

ФОРМУВАННЯ ПАСПОРТУ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ БРОНЬОВАНОЇ СТАЛІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі сформовано паспорт матеріалу для броньованої сталі марки 45Х2НМФБА. Отримані залежності дозволять в подальшому надавати рекомендації при побудові технологічних процесів виготовлення елементів (конструкцій) бронезахисту.

Ключові слова: броньована сталь, паспорт матеріалу, бронезахист.

Abstract

In this work, a passport of material for armored steel of the brand 45X2NMФБА is formed. The obtained dependencies will allow providing further recommendations in the construction of the technological processes of manufacturing elements (structures) of armor protection.

Keywords: armored steel, a passport of material, armor protection.

Найбільш розвиненим виробникам бронезахисту ще на стадії проектування потрібно задавати необхідну енергопоглинаємість конкретних елементів броньованих конструкцій. Це дозволить значно зменшити негативні силові дії засобів ураження на людину та техніку.

При експлуатації броньованих сталей, з яких виготовляють бронезилети, броньові пластини для бронетехніки, виникає необхідність оцінки їх якості та деформаційної здатності поглинати енергію при проникненні індентора (кулі, снаряду).

Метою роботи є формування паспорта матеріалу для броньованої сталі марки 45Х2НМФБА та отримання залежностей, які дозволять в подальшому надавати рекомендації при побудові технологічних процесів виготовлення елементів (конструкцій) бронезахисту.

В даній роботі проведені дослідження з визначення фізико-механічних характеристик сталі марки 45Х2НМФБА, яка використовується при створенні елементів бронезахисту[1].

В теорії обробки металів тиском, де розглядаються великі пластичні деформації (кінцеві деформації) таких стандартних механічних характеристик як границя текучості – $\sigma_{0,2}$, границя пружності – $\sigma_{пр}$, границя пропорційності – $\sigma_{пр}$, границя міцності – σ_6 , а також характеристик пластичності – відносне залишкове видовження – $\delta = \frac{l_i - l_0}{l_0} \cdot 100\%$, відносне залишкове звуження –

$\psi_u = \frac{A_0 - A_u}{A_0} \cdot 100\%$ (табл. 1), далеко недостатньо для опису механіки процесів обробки металів тиском.

Таблиця 1

Характеристики матеріалу

Марка сталі	Номинальний хімічний склад	Твердість, НВ, МПа	КСУ, кДж/м ²	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_6 , МПа	δ , %	ψ_u , %
45Х2НМФБА	0,50С–0,37Si– 1,10Cr–1,80Ni– 0,80Mn–0,30Mo– 0,18V–0,30Cu	1800–2200	390	1550	1700 – 1900	10	30 – 40

В останні роки, розглянуті представлення про властивості матеріалу у вигляді функцій знаходять широке застосування при моделюванні процесів обробки металів тиском.

Такими універсальними механічними характеристиками матеріалів є функції матеріалу, які відображають властивості матеріалу в залежності від ступеня деформації (здатність до зміцнення), схеми напруженого стану, історії деформування.

Базуючись на відомих методиках [2-9] будуються наступні функції матеріалу, які формують, так званий, «паспорт матеріалу» у вигляді різних функцій, таких як крива течії матеріалу; діаграма пластичності; тарувальний графік (твердість – інтенсивність напружень – інтенсивність деформацій).

Криві течії необхідні для проектування операцій обробки металів тиском.

В теорії обробки металів тиском при ізотропному зміцненні часто застосовують рівняння кривої течії по П. Людвіку [4, 5]:

$$\sigma_u = A \varepsilon_u^n, \quad (1)$$

де σ_u – інтенсивність напружень, ε_u – інтенсивність деформацій, A, n – коефіцієнти апроксимації кривої течії матеріалу.

Варто відмітити, що в залежності від того, які елементи броньованих конструкцій необхідно виготовити для ізотропного матеріалу з ізотропним зміцненням, як правило, криву течії будують за результатами випробування або на розтяг стандартних плоских (для листових матеріалів) або циліндричних зразків за ГОСТ 1497-84, ГОСТ 11701-64. Іноді для побудови кривої течії в області великих деформацій використовують циліндричні зразки на стиск.

В результаті проведення випробувань зразків, виготовлених з матеріалу досліджуваних елементів конструкцій, отримано криву течії матеріалу в координатах «інтенсивність напружень σ_u , інтенсивність деформацій ε_u » (рис. 1).

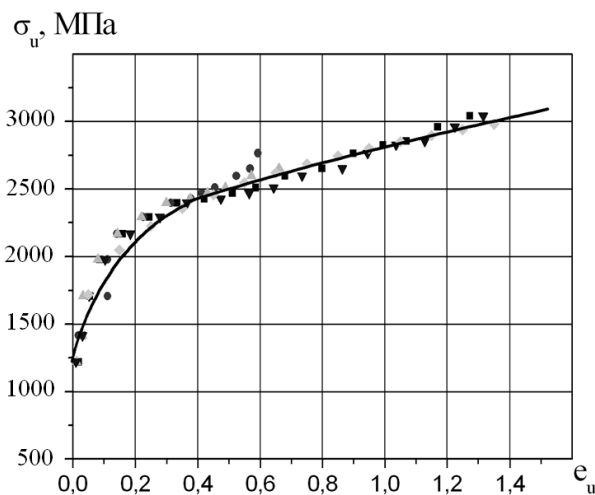


Рисунок 1 – Крива течії сталі 45X2НМФБА
(● – експериментальні дані випробувань на стиск,
 — — — — апроксимація згідно рівняння (1))

В формулі (1) A, n – коефіцієнти апроксимації, що мають фізичний зміст: для матеріалу, що ізотропно зміцнюється $A = \sigma_u$ при $\varepsilon_u = 1, n = \varepsilon_{кр}$ – критична деформація при умовному максимальному напруженні. Для матеріалу сталь 45X2НМФБА коефіцієнти апроксимації $A = 2893$ МПа, $n = 0,23$.

Діаграма пластичності, що є по суті одною із механічних характеристик матеріалу, будують в координатах – накопичена інтенсивність деформацій до моменту руйнування (далі будемо називати її граничною деформацією – ε_p) – показник напруженого стану (η) [2, 4].

Універсальними термомеханічними характеристиками, від яких залежить пластичність металів, є швидкість деформації, температура, вид (схема) напруженого стану, історія деформування, градієнт деформації і ін.

Як правило, діаграми пластичності будують за результатами трьох видів випробувань: на стиск, зсув, розтяг з наступною апроксимацією [3-6].

Як було зазначено в роботах [4, 6] в області зміни показника $0 \leq \eta \leq 1$ спостерігається аномальне підвищення граничної деформації зумовлене її локалізацією. Тому базуючись на розрахунках запропонованих в роботах [7, 9] розрахунок показника напруженого стану η пропонується вести за формулою

$$\eta = 1 + 3 \ln \left(1 + \frac{d_{кр}}{4} \cdot \nu \right), \quad (2)$$

де $\nu = D \cdot \exp\left(-\frac{d_u}{f}\right)$ – експоненціальна залежність,

$D = 1,318 \text{ мм}^{-1}$; $f = 1,86 \text{ мм}$; $d_{кр} = \frac{d_u + d_{см}}{2 \cdot 1,11}$; d_u – діаметр по шийці зруйнованого зразка, мм;

$d_{см}$ – діаметр циліндричного зразка в місці рівномірної стійкої деформації, мм.

Граничну деформацію ε_p потрібно розраховувати за формулою

$$\varepsilon_p = 2 \ln \frac{2 \cdot d_0 \cdot 1,11}{(d_u + d_{см})}, \quad (3)$$

де d_0 – діаметр робочої частини зразка до деформування.

В результаті проведених вищезазначених випробувань, використовуючи методики розрахунків запропонованих в роботах [2-9] побудована діаграма пластичності сталі 45Х2НМФБА (рис. 2).

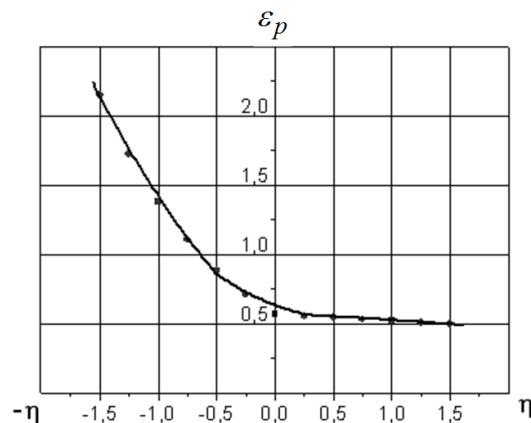


Рисунок 2 – Діаграма пластичності сталі 45Х2НМФБА

Градувальний (тарувальний) графік – твердість в залежності від інтенсивності напружень, інтенсивності деформацій $HV = f(\sigma_u, e_u)$ (рис.3).

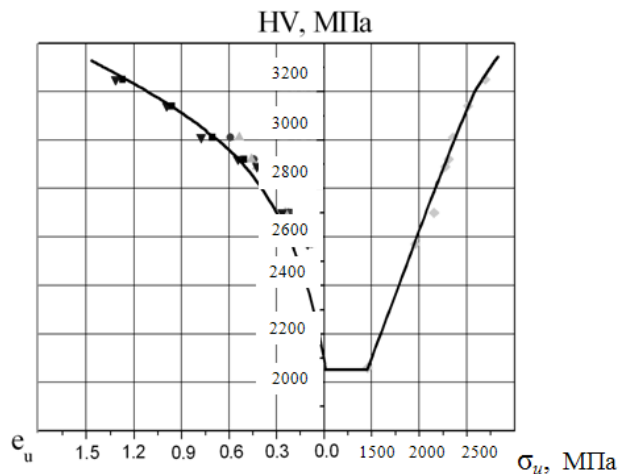


Рисунок 3 – Градувальний графік

Варто зауважити, що вимоги по твердості залежать від товщини броньованого листа [1], а саме:

- при товщині 6,2...12,6 мм - НВ 341...388;
- при товщині 12,7...19,0 мм - НВ 331...375;
- при товщині 19,1...31,7 мм - НВ 321...375;
- при товщині 31,8...50,5 мм - НВ 293...331;
- при товщині 50,5...101,3 мм - НВ 269...311.

Базуючись на експериментальних даних отриманих в роботі [2] при випробуванні листових матеріалів різної товщини, можна зробити висновок, що із збільшенням товщини металу твердість зменшується. Під час проведення всіх досліджень [2, 9] при досягненні степені деформації $\varepsilon_u = 0,2 - 0,3$ зв'язок між твердістю та інтенсивністю напружень наближається до лінійного і має вид

$$\sigma_u = KH, \quad (4)$$

де K – коефіцієнт пропорційності;
 H – твердість.

Висновки

В даній роботі, сформовано паспорт матеріалу для броньованої сталі марки 45X2НМФБА. Отримані залежності дозволяють в подальшому надавати рекомендації при побудові технологічних процесів виготовлення елементів (конструкцій) бронезахисту.

За допомогою запропонованих підходів формуються моделі матеріалів, які є основою для розрахунку напружено-деформованого стану при виготовленні елементів бронезахисту, а також розрахунку енергосилових параметрів процесів деформування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Частные вопросы конечной баллистики / Григорян В. А., Белобородько А.Н., Дорохов Н.С. и др. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 591 с.: ил. – ISBN 5-7038-2798-1.
2. Огородников В. А. Энергия. Деформации. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы) : [монография] / Огородников В. А., Киселев В. Б., Сивак И. О. – В. : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – 204 с.
3. Дель Г.Д. Технологическая механика / Дель Г.Д.– М.: Машиностроение, 1978. – 174 с.
4. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением/ Огородников В. А. – К.: Вища школа. Головное изд – во, 1983. – 175 с.
5. Малинин Н. М. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н. М. Малинин – М.: Машиностроение. – 1975. – 400 с.
6. Огородников В.А. Деформируемость и разрушение металлов припластическом формоизменении. – К.: УМК ВО, 1989. – 152 с.
7. Кириця І.Ю. Особливості розрахунку параметрів напружено-деформованого стану та побудови діаграм пластичності в зоні локалізації деформації під час розтягу циліндричних зразків // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 2. – С. 101 – 107.
8. Огородников В. А. Диагностика материалов в задачах технологической механики и автотехнических экспертизах / Огородников В. А., Перлов В. Е., Кириця И.Ю. // Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія: "Машиностроение" – 2008 - №52. – С. 21-26.
9. Огородников В. А. Механіка процесів холодного пластичного деформування віссиметричних заготовок з глухим отвором : [монография] / Огородников В. А., Кириця І.Ю., Перлов В.Є. – Вінниця: – ВНТУ, 2015 – 164 с.

Кириця Інна Юрївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: slk-vin@ukr.net, тел. +380679843705.

Kyrytsya Inna Y. – PhD, Assistant Professor of Materials Resistance and Applied Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: slk-vin@ukr.net, tel. +380679843705.