

Моделювання складу порошкового дроту для наплавлення ріжучих кромок живильника з оптимальною ударною в'язкістю

Г. І. КАМЕЛЬ, П. М. ЛАВРИЧЕНКО, А. В. ЛЯХ, В. С. СУСЛОВА

Дніпродзержинський державний технічний університет

В роботі запропоновано склад порошкового дроту для наплавлення ріжучих кромок деталей живильника з використанням багатофакторного кореляційного аналізу

В работе предложен состав порошковой проволоки для наплавки режущих кромок деталей питателя с использованием многофакторного анализа

The paper proposed structure cored wire for welding cutting edge parts feeder using multivariate analysis korelyatsionnogo.

Вступ. У процесі експлуатації відбувається притуплення ріжучих кромок і знос сполучення ротора та корпусу роторного живильника, це пов'язано з контактним зношуванням сопряжених поверхонь в умовах високого тиску (стиснення) мікрооб'ємів працюючих кромок під дією зрізання деревинної тріски та інших твєдих предметів (електродів, дроту, болтів, гайок та інших інеродних предметів.).

Ріжучі кромки ротора та корпусу живильника перестають виконувати свою функцію і при цьому збільшуються зазори, що призводить до появи критичних витрат лугу з живильника та дострокове зняття їх з експлуатації. Використовуючи різні матеріали при наплавленні ріжучих кромок ротора та корпусу ми можемо досягти збільшення строку служби живильників.

Постановка задачі. В умовах світової економічної кризи, використання коштовного матеріалу для наплавлення ріжучих кромок ротора та корпусу шведської фірми Камюр не має під собою обґрунтування тому, в подальшій роботі нами буде розглянуто відновлення за допомогою матеріалів та зроблено вибір матеріалу, який найбільше відповідає вимогам – має достатню твєдість, міцність та ударну в'язкість.

Метою роботи є розробка оптимального складу порошкового дроту з забезпеченням максимальної ударної в'язкості.

Моделювання в системі С-Сг-Мо-Ні. Система легування С-Сг-Мо-Ні прийнята за основу при розробці матеріалу для наплавлення ріжучих кромок деталей живильника приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад і механічні властивості наплавленого металу

Масова частка, %			Середня твердість, HRC	Середня ударна в'язкість, КСУ МДж/м ²
С	Сг	Мо		
0,37	1,53	0,61	49,0	0,20
0,38	1,47	0,78	51,0	0,22
0,39	1,40	0,65	49,0	0,37
0,41	1,69	0,55	51,0	0,16
0,41	1,95	0,64	53,0	0,09
0,45	1,53	0,72	49,0	0,12
0,46	1,45	0,68	51,0	0,06
0,48	1,57	0,80	52,0	0,08
0,55	1,50	0,89	51,0	0,07

0,57	1,80	0,88	54,0	0,07
0,57	1,69	0,59	51,0	0,16
0,63	1,72	0,70	52,0	0,16
Середнє значення X_i				
0,4725	1,6083	0,7075	51,08	0,138
Сума (Σ)				
5,67	19,30	8,49	613,0	0,166

З метою скорочення об'єму досліджень при виборі системи легування наплавленого металу, на підставі даних з *таблиці 1* проведено багатофакторний кореляційний аналіз [1,2].

При цьому матриця планування виглядатиме так (дивись *табл. 2*):

Таблиця 2. Матриця планування [3]

№	x1	x2	x3	x4	x5	x6	Yi
1	-	-	-	+	+	-	Y1
2	+	-	-	-	-	+	Y2
3	-	+	-	-	+	+	Y3
4	+	+	-	+	-	-	Y4
5	-	-	+	+	-	+	Y5
6	+	-	+	+	+	-	Y6
7	-	+	+	-	-	-	Y7
8	+	+	+	+	+	+	Y8

Така матриця називається дробовою реплікою від повного факторного експерименту (ПФЕ). Для її реалізації необхідно виконати всього 8 дослідів, що складає 1/8 від ПФЕ типу 26. За наслідками 1/8 репліки від ПФЕ типу 26 можна визначити значущість чинників [4].

В даному випадку основний експеримент необхідно проводити згідно матриці планування типу 2^к, де k - число чинників що залишилися після відсіваючого експерименту.

Найбільш важливим завданням кореляційного аналізу є вивчення залежності умовних середніх Y від X . Аналізуючи природу залежності, встановлюємо характер тієї функції, яка виражає Y залежно від X . Виходячи з викладеного, необхідно визначити параметри рівнянь емпіричної регресії для твердості і ударної в'язкості досліджуваного сплаву, як функції від масової частки основних легуючих елементів: вуглецю, хрому, молібдену. Вміст решти елементів в сплаві є постійним: 0,17% V, 0,9% Si, 2,5% Ni, 1,5% Mn.

Обчислені середні значення і середні квадратичні відхилення твердості і ударної в'язкості залежно від масової частки основних елементів і їх кодування приведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Кодування досліджуваних значень

Досліджувана величина	X _i	Середнє значення	Середнє квадратичне відхилення
Твердість, HRC	X ₁	51.8	1.654
Ударна в'язкість, KCU МДж/м ²	X ₁	1,38	0,896
Зміст З %	X ₂	0,47	0,087
Зміст Cr %	X ₃	1,6	0,163
Зміст Мо %	X ₄	0,70	0,1106

Значення коефіцієнтів парної кореляції приведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Коефіцієнти парної кореляції

Випадкова величина	Коефіцієнти кореляції			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
X ₁	-	0,47	0,70	0,37
X ₂	0,47	-	0,18	0,38
X ₃	0,70	0,18	-	0,11
X ₄	0,37	0,38	0,11	-

Значення коефіцієнтів парної кореляції приведені в таблиці 5.

Таблиця 5. Коефіцієнти парної кореляції

Випадкова величина	Коефіцієнти кореляції			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
X ₁	-	0,54	0,45	0,29
X ₂	0,54	-	0,18	0,38
X ₃	0,45	0,18	-	0,11
X ₄	0,29	0,38	0,11	-

На підставі [5] рівняння емпіричної регресії в натуральному масштабі залежність ударної в'язкості від масової частки трьох легуючих елементів запишемо:

$$KCU = -4 + 5[C] + 2[Cr] + 0,7[Mo] \quad (1)$$

де KCU - ударної в'язкості; С – склад вуглецю; Cr – склад хрому; Мо – склад молібдену.

Обчисливши множинний коефіцієнт кореляції з урахуванням числа параметрів рівняння лінії регресії (0,86), знаходимо середню квадратичну помилку визначення ударної в'язкості. Вона складе 0,047 МДж/м².

Результати багатofакторного кореляційного аналізу

На підставі проведених досліджень пропонується хімічний склад наплавленого металу прийняти згідно таблиці 6.

Таблиця 6. Хімічний склад металу, наплавленого розробленим порошковим дротом

Масова частка елементів, %									
C	Cr	Mo	Ce	Mn	Si	Ni	V	Не більш	
								S	P
0,4	1,	0,	0,0	1,	0,	2,	0,1		

8	5	6	6	2	8	0	5		
0,5	1,	0,	0,1	1,	1,	2,	0,2	0,0	0,0
5	7	7	2	5	0	5	0	30	30

Склад розробленого порошкового дроту, що забезпечує прийнятний хімічний склад наплавленого металу представлений в таблиці 7.

Таблиця 7. Склад розробленого порошкового дроту

Вміст компонентів, %				
Графіт	Fe-Mn	Fe-Cr	Fe-V	Fe-Mo
0,4	3,0	2,5	0,5	1,3
Нікель	Al	Al-Ce	Na ₂ SiF ₆	Fe порошок
2,5	0,4	1,2	4,0	14,2

Примітки:

1. Зважаючи на легку окислюваність церію на повітрі ввести його в шихту порошкового дроту неможливо. Тому введений аломо-церій-сплав (Al – 40% + Ce – 60%) який крихкий та не окислюється на повітрі.
2. Кремне-фтористий натрій введений в шихту для скріплення водню і підвищення стабільності горіння дуги.
3. Частку матеріалу до 100% доповнює оболонка прорашкового дроту.

Допустимі масові частки елементів при заданих значеннях ударної в'язкості (див. рис. 1...4).

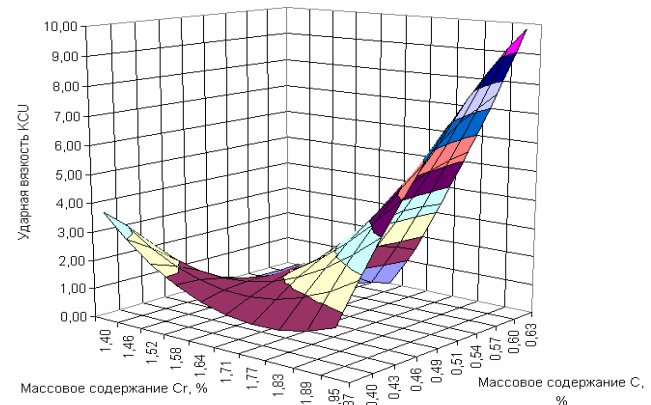


Рис. 1. Залежність ударної в'язкості складу хрому та вуглецю

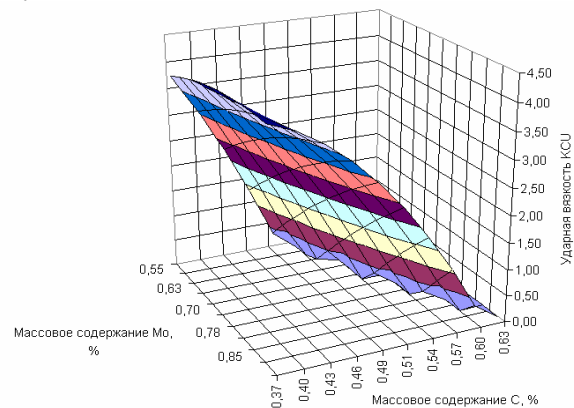


Рис. 2. Залежність ударної в'язкості складу молібдену та вуглецю

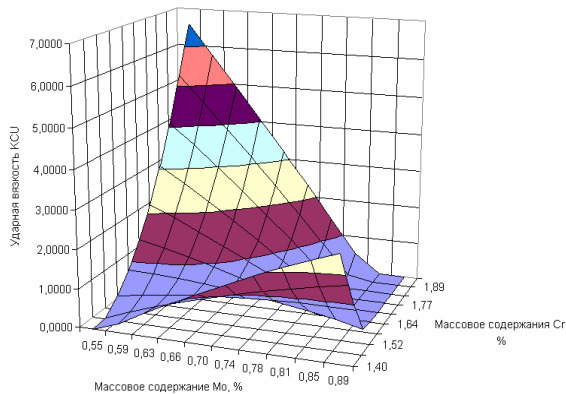


Рис. 3. Залежність ударної в'язкості складу молібдену та хрому

Як показує розрахунок, легування металу повинне бути в наступних границях:

C	Cr	Mo
0,48 – 0,55	1,5 – 1,7	0,6 – 0,7

Підвищити ударну в'язкість наплавленого металу можна в результаті легування його церієм. Відомо, що мікролегування стали церієм або РЗМ приводить до підвищення пластичних властивостей металу [6]. З метою перевірки впливу церію на ударну в'язкість були наплавлені зразки з різним його змістом. Зі збільшенням масової частки церію від 0,05 % до 0,1% значення ударної в'язкості і твердості ростуть. При подальшому збільшенні змісту церію (від 0,1% до 0,2%) ударна в'язкість продовжує рости, але твердість помітно падає. З метою отримання оптимальних механічних властивостей, необхідних для матеріалу ножів, вміст церію в наплавленому металі обмежили в межах 0,06...0,12%.

Таблиця 8 – Залежність твердості і ударної в'язкості наплавленого металу від масової частки церію [6]

Масова частка церію, Се %	Ударна в'язкість, КСU МДж/м ²	Твердість, HRC
0,005	0,200	40

Висновки

По результатам дослідження можна зробити висновок, що найбільш ефективним та недорогим матеріалом, який можна використовувати для відновлення наплавленням ріжучих кромок деталей живильника є матеріал 50ХНМ, який за допомогою математично планування (багатофакторного кореляційного аналізу) було додатково леговано (збільшені вміст вуглецю, марганцю та хрому).

Було проведено дослідження фазових складових неметалевих включень, які утворюються після модифікування металу, що наплавляється церієм. Церій входить до складу оксидних складових неметалевих включень, а марганець залишається пов'язаним з сіркою. При цьому отримані неметалеві включення мають глобулярну форму, що й дозволило отримати збільшення ударної в'язкості

Це дозволило скорегувати хімічний склад розробленого порошкового дроту, появивши необхідність додаткового модифікування церієм та збільшення відсотка марганцю в дроті.

Проведене легування дозволило отримати наплавлений метал, що відповідає заданим вимогам по твердості, міцності та ударної в'язкості, та є широкодоступним для використання у промисловому виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Камель Г. І. Дослідження конічних трибосистем у промисловому транспорті: монографія / Г. І. Камель, В. В. Перемітько, Р. А. Куліковський. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2013. — 313 с.
2. Нечаев Г. И., Камель Г. И. Повышение надежности и продуктивности грузочных устройств непрерывной варки целлюлозы и полуцеллюлозы : монография. — Луганск : изд-во Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля, 2005. — 392 с.
3. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. : Наука. 1965. — 221 с.
4. Хартман К., Лицкий Э., Шетер В. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. М. Мир, 1977. — 134 с.
5. Степанов И. С. Математична статистика в технології машинобудування. М. : «Машинобудування», 1972, 170 с.
6. Браун М. П. Мікролегування сталі. Київ. «Наукова думка», 1982, 303 с.

пост.13.03.14