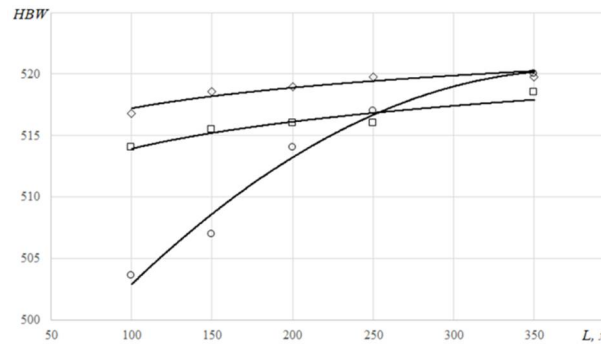


Рис. 2. Зміна значень твердості HBW при пошаровому знятті металу L з двох зовнішніх поверхонь зразка із сталі 28ГРА твердоміром ТШ-2 з навантаженням 3000 кгс і діаметром індентора 10 мм (□) та навантаженням 187,5 кгс і індентором 2,5 мм (◇) згідно ДСТУ EN ISO 6506-2:2019 та портативним приладом Computest SC (○).

З рисунків видно, що поверхневий шар досліджених листових легированих сталей в стані поставки занижує реальні значення твердості і при видаленні знеуглецьованого шару забезпечується можливість вимірювання твердості основного металу, про що свідчить незмінність значень твердості на рисунках при подальшому знятті шарів металу. Глибина такого шару для досліджуваних сталей становить від 250 до 350 мкм.

На рис. 3 представлені результати твердості по товщині бічної поверхні зразка (8,0 мм) із сталі 28ГХНМР, що отримані портативним приладом Computest SC. Наведено характерний розподіл чисел твердості HB 30 по бічній поверхні зразка листа (для решти товщин зразків характер розподілу має аналогічний характер).

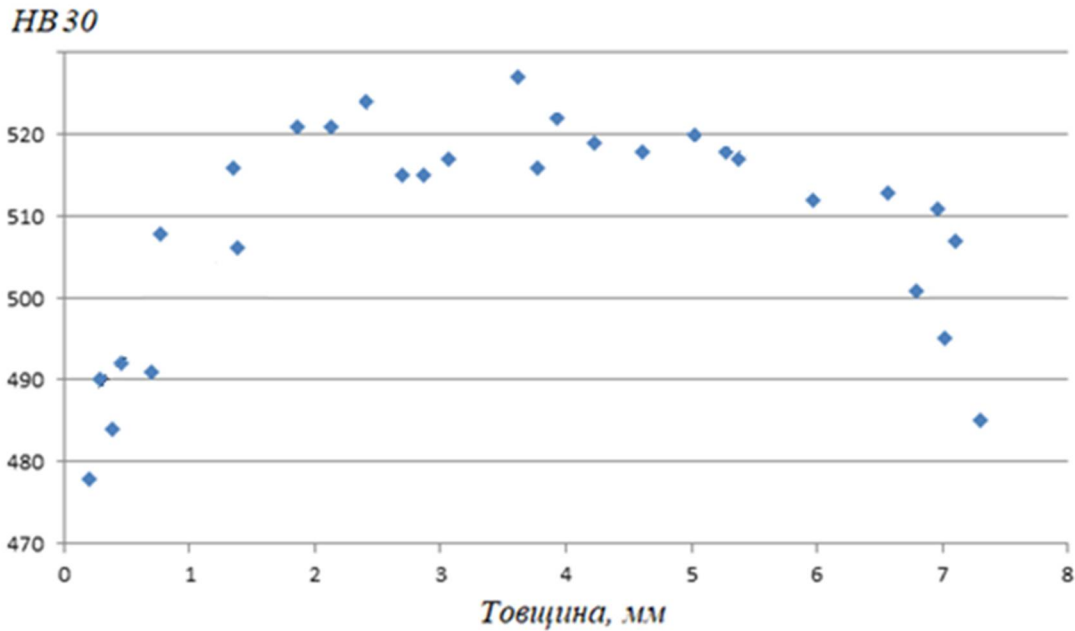


Рис. 3. Розподіл твердості сталі 28ГХНМР по товщині листа.

За результатами дослідження твердості торців листів було виявлено крайові ефекти зниження значень твердості відносно центральної частини бічної поверхні листів до кромки, що свідчить про деяку неоднорідність структури досліджуваних листових матеріалів по товщині. Невизначеність перехідної зони від центральної частини бічної поверхні листів до верхніх і нижніх кромки листа та технічна обмеженість можливості виконувати вимірювання твердості в безпосередній близькості до кромки бічної поверхні листа значно ускладнили кількісне визначення її величини.

Таким чином на прикладі листових високоміцних легованих сталей 28ГРА і 28ГХНМР проведено апробацію стандарту СОУ 56-36-2021 «Матеріали металеві. Високоміцні та броньовані листові сталі. Визначення твердості за методом Брінелля». Для досліджуваних сталей встановлено товщину знеуглецьованого шару, визначено достатній для отримання достовірних значень твердості рівень чистоти поверхні основного металу, тобто без знеуглецьованого шару, отримано характер розподілу твердості по товщині зразків.