

МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 669.017:621

ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

С. І. Давидюк

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, група АІ-21,
навчально-науковий механічний інститут,

С. В. Петрина

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, група МБ-21,
навчально-науковий механічний інститут

Науковий керівник – старший викладач М. В. Пікула

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

У статті розглянуто прогресивні методи підвищення експлуатаційних параметрів швидкорізальних сталей методом низькотемпературного насичення їх поверхневих шарів азотом та вуглецем у соляних ваннах на основі карбаміду, наведено результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: різальні інструменти, швидкорізальні сталі, дифузія, карбонітрація, червоностійкість

The article discusses progressive methods of increasing the operational parameters of high-speed steels by the method of low-temperature saturation of their surface layers with nitrogen and carbon in urea-based salt baths, the results of experimental studies are given

Key words: cutting tools, high-speed steels, diffusion, carbonitridation, red resistance

У металообробній промисловості широко використовують інструменти з вольфрамомолібденових швидкорізальних сталей (Р6М5, Р18 і ін) - різці, фрези, свердла, мітчики. Їх стійкість, тобто здатність не втрачати задані параметри, успішно підвищують шляхом насичення їх поверхонь азотом або азотом і вуглецем (карбонітрації) при низьких температурах. При цьому найбільш поширеним процесом є ціанування інструменту в соляних ваннах, що характеризується надзвичайно високою активністю, яка значно перевищує аналогічну активність у газових і твердих середовищах [1].

Перевага ціанування в соляних ваннах полягає не тільки у високій швидкості насичення, але й у високому ефекті зміцнення, що забезпечує хороше поєднання твердості, зносостійкості і пластичності поверхневих шарів. Крім того, обробка інструменту в соляних ваннах відрізняється високою економічністю, обумовленої невеликою витратою енергії (через низьку температури і невелику витримку), а також використанням простого і недорогого термічного обладнання.

Однак, не зважаючи на багато переваг, класичний процес карбонітрації інструментів з швидкорізальних сталей в ціаністих ваннах зараз практично не використовується з екологічних міркувань. Адже застосовувані при цьому солі NaCN і KCN мають дуже високу токсичність, тому вимагають складних дорогавартісних систем захисту навколишнього середовища шляхом нейтралізації газів, стічних вод, відходів виробництва тощо. Ці проблеми змушують шукати нові склади соляних ванн, безпечних з точки зору екології середовищах [2].

З цієї точки зору, на нашу думку, цікавим напрямком є використання соляних ванн на основі карбаміду (сечовини), яка відрізняється дешевизною і незначною токсичністю. Сечовина, яку переважно використовують як азотне добриво, значно дешевша, ніж ціаніди і ціанати натрію і калію, які спеціально виготовляють для соляних ванн. Розплав карбаміду з вуглекислими солями калію або натрію, які також відрізняються дешевизною, забезпечує ефект зміцнення сталей поверхонь не менше, ніж ціаністи ванни. Проте він ще недостатньо досліджений і не має широкого застосування у практиці термічної обробки інструментальних металів, зокрема – у ремонтному виробництві.

Стаття присвячена дослідженню насичення вольфрамомолібденових швидкорізальних сталей в соляних ваннах на основі карбаміду, що дозволить розробити нову технологію карбонітрації різального інструменту, безпечно з точки зору екології, дешево і зручно для практичного використання, що є актуальним завданням сьогодення.

Об'єкт дослідження: сталі інструментальні Р18 і Р6М5.

Предметом дослідження є підвищення механічних властивостей сталей.

Виходячи з мети дослідження, його предмету і об'єкту, головним завданням було вивчити вплив режимів обробки в карбамідній ванні на фізико-механічні та експлуатаційні властивості вольфрамомолібденових швидкорізальних сталей.

Швидкорізальні сталі – це інструментальні сталі, які містять 8,15...18% вольфраму, 3,8...4,4% хрому, 1...5% ванадію, 0,5...5,5% молібдену. Для підвищення теплостійкості, сталі додатково легують кобальтом (5...10%). Основною особливістю швидкорізальних сталей є червоність – при нагріванні до 600 °С, вони зберігають високу твердість.

Структура швидкорізальних сталей у відпаленому стані складається з фериту, у якому розчинена частина хрому, наявного в сталі, і карбідів легуючих компонентів на основі вольфраму і молібдену. Зміцнювальна термічна обробка швидкорізальних сталей, яка включає гартування і відпускання, повинна забезпечити високі значення для таких властивостей як твердість і червоність.

Нагрівання під гартування швидкорізальних сталей забезпечує розчинення в аустеніті великої кількості карбідів. Карбід на основі хрому $Me_{23}C_6$ повністю розчиняється в аустеніті при 1100 °С, інші карбіди менш розчинні і вимагають значно вищих температур. Таким чином, для забезпечення високого легування твердого розчину температура гартування швидкорізальних сталей повинна бути вище 1200 °С: Р18 - 1270...1290, Р6М5 – 1210...1230.

Після гартування у структурі залишається частина карбідів, які не розчинилися – карбіди евтектичного походження, розчинення яких можливе тільки в рідкій фазі (а оплавлення інструменту неприпустимо), і частина вторинних карбідів. А висока концентрація вуглецю і легуючих компонентів в аустеніті призводить до того, що в структурі загартованих швидкорізальних сталей зберігається багато (до 30%) залишкового аустеніту. Таким чином, структура після гартування – мартенсит гартування (M_T), карбіди (К) і залишковий аустеніт ($A_{зал}$).

При відпусканні цих сталей повинно бути реалізовано:

- дисперсійне твердіння, зняття гартівних напруг, тобто перетворення мартенситу гартування у мартенсит відпускання ($M_{від}$);

- перетворення залишкового аустеніту в мартенсит (аустеніт не має достатньої твердості).

Ці завдання вирішуються, по-перше, вибором температури ізотермічної витримки при відпусканні і, по-друге, за рахунок багаторазового відпускання.

При високих температурах відпускання відбувається виділення з твердого розчину великої кількості дисперсних карбідів на основі легуючих компонентів, тобто дисперсійне твердіння. У результаті цього твердість зростає і досягає максимуму при температурах

відпускання 550...570 °С. Підвищення температури вище оптимальної призводить до коагуляції дисперсних карбідів, розпаду мартенситу і, отже, до зниження твердості.

Отож, вище технологія зміцнення швидкорізальних сталей є достатньо дороговартісна та тривала, що робить її рентабельною у масовому та великосерійному виробництвах. А в ремонтному, одиничному та малосерійному виробництвах, на наш погляд, доцільним є використання більш економічних методів, зокрема карбонітрації (ціанування) у карбамідних ваннах [3].

Карбамід, або сечовина ($CO(NH_2)_2$) – білі або безбарвні кристали без запаху, легко розчинні у полярних розчинниках: воді, спирті, рідкому аміаку, сірчистому ангідриді. Щільність 1,32 г/см³, температура плавлення 132,7 °С, температура розкладання 150...160 °С.

Для дослідження впливу ціанування в карбамідній ванні на властивості дифузійних шарів, було обрано дві поширені марки швидкорізальних сталей – Р6М5 і Р18. Хіміко-термічну обробку зразків і інструментів з названих сталей здійснювали в карбамідо-натрієвих ваннах розплавлених солей, що містять карбамід, соду, кухонну сіль і їдкий натр. Для приготування розплавів (ванн) використовували сталеві тиглі, нагрівання проводили в електropечках.

Виходячи з мети – дослідження технології поверхневого зміцнення інструментальних сталей в екологічно чистій соляній ванні на основі карбаміду, нами були поставлені такі **завдання лабораторних досліджень**:

- підготувати зразки сталей Р18 і Р6М5 для подальшої зміцнювальної обробки;
- провести зміцнювальну обробку зразків сталей при різних температурних режимах;
- виміряти твердість оброблених зразків твердоміром
- дослідити стабільність властивостей сталей після витримування зразків при високій температурі, що не перевищує межу червоностійкості

Для дослідження було використано лабораторне устаткування кафедри автомобілів та автомобільного господарства НУВГП. Соляна ванна складається з карбаміду (40...45%), вуглекислого натрію (35...40%), хлористого натрію (8...10%) і їдкого натру (10...12%) Після розплавлення компонентів ванни проводили її стабілізацію протягом 2-3 годин і в тигель з розплавом поміщали досліджувані зразки. Після витримування зразків при заданих температурах їх охолоджували до кімнатної температури, далі визначали параметри.

Хіміко-термічну обробку зразків інструментальних сталей здійснювали у сталевому тиглі місткістю 0,3 л, який нагрівався у муфельній електropечі СНОЛ-1625. Дана електropіч забезпечує нагрівання і автоматичне витримування заданої температури з точністю ± 5 °С.

Твердість оброблених зразків визначали на твердомірі Роквелла (ТК-2М) шляхом втиснення алмазного наконечника з кутом при загальному навантаженні 1500 Н.

Червоностійкість швидкорізальних сталей визначали шляхом вимірювання твердості досліджуваних зразків після чотиригодинного нагріву при 560...675 °С в лабораторній печі з повітряною атмосферою.

Результати дослідження впливу режимів карбонітрації у карбамідно-натрієвих ваннах наведено у таблицях 1 і 2. Аналізуючи їх, можна констатувати:

- температурний інтервал ціанування швидкорізальних сталей в карбамідо-натрієвій ванні не перевищує 600 °С (оптимальний інтервал – 540...580 °С), а тривалість – до 60 хв. Занадто висока температура сприяє утворенню на поверхні зразка карбонітрідної кірки, яка негативно впливає на стійкість інструменту.

- ціанування швидкорізальної сталі в карбамідо-натрієвій ванні забезпечує значне підвищення стійкості до зношення (до 3,5 разів) і підвищення червоностійкості (на 40... 60 °С) в порівнянні зі сталями без ціанування.

Таблиця 1

Вплив режимів ціанування в карбамідо-натрієвій ванні
на параметри дифузійних шарів у сталі Р6М5

№ з/п	Час обробки, хв	Твердість, HRC, при температурі, °С		
		540	560	580
1	20	62	63	69
2	30	63	65	71
3	40	64	66	71
4	50	64	67	72
5	60	64	67	73

Таблиця 2

Вплив режимів ціанування в карбамідо-натрієвій ванні
на параметри дифузійних шарів у сталі Р18

№ з/п	Час обробки, хв	Твердість, HRC, при температурі, °С		
		540	560	580
1	20	58	59	59
2	30	59	60	62
3	40	61	62	64
4	50	62	64	66
5	60	62	64	67

Висновки. Отже нами було:

- досліджено, що соляна ванна вказаного складу придатна для ціанування (карбонітрації) інструментів з швидкорізальних сталей;
- визначено, що розплав ванни має достатньо високу рідкотекучість і відносно малу випаровуваність, тому ванна не створює екологічної небезпеки і може експлуатуватися навіть в умовах дрібних ремонтних підприємств;
- визначено, що оптимальний температурний інтервал – 540...580 °С), а тривалість – до 60 хв;
- підтверджено, що ціанування швидкорізальної сталі в карбамідо-натрієвій ванні забезпечує підвищення стійкості до зношення і підвищення червоностійкості в порівнянні зі сталями без ціанування.

1. Лахтин Ю. М. Диффузионные основы процесса азотирования. *Металловедение и термическая обработка металлов*. 1995. № 7. С. 14–17. 2. Цих С. Г., Гришин В. И., Супов А. В., Лисицкий В. Н., Глебова Ю. А. Развитие процесса карбонитрации. *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2010. № 9. С. 7–12. 3. Карбонітрація лопаток компресорів ГТД з титанового сплаву ВТ8 з попередньою активацією поверхні // Соловар О. М., Бобіна М. М., Хижняк В. Г., Майборода В.С. *Вісник СевНТУ. Зб.наук. праць. Серія: Механіка, енергетика, екологія*. Вип.133. 2012. С. 144–150.