

УДГ 669.1

НІТРОЦЕМЕНТАЦІЯ СТАЛІ

Шульгін М.П., здобувач вищої освіти гр. М4/1,

Кочерженко М.В., здобувач вищої освіти гр. М1/3

Наукові керівники: канд. екон. наук, доц. Полянський П.М., канд. техн. наук, доц. Іванов Г.О.

Миколаївський національний аграрний університет

Анотація

Розглянуто особливість дифузії вуглецю і азоту в низьковуглецевих сталях та переваги перед газовою цементацією. Вказане оптимальний сумарний вміст вуглецю і азоту в поверхневій зоні нітроцементованного шару.

Annotation

The peculiarity of diffusion of carbon and nitrogen in low carbon steels and advantages over gas cementation is considered. The optimum total carbon and nitrogen content in the surface area of the nitrated cement layer is indicated.

Сучасне машинобудування використовує все більше методів і способів покращення фізико-механічних властивостей поверхневого шару деталей, не винятком є і нітроцементация.

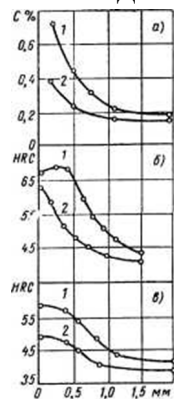
Поверхнєве насичення сталі одночасно вуглецем і азотом в газовому середовищі називається нітроцементацияю.

Нітроцементації як і ціануванню піддають при температурі 820-950 °С конструкційну низьковуглецеву сталь, середньовуглецеву (леговану і нелеговану), а також нержавіючу для підвищення їх поверхневої твердості, зносостійкості і межі витривалості. Поліпшену середньовуглецеву (леговану і нелеговану) сталь обробляють при 570-600 °С («м'яке азотування») для підвищення зносостійкості і межі витривалості, а швидкорізальної при 550-560 °С для підвищення поверхневої твердості, зносостійкості і теплостійкості.

При підвищенні температури процесу вміст азоту в дифузійному шарі зменшується, а вміст вуглецю може збільшуватися безперервно або до певної температури, а потім знижуватися (рис. 1). Таким чином, в залежності від властивості середовища насичувати вуглецем максимальне насичення поверхневого шару сталі вуглецем досягається при різних температурах.

Азот, дифундуючи в сталь разом з вуглецем, робить істотний вплив на ступінь насичення поверхневого шару вуглецем і на глибину дифузії вуглецю (рис. 1). Знижуючи температурну область існування γ -заліза, азот сприяє інтенсивному вуглецюванню сталі при більш низьких температурах, ніж при цементації. При надмірному насиченні сталі азотом і утворення в поверхневому шарі карбонітридних фаз азот може ускладнювати дифузію вуглецю в сталь.

При нітроцементації процес насичення має дві стадії, різні по кінетиці. На першій стадії (1-3 год) сталь насичується вуглецем і азотом одночасно. На другій стадії при триваючому насиченні вуглецем відбувається десорбція азоту, перехід частини абсорбованих атомів азоту з поверхні металу в газове середовище (рис. 2). Доведено, що десорбція азоту є не наслідком зміни складу газової фази, яка підтримується постійною, а результатом кінетичного взаємодії атомів азоту і вуглецю в сталі.



З підвищенням температури нітроцементації збільшується вміст вуглецю і зменшується вміст азоту в тонкій стрічці і поверхневій зоні дифузійного шару зразків, і співвідношення в них цих елементів носить лінійний характер (рис. 2).

Рис. 1. Зміна концентрації вуглецю і твердості по глибині дифузійного шару хромонікелевої сталі: 1 - попередньо азотованого, а потім цементованого; 2 - цементованого (В. І. Просвірін); а - вміст вуглецю; б - твердість після гарту у воді 820 °С; в - твердість після гарту і відпускання при 260 °С

Однак в більш глибоких зонах дифузійного шару зразків ця залежність порушується (рис. 3). Не дотримується вона і при більш високих температурах, що повністю узгоджується з раніше зазначеної закономірністю впливу температури нітроцементації і ціанування на вміст вуглецю в дифузійному шарі.

Таким чином, в певних умовах механізм взаємодії вуглецю і азоту при спільній дифузії їх в сталь полягає в тому, що переважна проникнення одного елемента гальмує проникнення іншого.

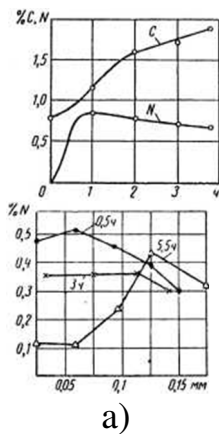


Рис. 2. Вплив тривалості нітроцементзації на концентрацію: а - вуглецю і азоту в стрічці зі сталі У8, обробленої при 800 °С в суміші бензолу аміаку; б - азоту в поверхневому шарі сталі ЖКГТ, обробленої при 850 °С протягом 0,5; 3 і 5,5 год в парах тріетаноламна

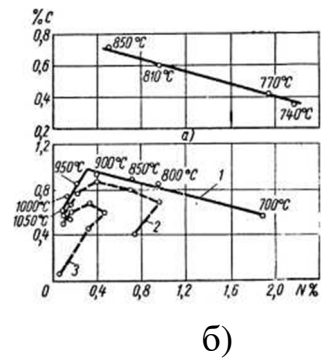


Рис. 3. Залежність концентрації вуглецю і азоту в стрічці зі сталі У8 (а) і в поверхневому шарі зразка армко-заліза (б) від температури нітроцементзації; стрічка оброблялася в суміші аміаку і бензолу, зразки-в суміші 50% СО і 50% NH₃ протягом 10 год: 1 - вміст вуглецю на глибині 0,15 мм; 2 - на глибині 0,3 мм; 3 - на глибині 0,6 мм (А. Брамлслей)

Нітроцементация має наступні переваги перед газовою цементациєю: нижче температура процесу (850-870 °С замість 900-930 °С); при тій же швидкості або більше швидкість процесу при однаковій температурі (Рис. 4);

не виділяється сажа на поверхні нітроцементованих деталей, стінках печі і нагрівачах;

вище зносостійкість деталей внаслідок додаткового насичення сталі азотом;

менше викривлення деталей.

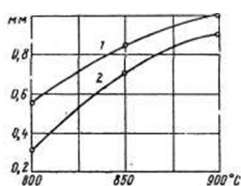


Рис. 4. Вплив температури на глибину цементованого і ціанованного шару сталі 10 (витримка 3 год): 1 - газ піролізу гасу і 25 %-ного аміаку; 2 - газ піролізу гасу (С. К. Іллінський і А. Н. Мясоєдов, Л. А. Бабушкін)

Як газового середовища при нітроцементзації застосовують суміш, що складається з 2-10% аміаку і 90-98% вуглецевих газів, зазвичай ті які використовуються при газовій цементациі. У муфельні печі безперервної дії вуглецевий газ і аміак зазвичай подають окремо. Рідкі карбюризатори в такі печі вводять, як і при цементациі, під тиском в розпиленому вигляді через форсунки. Процес зазвичай протікає при 850-870 °С, а потім деталі піддаються безпосередньо загартуванню і низькому відпусканню.

На ЗІЛі для нітроцементзації розроблені і впроваджені агрегати безперервної дії, що включають в себе піч з радіаційними трубами, гартівний бак, мийну машину і відпускну піч. При нітроцементациі в цих агрегатах деталей із сталей 26Х17 і 25ХГМ при 840-880 °С застосовують газову суміш, що складається з 80-90% ендогаса, 5-8% природного газу і 2,5-5% аміаку.

При 850 °С дифузійний шар глибиною 0,5-0,7 мм утворюється протягом 5 год 15 хв, а глибиною 0,8-1,0 мм протягом 9 год. Деталі підстужують до 820-830 °С і гартують в маслі з температурою 170-190 °С. Відпустка проводять при 160-180 °С. Структура серцевини зуба зубчастого колеса після обробки при зазначеному режимі - сорбіт або тростит відпущені (HRC 35-45), твердість поверхні сталі більше HRC 60; викривлення зубчастих коліс незначне.

На ряді заводів нітроцементациї успішно проводять в шахтних муфельних печах, забезпечених вентиляторами, на Харківському тракторному заводі в печі Ц-25 нітроцементациї в суміші парів гасу і аміаку на глибину 0,1-0,8 мм піддають різні деталі паливної апаратури, виготовлені з сталей 20, 20Х, 18ХГТ і 18Х2Н4ВА. Температура процесу 850 °С. Швидкість утворення нітроцементованного шару 0,20- 0,25 мм / год. Гартування проводятьляють безпосередньо з печі (твердість HRC 59-62).

Нітроцементациї інструментальної легованої сталі (ШХ15, 9Х) раціонально вести при 840-850 °С протягом 2-4 год в такому газовому середовищі, в якій поверхневий шар сталі насичується азотом до 0,2-0,3% а вміст вуглецю в шарі майже не змінюється. Обробку вимірювального інструмента з сталей 20Х, 12ХНЗА і 18ХГТ ведуть в печі Ц-105 при 930 °С. Глибина шару 0,8-1,3 мм досягається за 4,5 год.

Нержавіючу сталь Х17Н2 піддавали нітроцементациї в суміші піробензол і аміаку. У даній сталі шар глибиною 0,3-0,5 мм та твердістю більш HRC 58 можна отримати при 850 °С протягом 6 год. Після нітроцементациї сталь проходить загартування з 1020 °С, обробку холодом при -70 °С протягом 2 год і низький відпустку при 160 °С. Поверхнева зона нітроцементованного шару має низьку корозійну стійкість.

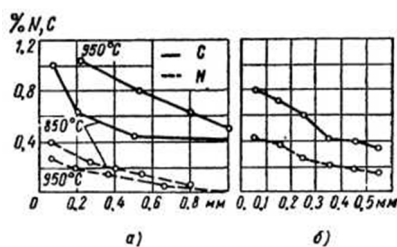


Рис. 5. Зміст вуглецю і азоту в нітроцементованному шарі сталей, оброблених із застосуванням ТЕА; а - сталь 40, піч Ц-25, нагрів протягом 40 хв і витримка 5 год; б - сталь 18ХГТ, піч Ц-60, розхід ТЕА 0,5 л / год; нагрів до 850 °С протягом 1,5 год і витримка 1,5 год (А. Т. Калінін, Н. М. Сергеева та А. Я-Новікова)

На Кременчуцькому заводі в піч ШПН-65 подають 550 мл / год ТЕА при тиску в печі 18-20 мм вод. ст. (176-196 н / м²). Відходять газу перевіряють один раз на добу; склад їх повинен бути наступним: до 0,2% CO₂; до 0,2% O₂; 16-20% CO; 30-40% H₂; 8-10% CH₄. При 840 °С протягом 3 год на сталях 10 і 20 виходить шар глибиною 0,35 мм і твердістю більш HRC 60. Після такої обробки биття зубчастих коліс по початковій окружності знизилосся на 30% в порівнянні з биттям після цементациї.

Оптимальними для отримання якісного нітроцементованного шару є витрати ТЕА 300, 500, 500 600 і 700 см³ / год відповідно для печей Ц-35, Ц-60, Ц-75 і Ц-105.

Витрата ТЕА визначено з умов повної загрузки печі деталями. Щоб уникнути закоксування вхідного отвору триетаноламін необхідно подавати безпосередньо в гарячу зону печі через охолоджувальну водою трубку або форсунку.

Щоб не перенаситить сталь азотом, що може привести до утворення дефектних шарів, що знижують міцність сталі, період відновлення складу атмосфери в печі повинен бути менше часу прогріву деталей і не перевищувати 1,5-2 год. Рекомендується для відновлення атмосфери в печі застосовувати вуглецеві рідини, що не містять азот. При гарті необхідно вживати заходи проти обезвуглецювання, так як воно може привести до зниження міцності.

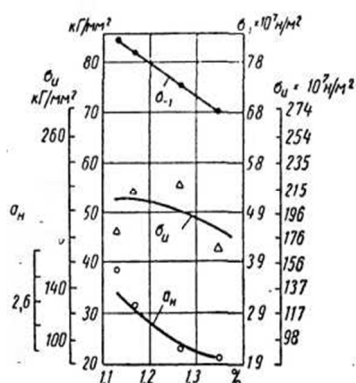


Рис. 6. Залежність меж витривалості σ_u і міцності при згині, а також ударної в'язкості від сумарного вмісту вуглецю і азоту в поверхневій зоні шару сталі 30ХГТ, нітроцементованної на глибину 0,5-0,7 мм

При нітроцементатії, так само як і при цементатії, потрібно строго контролювати ступінь поверхневого насичення. Лише при оптимальному сумарним вмісті в нітроцементованному шарі вуглецю і азоту (табл. 1) забезпечується отримання у сталі оптимальних механічних властивостей (рис. 6). При пересиченні азотом в шарі з'являється темна складова (видима тільки на нетравлений шліфтах), різко знижує властивості сталі. Оптимального змісту вуглецю і азоту в шарі неприпустимо досягати шляхом обезвуглецювання і дозування в кінці процесу або при нагріванні під загартування, так як міцність при цьому буде істотно знижуватися аналогічно тому, як це відбувається при цементатії.

За кордоном рекомендуються наступні варіанти режимів нітроцементатії: в суміші цементу газу і 2-8% аміаку при 840 °С з охолодженням в соляній ванні з температурою 180 °С і обробці холодом при температурі мінус 30-40 °С (глибина шару 0,2-0,4 мм); при температурі вище АС₃ серцевини сталі (наприклад, 820 °С) з подальшим підстиживанням до 700 °С, загартуванням в соляній ванні і обробкою рідким повітрям (глибина шару 0,2-0,25 мм, твердість НV 950-980, на глибині від поверхні 0,1 мм міститься 0,9% С і 0,8% N, серцевина зберігається незагартованою); при температурі нижче Аст.

Таблиця 1

Оптимальне сумарний вміст вуглецю і азоту в поверхневій зоні нітроцементованного шару

Марка сталі	Глибина нітроцементованого шару в мм	Сумарний вміст С і N в% при товщині шару для хімічного аналізу в мм		
		0, в25	0,05	0, 10
40X	0,25-0,35	0,9-	0,85-	0,75-

Т	25ХГТ	0,5-0,7	1,25	1,2	1,0
	25ХГМ	0,5-0,8	1,05-	1,0-	0,95-
	25ХГМ	0,5-0,65	1,25	1,15	1,05
			1,3-	1,25-	1 15-
			1,65	1,55	1,25
			1,25-	1,2-	1,15-
			1,65	1,6	1,5

У ряді робіт вивчена нітроцементация з нагріванням СВЧ. Глибина одержуваного шару виявилася дещо більше, ніж у випадку звичайного нагріву при тій же тривалості процесу. Зміст азоту в поверхневому шарі сталей 30 і 30ХГТ, отриманому при індукційному нагріванні, приблизно в 2 рази вище, ніж після обробки в тих же умовах зі звичайним нагріванням. Це дає можливість проводити нітроцементацию при більш високій температурі, зберігаючи високий вміст азоту в шарі.

Експерименти, проведені спільно працівниками ЗІЛа і МИСиС на автоматичному агрегаті для газової цементации з нагріванням СВЧ, показали, що при 930-950 °С протягом 40 хв може бути отриманий нітроцементований шар глибиною 0,35-0,5 мм, що містить 0,10-0,25% N.

Література

6. Сушко О.В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. – 232.: іл.

7. Технология металлов и материаловедение : учебник / под ред. Л. Ф. Усовой. – М. : Металлургия, 1987. – 800 с.

8. Химико-термическая обработка металлов и сплавов : учеб. пособие / под ред. А. Н. Минкевич. – М. : Машиностроение, 1965. – 494 с.

9. Технология металлов и конструкционных материалов : учеб. пособие / [Скобников К. М., Глазов Г. А., Петраш Л. В. и др.]. – Ленинград : Машиностроение, 1972. – 520 с.

10. Технология металлов : учебник / под ред. Б. В. Кнорозова – М. : Металлургия, 1978. – 880 с.

11. Технология металлов и материаловедение : учебник / под ред. Л. Ф. Усовой. – М. : Металлургия, 1987. – 800 с.

12. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие / под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

13. Солнцев Ю. П. Металловедение и технология металлов : учеб. пособие / Ю. П. Солнцев, В. А. Веселов, В. П. Демянцевич – М. : Металлургия, 1988. – 512 с.

14. Сушко О.В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. – 232.: іл.

15. Технология металлов : учебник / под ред. Б. В. Кнорозова – М. : Металлургия, 1978. – 880 с.