

О. В. Грушко
О. В. Гуцалюк
Г. А. Лічман

КАРТА МАТЕРІАЛУ СТВОЛА (СТАЛЬ 38Х2МЮА)

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Метою даної роботи є вивчення механічних характеристик матеріалу ствола зі сталі 38Х2МЮА та створення карти матеріалу. Побудова кривої течії, діаграми пластичності та градуовального графіку.

Ключові слова: сплав, міцність, деформаційне зміцнення, діаграма пластичності, крива течії.

Abstract

The aim of this work is to study the mechanical properties of the material barrel steel 38H2MYUA and mapping material. Construction of the current curve, chart plasticity and calibration schedule.

Keywords: alloy, strength, strain hardening, plasticity chart, curve flow.

Фізико-механічні властивості деформованого матеріалу є важливою складовою в технологічних розрахунках та дослідженнях процесів пластичного деформування. В більшості випадків використовуються лише крива течії, діаграма пластичності, градуовальні графіки твердість-напруження-деформація тощо. Для розрахунків напружено-деформованого стану та силових характеристик процесів обробки металів тиском (ОМТ) використовують криві течії, для оцінки граничних деформацій за особливостями руйнування користуються діаграмами пластичності, градуовальними графіками користуються для експериментальних досліджень напружено-деформованого стану. Карта матеріалу (технологічний паспорт) складається з сукупності зазначених функцій [1]. На основі відомостей про карту матеріалу можна прогнозувати величини фізико-механічних характеристик матеріалу після його технологічної обробки, тобто забезпечувати ці характеристики методами холодного пластичного формозмінювання.

Метою роботи є отримання карти термообробленої сталі 38Х2МЮА, з якої виготовляються методами холодної обробки тиском стволи стрілецької зброї.

Механічні випробування зразків здійснювали в умовах стиску, розтягу та кручення [1]. Із заготовок досліджуваного матеріалу виготовляли стандартні циліндричні зразки на розтяг за ГОСТ 1497-84 розмірами: діаметр $d_0 = 10$ мм, робоча довжина $l_0 = 70$ мм та на стиск за ГОСТ 25.503-

80 діаметром $D_0 = 10$ мм і висотою $H_0 = 19$ мм. Зразки осаджували до різних ступенів деформації аж до руйнації в обоймі, яка виключає перекося на гідравлічному пресі ПММ-125. В результаті випробувань зразків на розтяг спостерігалось руйнування зразків з утворенням шийки в місці розриву. По всій довжині зразка після випробування на розтяг спостерігається рівномірне звуження до місця розриву. Стиск зразків проводився із змащенням торців консистентним мастилом. Тертя на торцях зразка було несуттєвим, що підтверджує відсутність бочкоутворення на бічній поверхні.

Для більшості процесів ОМТ при деформаціях в холодному стані, суттєво перевищуючих границю текучості, крива течії $\sigma_i = f(e_i)$ може бути апроксимована степеневою функцією П. Людвіга:

$$\sigma_i = A e_i^n, \quad (1)$$

де (інтенсивності напружень σ_i та інтенсивності логарифмічних деформацій e_i) A та n – емпіричні коефіцієнти – модуль та показник зміцнення,

або апроксимаціями Д. Свіфта:

$$\sigma_i = A_1 + B \cdot e_i^{n_1}, \quad (2)$$

$$\sigma_i = A_2 \cdot (e_0 + e_i)^{n_2}, \quad (3)$$

де A_1, A_2, B – коефіцієнти апроксимації.

Інтенсивність деформацій при осаджуванні визначали за формулами: при малих ступенях деформації ($e_i \leq 0,3$)

$$e_i = \ln \frac{H_0}{H}, \quad (4)$$

де H_0 – висота вихідного зразка; H – висота зразка після деформування;

при великих ($e_i \geq 0,3$) – по діаметру

$$e_i = 2 \ln \frac{D}{D_0}, \quad (5)$$

де D_0 – діаметр вихідного зразка; D – діаметр зразка після деформування.

Інтенсивність деформацій при крученні (на поверхні) визначено як

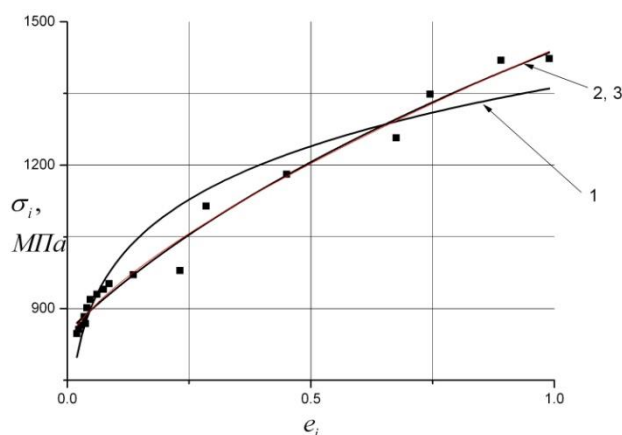
$$e_i = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{3}}, \quad (6)$$

де α - кут зсуву на поверхні, який вимірюється на інструментальному мікроскопі між поздовжньою віссю зразка і рисою, проведеною до випробування вздовж вісі.

В результаті досліджень побудовано криву течії (рисунок 1) та показані апроксимації згідно залежностей (1), (2), (3). Останні отримані шляхом статистичної обробки отриманих результатів за допомогою ЕОМ. Таким чином отримані коефіцієнти апроксимації, які зведені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти апроксимації згідно (1), (2) та (3)

$A, \text{МПа}$	$A_1, \text{МПа}$	$A_2, \text{МПа}$	$B, \text{МПа}$	n	n_1	n_2	e_0
1362±26	825±24	1298±73	617±22	0,136±0,009	0,708±0,089	0,37±0,085	0,32±0,14



1–3 криві, що відповідають апроксимаціям (1)–(3)

Рисунок 1 – Крива течії сталі 38X2МЮА

Для стиснутих до різних ступенів деформацій зразків вимірювали твердість за Віккерсом при зусиллі на індентор 294 Н (в середньому 10 точок в різних місцях). Середня твердість по кожному зразку відносно стабільна (відхилення складає до 3%).

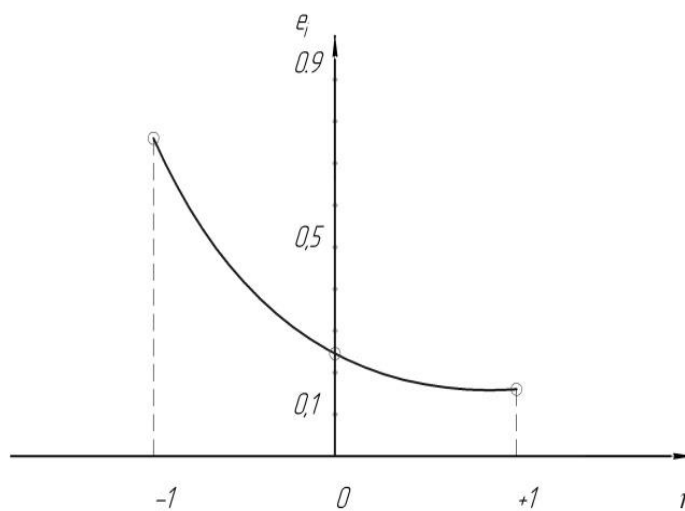


Рисунок 2 – Діаграма пластичності сталі 38X2МЮА

Діаграмою пластичності називають залежність пластичності від показника η , що характеризує жорсткість схеми напруженого стану. Діаграми пластичності можуть бути побудовані за результатами випробувань стандартних зразків при простих видах деформування (розтяг, стиск та кручення) з подальшою їх апроксимацією (рисунок 2). В області зміни показника $-1 \leq \eta \leq 2$ діаграму можна апроксимувати рівнянням

$$e_p(\eta) = e_p(\eta=0) \exp(-\eta \lambda_i), \quad (7)$$

де λ_i - коефіцієнт чутливості пластичності до схеми напруженого стану; λ_i ($i=1,2$). В області зміни показника напруженого стану $0 \leq \eta \leq 2$ коефіцієнт чутливості - $\lambda_1 = \ln \frac{e_p(\eta=0)}{e_p(\eta=1)} = \ln \frac{0,24}{0,16} = 0,41$.

В області $-1 \leq \eta \leq 0$ коефіцієнт чутливості - $\lambda_2 = \ln \frac{e_p(\eta=-1)}{e_p(\eta=0)} = \ln \frac{0,76}{0,24} = 1,15$.

Підвищення твердості при збільшенні деформацій значне, що пов'язано з великою зміцнюваністю та відносно великою пластичністю при стиску. Результати досліджень представлені у вигляді градуовального графіка (рисунок 3). Деякі точки дещо відхиляються від графіка, що може бути пов'язано з відмінностями в початковій твердості зразків та наклепом при механічній обробці.

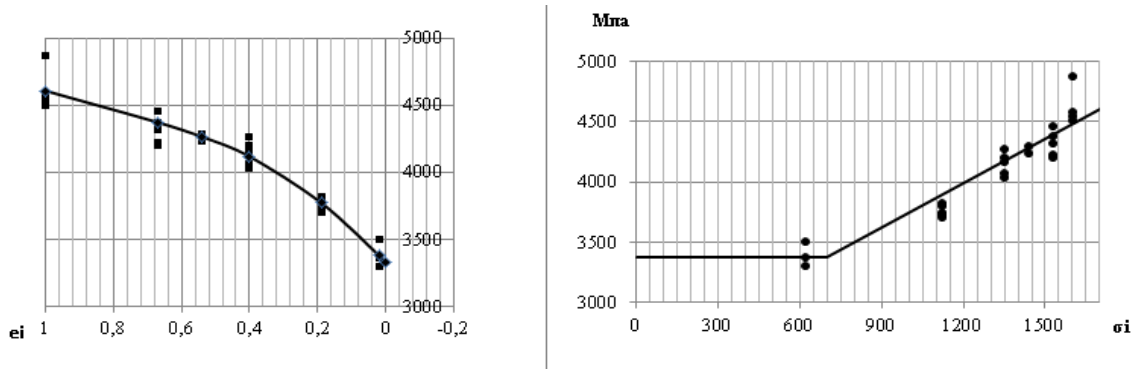


Рисунок 3 – Градуовальний графік сталі (твердість (HV) – напруження – деформації)

Таким чином, криві течії досліджуваного матеріалу з великою ступеню кореляції апроксимуються степеневими функціями. Метал має властивість до інтенсивного зміцнювання при пластичному деформуванні. Залежність твердості зміцненого сплаву від інтенсивності напружень має вигляд, близький до лінійного. Статистичний розкид даних для

досліджуваного матеріалу досить суттєвий, що пов'язано з його структурними особливостями та умовами експерименту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Грушко А. В. Карты материалов в холодной обработке давлением : монография / А. В. Грушко. – Винница : ВНТУ, 2015. – 345 с.
2. Огородников В. А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении / В. А. Огородников. – К. : УМК ВО, 1989. – 152 с.

Грушко Олександр Володимирович - професор кафедри ОМПМ, доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, e-mail: grushko@svitonline.com.

Гуцалюк Олександр Володимирович - інженер кафедри ОМПМ, Вінницький національний технічний університет, e-mail: oleksandrompm@mail.ua .

Лічман Ганна Анатоліївна - студентка групи 13В-16м, кафедра технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет, e-mail: Anna_Lichman@ukr.net.

Grushko Oleksandr Volodumurovuch - professor, Doctor of Technical Sciences, Vinnytsia National Technical University, e-mail: grushko@svitonline.com.

Gutsalyuk Alexander - engineer, Vinnytsia National Technical University, e-mail: oleksandrompm@mail.ua .

Lichman Anna Anatoliivna - student group 1ZV-16m Sv, Department of Technology improve durability.