

АНАЛІЗ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БРОНЬОВИХ СТАЛЕЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянути фізико-механічні характеристики броньових сталей.

Ключові слова: броньована сталь, міцність, твердість, пластичність.

Abstract

Consider the physical and mechanical characteristics of armored steels..

Keywords: armored steel, strength, hardness, ductility.

Сьогодні найпоширенішим матеріалом, який використовують для захисту від засобів ураження, що мають велику кінетичну енергію (автоматні кулі та кулі з гвинтівки), є металеві чи комбіновані захисні структури, які містять металеві, композиційні чи керамічні бронееlementи. Металева броня як клас охоплює броньовані сталі. Найширше використовують сталеву броню. За її допомогою можна забезпечити захист аж до п'ятого класу за товщини бронееlementа 5,0–6,5 мм, що відповідає поверхневій густині 39–51 кг/м² [1, 2]. Більші товщини сталевих бронееlementів недопустимі через їхню надто велику масу.

Броньована сталь є середньовуглецевою (0,3–0,55 % C), середньолегованою сталлю мартенситного класу. Їхніх високих характеристик за міцністю досягають унаслідок термообробки, яка передбачає загартування на мартенсит і низьке відпускання. Під час деформування сталей (прокатування, штампування, кування та ін.) відбувається подрібнення мікроструктури, збільшується густина дислокацій – структура стає одноріднішою. Дрібнозернистий матеріал має вищу міцність унаслідок більшої площі меж між зернами, які є природним бар'єром під час руху дислокацій.

Отже, для збільшення міцності сталей потрібно намагатися створювати наддрібнозернисту структуру, насичену дислокаціями. У засобах індивідуального захисту застосовують протикульові броньовані сталі високої твердості, у яких як легувальні елементи можна використовувати хром, нікель, молібден, ванадій, кремній. Складність створення таких сталей зумовлена необхідністю поєднання екстремально високих значень твердості й міцності, які забезпечують опір проникненню кулі, і достатнього рівня пластичності та в'язкості для запобігання крихкому руйнуванню сталевого броньованого еlementа..

Кульову стійкість броньованої сталі можна підвищити, збільшивши її твердість. Однак у разі достатньо великої твердості перешкоди з гомогенної вуглецевої броньованої сталі вона стає крихкою і під час обстрілювання навіть звичайними сталевими кулями зазнає ураження за типом пролому чи розколювання. Для того щоб уникнути цього, необхідно зберегти пластичність сталі.

Механізми легування сталей достатньо складні й ґрунтуються на тому, що легувальні елементи змінюють температури поліморфних перетворень заліза, впливають на розчинність вуглецю в аустеніті й на хімічний склад сталей. У разі введення до складу сталей таких легувальних еlementів, як манган і нікель. ГЦК-ґратка аустеніту стає стійкою за кімнатної температури. Відповідні сталі називають аустенічними. Ці сталі мають не тільки високі значення характеристик за міцністю, а й достатньо високу ударну в'язкість і здатність до деформаційного зміцнення. У випадку введення як легувальних еlementів хрому, молібдену, вольфраму, ванадію, кремнію тощо температурний інтервал стійкості аустеніту зменшується і, відповідно, зростає температурний інтервал стійкості фериту. Перелічені легувальні еlementи сприяють збільшенню межі плинності, границі міцності і твердості сталей.

Під час деформування сталей (прокатування, штампування, кування та ін.) відбувається подрібнення мікроструктури, збільшується густина дислокацій – структура стає одноріднішою.

Дрібнозернистий матеріал має вищу міцність унаслідок більшої площі меж між зернами, які є природним бар'єром під час руху дислокацій.

У таблицях 1, 2 і 3 представлені броньові сталі різних виробників[3] .

Таблиця 1 Основні марки броньових сталей Франції

Марка сталі	Хімічний склад	Товщина, мм	Вуглець, вага %	σ_B , МПа	Твердість, НВ	Технічні умови
MARS 190	0,30C-1,10Cr-2,0Ni-0,45Mo	2 - 50	$\leq 0,30$	1100	≤ 388	MIL 12560
		51 - 500	$\leq 0,33$	900		
MARS 240	0,285C-1,50Cr-1,50Ni-0,30Mo	≤ 38	$\leq 0,32$	1700	477 - 534	MIL 46100
		38 - 50		1650	450 - 534	
MARS 270	0,35C-0,75Cr-3,10Ni-0,40Mo	< 25	$\leq 0,37$	2000	534 - 601	MIL 46173
		25 - 75		1700	477 - 534	
MARS 300	0,50C-0,80Si-4,0Ni-0,40Mo	≤ 8	$\leq 0,54$	2180	578 - 655	

Таблиця 2 - Основні марки броньових сталей Швеції

Марка сталі	Хімічний склад	Товщина, мм	Вуглець, вага %	σ_B , МПа	Твердість, НВ	Технічні умови
ARMOX 300 S	0,18C-1,5Mn-0,4Cr-0,65Mo-0,003B	5 - 60	$\leq 0,20$	900	280 - 340	MIL 12560
ARMOX 400 S				1150	360 - 420	
ARMOX 370 S	0,28-1Mn-0,8Cr-1,1Ni-0,65Mo-0,002B	5 - 12,9	$\leq 0,30$	1300	390 - 440	MIL 46100
		13 - 22			350 - 400	MIL 12560
		22,1 - 34,9			330 - 380	
		35 - 59,9			300 - 350	
		60 - 80			265 - 315	
ARMOX 500 S	То же	6 - 13	$\leq 0,30$	1600	480 - 540	MIL 46100
		13,1 - 50			450 - 520	
ARMOX 560 S	0,35-1Mn-1,2Cr-3Ni-0,65Mo-0,002B	6 - 20	$\leq 0,38$	1850	534 - 601	MIL 46173
ARMOX 600 S	0,45-0,8Mn-0,8Cr-2,5Ni-0,65Mo-,002B	4 - 10	$\leq 0,50$	2150	570 - 640	

Таблиця 3. Основні марки броньових сталей Росії

Марка сталі	Система легування	Товщина, мм	Вуглець, вага %	σ_b , МПа	Твердість, НВ	Технічні умови
«2П»	Si-Mn-Mo	4 – 7	$\leq 0,29$	1550	444 – 514	(MIL 46100)
		8 – 14		1450	388 – 495	
		15 – 22		1400	363 – 495	
«7»	Si-Cr-Ni-Mo	4	$\leq 0,24$	1550	444 - 514	То же
		5 – 6		1500	429 – 514	
		8 – 13		1450	388 – 495	
		15 – 22		1400	375 – 495	
«77»		8 - 20	$\leq 0,37$	1900	477 - 532	(MIL 46173)
«88»		8 - 20	$\leq 0,42$	2000	495 - 540	(MIL 46173)
«44»	Cr-Ni-Mo-V	2 - 15	$\leq 0,47$	2100	511 - 555	-

Як високотверді крихкі, так і в'язкі пластичні сталі, для яких характерна невисока твердість, мають низьку проти кульової стійкість

Одним із можливих способів підвищення кульової стійкості є створення біметалевої броні з зовнішнім високотвердим шаром і внутрішнім в'язким шаром. Таку броню можна отримати, наприклад, способом зварювання вибухом, пакетним прокатуванням чи ін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Григорян В. А. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования / В. А. Григорян, И. Ф. Кобылкин, В. М. Маринин, Е. Н. Чистяков. – М. : РадиоСофт, 2008. – 406 с.
- Кобылкин И.Ф. Материалы и структуры легкой бронезащиты : учебник / И. Ф. Кобылкин, В. В. Селиванов. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 191 с.
- Броневые стали. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2008/mech/trifonov/library/s12.htm>

Побережний Михайло Іванович – науковий співробітник кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email : poberegny@ukr.net.

Poberegny Mikhail – research associate Department of Strength of Materials and Applied Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail:poberegny@ukr.net.