

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут»

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт
для студентів напрямку 6.050504 «Зварювання»

Затверджено Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»

Київ 2013

Технологія зміцнення поверхні. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напрямку 6.050504 «Зварювання» / Укладачі: С. М. Гетманець, А. В. Чорний, Д. В. Степанов – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 35 с.

*Гриф надано Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»
(Протокол № 5 від 28.01.2013р.)*

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт
для студентів напрямку 6.050504 «Зварювання»

Укладачі: *Сергій Михайлович Гетманець, к.т.н., доцент*
Андрій Вячеславович Чорний, к.т.н., ст. викладач
Денис Володимирович Степанов, асистент

Відповідальний

редактор

В.Д. Кузнецов, д.т.н., професор

Рецензент

Л.А. Жданов, к.т.н., доцент

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота №1	
Вплив ступеню деформування на ступінь зміцнення матеріалу поверхні	5
Лабораторна робота №2	
Вплив механічних властивостей матеріалу на ступінь зміцнення матеріалу поверхні	9
Лабораторна робота №3	
Залежність ступеня зміцнення поверхні матеріалу від кратності прикладеного навантаження	12
Лабораторна робота №4	
Вплив структури матеріалу деталі на зносостійкість	15
Лабораторна робота №5	
Вплив структури наплавленого шару метала на зносостійкість	20
Лабораторна робота №6	
Дослідження поверхні легованої електроіскровим способом	25
Лабораторна робота №7	
Плазмове загартування	30
Література	35

ВСТУП

Дисципліна «Технологія зміцнення поверхонь» спрямована на вивчення основних принципів і положень технологічних процесів зміцнення поверхні і є однією з базових технологічних дисциплін підготовки бакалаврів напрямку 6.050504 «Зварювання» для студентів зварювального факультету спеціальності «Технологія і устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій».

Метою дисципліни «Технологія зміцнення поверхні» є формування у майбутнього фахівця в галузі зварювання і споріднених технологій сучасних уявлень і знань про методи та механізм зміцнення поверхні деталей машин і конструкцій; технологічні процеси, матеріали та обладнання для утворення зносостійкого поверхневого шару; вплив параметрів процесу зміцнення на властивості поверхневого шару матеріалу.

Метою лабораторних робіт з дисципліни «Технологія зміцнення поверхонь» являється набуття студентами знань, умінь та практичних навичок з технології зміцнення деталей різними способами – методами ППД, електроіскровим легуванням, плазмовим загартуванням.

Лабораторні роботи з дисципліни «Технологія зміцнення поверхні» носять практичний характер, в кожній з них стисло викладені необхідні для виконання роботи основні теоретичні положення, методика проведення і завдання для самостійного виконання лабораторної роботи студентами, приклад оформлення звіту з проведеної роботи та контрольні запитання для визначення ступеня засвоєння студентами отриманих знань. Студенти досліджують вплив ступеня деформування, механічних властивостей, кратності прикладеного навантаження та структури матеріалу на ступінь зміцнення поверхні, вплив структури наплавленого шару метала на зносостійкість.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ВПЛИВ СТУПЕНЮ ДЕФОРМУВАННЯ НА СТУПІНЬ ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛУ ПОВЕРХНІ

Мета роботи: Визначення залежності ступеню зміцнення поверхні від величини тиску на робоче тіло (індентор), пластичним деформуванням поверхні.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Зміцнення в технології металів - підвищення опору матеріалу заготовки або виробу руйнуванню або залишковій деформації.

Характеристикою зміцнення є ступінь зміцнення — показник відносного підвищення значення заданого параметра опору матеріалу руйнуванню, залишковій деформації в порівнянні з його вихідним значенням у результаті зміцнюючої обробки, а також (у ряді випадків) глибиною зміцнення (товщиною зміцненого шару). Зміцнення звичайно супроводжується зниженням пластичності. Тому практичний вибір способу та оптимального режиму зміцнення визначається максимальним підвищенням міцності матеріалу при припустимому зниженні пластичності, що забезпечує найбільшу конструкційну міцність.

Поверхневий шар при обробці деталей ППД формується в результаті складних взаємозалежних явищ, що відбуваються у місці деформування і прилеглих до нього зонах.

Як при статичній, так і при ударній взаємодії на оброблюваній поверхні утвориться відбиток від інструменту, що потім перетворюється в прилягаючі один до одного сліди або серію відбитків. При навантаженні твердої кулі статичною чи ударною силою P (див. рис.1.1) вона вдавлюється в оброблюваний матеріал: у міру збільшення сили P спочатку відбувається пружна деформація поверхні, а потім пластична (лінія OAB , рис.1.1, б). В наслідок виниклих пластичних деформацій зворотний процес іде по лінії BC . Залишкова пластична деформація виражається в розмірі відбитка d , що відповідає OC . Пластичне деформування під відбитком поширюється рівномірно, і як би копіюючи з деяким деформуванням поверхню кулі.

Основною причиною зміцнення є лавиноподібний розвиток дислокацій – дефектів кристалічної ґратки металу, що накопичуються поблизу ліній зрушень, і наступною зупинкою перед різного роду перешкодами, що утворюються в

процесі деформування (схрещення дислокацій, траєкторія руху яких перетинається між собою під деяким кутом; смуги деформування і т.д.) які існували до цього (міжкристалічні граничні шари, скупчення атомів домішок, елементи другої фази і т.д.). Подрібнення на блоки об'ємів металу, що знаходяться між лініями ковзання, поворот цих блоків, скривлення площини ковзання і нагромадження на них продуктів кристалічної ґратки сприяють збільшенню нерівностей по площинах ковзання, а отже, і зміцненню.

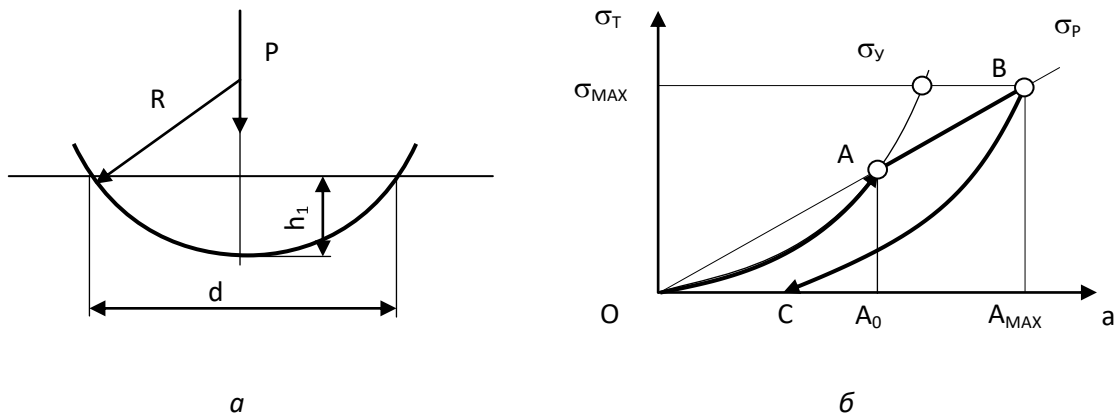


Рис. 1.1. Плин металу при вдавлюванні сферичного індентору
а – відбиток; б – залежність пружної і пластичної деформації від напруження вдавлювання σ

Однак при завищених силових параметрах обробки може відбуватися перенаклеп, в результаті якого в поверхневому шарі з'являються небезпечні мікротріщини, намічається утворення часточок металу, що відшаровується, зерна біля поверхневі сплескаються так, що стають майже нерозрізненими. Різко збільшується шорсткість поверхні. Наклеп металу можна частково або повністю зняти шляхом відпалу. Перенаклеп – необоротний процес, при якому нагрів не відновлює вихідну структуру і його механічні властивості.

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

- 1 Твердоміри ТК-2М, ТШ-2М
- 2 Індентор кульковий.
- 3 Індикатор годинникового типу, плита вимірювальна.
- 4 Мікроскоп.
- 5 Лінійка.
- 6 Зразки з вуглецевих сталей $\varnothing 50 \times 15$ мм.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Ознайомитися з будовою твердомірів, правилами техніки безпеки роботи на даному устаткуванні.

2 Установити зразок на вимірювальний столик твердоміра ТШ-2М вимірити твердість. Дані занести в табл. 1.1.

3 Установити зразок на вимірювальний столик твердоміра ТШ-2М згідно рис. 1.2.

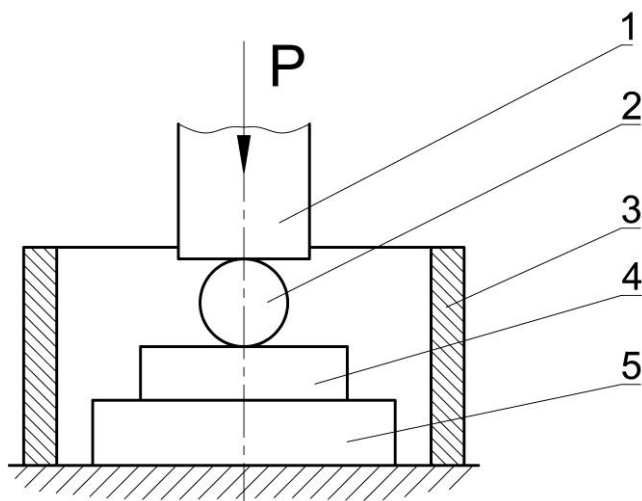


Рис. 1.2. Схема розміщення зразка, індентора та вимірювального столика при прикладанні навантаження

1 - шток гідроциліндра машини; 2 – індентор; 3 – захисний кожух; 4 – зразок; 5 – вимірювальний столик твердоміра.

4 Установити індентор. Кулька (ролик) $\varnothing 10$ мм, матеріал ШХ15.

5 Установити захисний кожух.

6 Увімкнути твердомір і вдавнити індентор з фіксованим навантаженням $P=200$ кгс.

7 Зняти навантаження.

8 Пункт 3 – 7 повторити для навантажень $P= 500, 100, 1500, 2000$ кгс.

9 Зняти зразок з машини виключити установку.

10 Зробити виміри твердості на твердомірі ТК-2М в місцях удавлення індентора. Дані занести в табл. 1.1.

11 Зробити виміри відбитка діаметра d і глибини h втиснення. Дані занести в табл. 1.2.

12. На підставі отриманих даних побудувати графіки залежностей зміни $HRA=f(P)$, $h=f(P)$. Зробити висновки.

Таблиця 1.1

Вид індентора	Твердість вихідного матеріалу, HRC	Твердість матеріалу після прикладання навантаження, кг				
		200	500	1000	1500	2000
Кульковий						
Роликовий						

Таблиця 1.2

Вид індентора	Лінійні розміри	Розміри відбитка після прикладання навантаження, мм				
		200	500	1000	1500	2000
Кульковий	d					
	h					
Роликовий	L					
	b					
	h					

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке зміцнення поверхні?
2. Що таке ступінь зміцнення поверхні?
3. Що таке ППД?
4. Чим відрізняються пластичні і ударні методи зміцнення?
5. Що таке пружна деформація?
6. Що таке пластична деформація?
7. Що таке перенаклеп?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ НА СТУПІНЬ ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛУ ПОВЕРХНІ

Мета роботи: Визначення впливу механічних властивостей матеріалу на ступінь зміцнення поверхні.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Структурні складові мають різну здібність до зміцнення. Для структур мартенситу глибина зони наклепу трохи більша ніж для інших структур. Для структури сорбіту притаманна найменша глибина наклепу.

Ступінь наклепу різноманітних структур оцінюється по відносному приращенню крихкості $(\Delta HV / HV) \times 100$.

Обробка методами ППД супроводжується складними структурними та фазовими перетвореннями. В початковий час виникає роздроблення зерен металу на блоки та утворюється мозаїчна структура. У подальшому, внаслідок підсилення розвитку зсуву по площинам ковзання, виникають нові більш дрібні зерна. При цьому кристали втрачають свою глобійдну форму, сплескуються, витягуються у напрямку деформації. Суттєво змінюється співвідношення їх розмірів, виникає упорядковано орієнтована структура волокнистого характеру з анізотропними механічними властивостями, коли пластичність повздовж волокон вища, ніж у поперечному перерізі.

При наклепі перенасиченого твердого розчину частково відбувається їх розпад, внаслідок чого утворюються дрібні частки нових структурних перетворень. Останні, попавши на площини ковзання, блокують розвиток зсувів. При деформуванні сталей з феритно-перлітною структурою розпадається твердий розчин α - заліза та вуглецю, роль “шипів” грають карбіди заліза, які випадають у вигляді дрібних карбідних включень. Можливе також утворення сполук азоту – нітриди. Збільшення крихкості при пластичному деформуванні сталей з мартенситною структурою загартування пояснюється частковим перетворенням залишкового аустеніту у мартенсит.

Питомий об’єм структурних складових наступний (у порядку зменшення): тетрагональний мартенсит, мартенсит з кубічною граткою, перліт (сорбіт, троостит), аустеніт. Якщо при обробці виникають структурні перетворення, які супроводжуються збільшенням питомого об’єму (наприклад, перехід аустеніту у мартенсит), виникають залишкові стискаючі напруження, а при зворотному процесі – розтягуючі напруження.

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

- 1 Твердоміри ТК-2М, ТШ-2М.
- 2 Індентор кульковий.
- 3 Індикатор годинникового типу, плита вимірювальна.
- 4 Мікроскоп.
- 5 Лінійка.
- 6 Зразки з вуглецевих сталей $\varnothing 50 \times 15$ мм.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Ознайомитися з будовою твердомірів, правилами техніки безпеки, та роботи на даному устаткуванні.

2 Установити зразки на вимірювальний столик твердоміра ТК-2М виміряти твердість. Дані занести в табл. 2.1.

3 Установити зразок на вимірювальний столик твердоміра ТШ-2М згідно рис. 2.1.

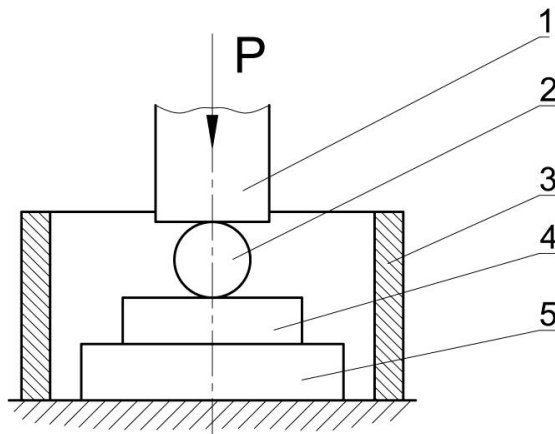


Рис. 2.1. Схема розміщення зразка, індентора та вимірювального столика при прикладанні навантаження

1 - шток гідроциліндра машини; 2 – індентор; 3 – захисний кожух; 4 – зразок; 5 – вимірювальний столик твердоміра.

4 Установити індентор. Кулька $\varnothing 10$ мм, матеріал ШХ15.

5 Установити захисний кожух.

6 Включити машину і вдавнити індентор з фіксованим навантаженням $P=200$ кгс. На час 10 с.

7 Зняти навантаження.

8 Пункт 3 – 7 повторити для навантажень $P= 500, 100, 1500, 2000$ кгс.

9 Зняти зразок з машини виключити установку.

10 Повторити пункти 3-10 для зразків з різних сталей.

11 Зробити виміри твердості в місцях удавлення індентора. Дані занести в табл. 2.1.

12 Зробити виміри відбитка діаметра d і глибини h удавлення. Дані занести в табл. 2.2.

13. На підставі отриманих даних побудувати графіки залежностей зміни $HRC=f(P)$, $h=f(P)$. Зробити висновки.

Таблиця 2.1

Матеріал зразка	Твердість вихідного матеріалу, HRC	Твердість матеріалу після прикладання навантаження, кгс				
		200	500	1000	1500	2000
1						
.....						
n						

Таблиця 2.2

Матеріал зразка	Лінійні розміри	Розміри відбитка після прикладання навантаження, мм				
		200	500	1000	1500	2000
1	D					
	H					
.....	D					
	h					
n	d					
	h					

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Для якої структури характерна найглибша зона наклепу?
2. Для якої структури притаманна найменша глибина наклепу?
3. Розкрийте механізм структурних та фазових перетворень при ППД.
4. Чим пояснюється збільшення крихкості при пластичному деформуванні сталей зі мартенситною структурою загартування?
5. В наслідок чого виникають залишкові стискуючі напруження?
6. В наслідок чого виникають залишкові розтягуючі напруження?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ЗАЛЕЖНІСТЬ СТУПЕНЯ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНІ МАТЕРІАЛУ ВІД КРАТНОСТІ ПРИКЛАДЕНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Мета роботи: Визначення залежностей ступеню зміцнення матеріалу поверхні від кратності навантажень

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Поверхневий шар при обробці деталей ППД, як нам вже відомо, формується в результаті складних взаємозалежних явищ, що відбуваються у місці деформування і прилеглих до нього зонах.

Як при статичній, так і при ударній взаємодії на оброблюваній поверхні утвориться відбиток від інструменту, що потім перетворюється в прилягаючі один до одного сліди або серію відбитків. При навантаженні твердої кулі статичною чи ударною силою P індентор вдавлюється в оброблюваний матеріал: у міру збільшення сили P збільшується зона наклепу. Таких самих наслідків збільшення зони можливо досягти при багатократному навантаженню в ту ж саму точку з меншою силою P .

Багатократне навантаження сталою статичною силою при вдавлюванні кулі в одне і теж саме місце не призводить до суттєвого збільшення розміру пластичного матеріалу.

На відміну від статичного, при ударному втисненні кулі – індентора з збільшенням числа ударів до 15-20 розмір відбитку для різноманітних умов обробки збільшується в 1,25-1,55 рази. Це збільшення буде ще меншим, у випадку більш крихких матеріалів, при цьому діаметр індентора не має великого впливу і знаходиться з наступної залежності (3.1).

$$\frac{d_{MAX}}{d} = 1,55 - \frac{HB}{1000} \quad (3.1)$$

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

- 1 Твердоміри ТК-2М, ТШ-2М.
- 2 Індентор кульковий.
- 3 Індикатор годинникового типу, плита вимірювальна.
- 4 Мікроскоп.
- 5 Лінійка.
- 6 Зразки з вуглецевих сталей $\varnothing 50 \times 15$ мм.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Ознайомитися з будовою твердомірів ТК-2М, ТШ-2М, правилами техніки безпеки роботи на даному устаткуванні.

2 Встановити зразки на вимірювальний столик твердоміра ТК-2М виміряти твердість. Дані занести в табл. 3.1.

3 Встановити зразок на вимірювальний столик твердоміра ТШ-2М згідно рис 3.1.

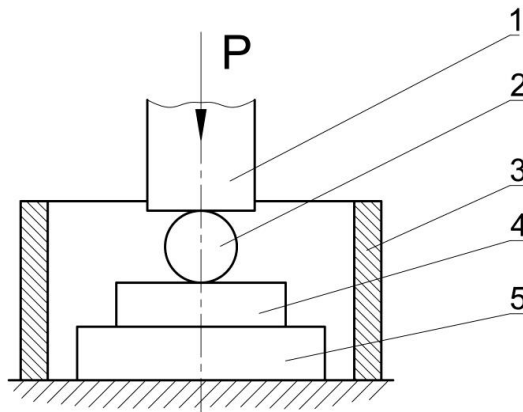


Рис. 3.1. Схема розміщення зразка, індентора та вимірювального столика при прикладанні навантаження

1 - шток гідроциліндра машини; 2 – індентор; 3 – захисний кожух; 4 – зразок; 5 – вимірювальний столик твердоміра.

4 Установити індентор. Кулька $\varnothing 10$ мм, матеріал ШХ15.

5 Установити захисний кожух.

6 Включити машину і вдавнити індентор з фіксованим навантаженням $P=1000$ кг протягом 10 с, зняти навантаження, кратність додавання навантаження в одну точку 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30.

7 Зняти зразок з машини вимкнути твердомір.

8 Зробити виміри твердості в місцях вдавнення індентора. Дані занести в табл. 3.2.

9 Зробити виміри відбитка діаметра d і глибини h вдавнення. Дані занести в табл. 3.2.

10 Пункт 3 – 9 повторити для зразків з різних матеріалів.

11 На підставі отриманих даних побудувати графіки залежностей зміни $HRC=f(P)$, $h=f(P)$. Зробити висновки.

Таблиця 3.1

Матеріал зразка	Твердість вихідного матеріалу, HRC	Твердість матеріалу після прикладання навантаження $P=100$ кг, раз						
		1	5	10	15	20	25	30
1								
.....								
n								

Таблиця 3.2

Матеріал зразка	Лінійні розміри, мм	Розміри відбитка після прикладання навантаження $P=100$ кг, раз						
		1	5	10	15	20	25	30
1	d							
	h							
.....	d							
	h							
n	d							
	h							

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які є способи збільшення зони наклепу?
2. Що таке ППД?
3. Чим відрізняються пластичні і ударні методи зміцнення?
4. Що таке пружна деформація?
5. Що таке пластична деформація?
6. Що таке перенаклеп?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ВПЛИВ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

Мета роботи: Дослідження впливу структури матеріалу деталі на його зносостійкість.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Більшість сталей, що мають високі механічні властивості, в умовах експлуатації повинні бути в тій чи іншій мірі зносостійкими. Зносостійкими називають сталі, основна властивість яких — високий опір спрацьовуванню (стиранню, контактній втомі та ін.). При цьому сталі, зносостійкі при одному виді спрацьовування, можуть бути не стійкими по відношенню до спрацьовування іншого виду.

Зносостійкість сталі і сплавів визначається в основному їхнім хімічним складом, структурою й умовами експлуатації. У випадку абразивного спрацьовування, механізм якого включає мікропластичну деформацію, зріз і відрив часток, зносостійкість пов'язана з твердістю: звичайно при підвищенні твердості сталі абразивне спрацьовування знижується (рис. 4.1).

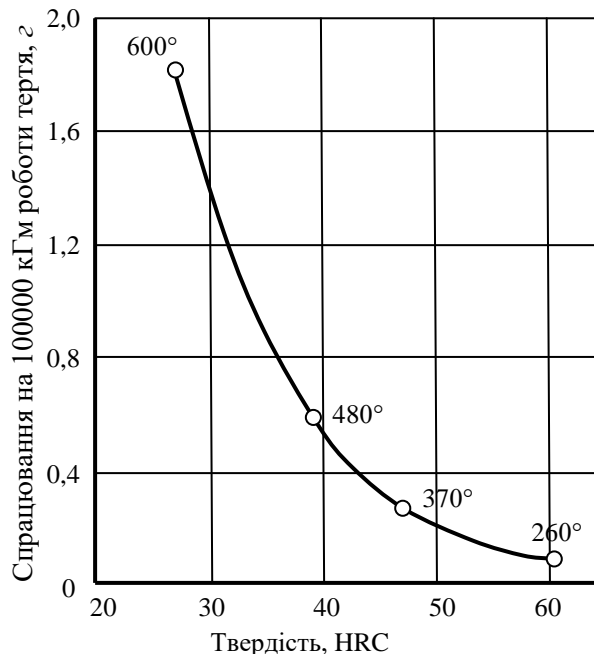


Рис. 4.1. Вплив твердості на спрацьовування сталі з 0,8% С, загартованої і відпущеної при 260—600 °С.

Спрацьовування при терті катання на машині Амслера. Діаметр зразків 50 мм, ширина $b = 10$ мм

Однак не завжди зносостійкість знаходиться в прямому зв'язку з інтегральною твердістю сплаву; більш правильні представлення дають значення мікротвердості структурних складових сплаву в сполученні з даними про відносну кількість складових, їх величини, розподіли і форми.

Найменшу твердість і зносостійкість має ферит, тому сталі і чавуни з феритною основою відрізняються невисокою зносостійкістю.

Аустеніт при порівняно невисокій твердості сильно зміцнюється в процесі холодної пластичної деформації і тому може бути основою сплавів, зносостійких в умовах ударів, зминання і сильної пластичної деформації.

Мартенсит відрізняється високою твердістю і міцністю, і є основою багатьох зносостійких сплавів. Найбільш тверда структурна складова сталі і чавуна, що має найвищу зносостійкість — карбіди. Зносостійкість ферито-цементитних структур (перліт, сорбіт) підвищується зі збільшенням кількості карбідів і ростом загальної твердості, пластинчасті структури виявляються більш зносостійкими, чим зернисті, тому що зерна легше відокремлюються від м'якої основи, чим пластини з розвинутою поверхнею.

Високою зносостійкістю відрізняється евтектика в чавунах, що містить велику частку твердої карбідної фази. Особливу роль у зносостійких сплавах грає структурно вільний графіт, включення якого зменшують тертя, граючи роль молекулярного змащення. Оптимальною формою графіту виявляється кульова, котра менше, ніж пластинчаста, знижує міцність металевої основи.

Твердість структурних складових підвищується зі збільшенням їх легуваності, що збільшує і їх зносостійкість. Особливо це стосується мартенситу і карбідної фази.

Твердість аустеніту істотно залежить від вмісту в ньому вуглецю і легуючих елементів.

Твердість мартенситу зростає зі збільшенням вмісту в ньому вуглецю до 0,45—0,50% (рис. 4.2.). У легуваних сталях мартенсит може мати знижену твердість через присутність структурно нерозрізненого залишкового аустеніту.

Твердість евтектики може змінюватися в широких межах, причому графітова евтектика значно менш тверда, чим фосфідна і карбідна.

Твердість карбідної фази значно підвищується при розчиненні хрому, вольфраму, молібдену, ванадію й інших карбідоутворюючих елементів.

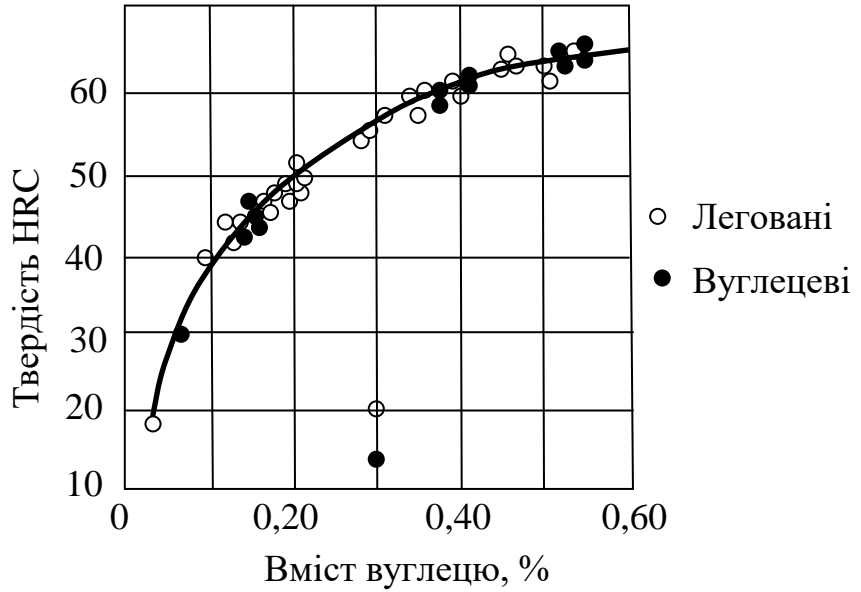


Рис. 4.2. Зміна твердості загартованої сталі в залежності від вмісту в ній вуглецю

Зносостійкість вуглецевої сталі зростає з підвищенням вмісту вуглецю (рис. 4.3.), причому найбільш зносостійкими виявляються загартовані заевтектоїдні сталі і нормалізовані сталі зі структурою пластинчастого перліту.

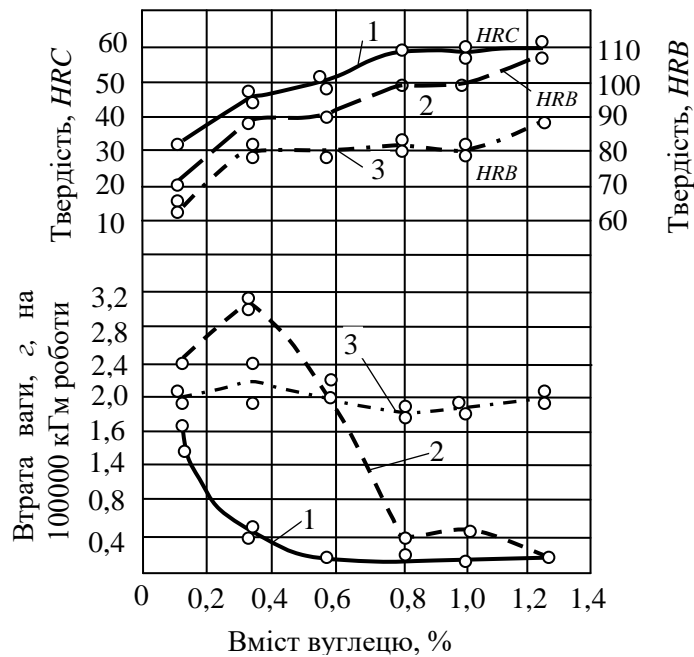


Рис. 4.3. Вплив вмісту вуглецю на спрацьовування вуглецевої сталі при випробовуванні на машині Амслера.

1 — загартована сталь; 2 — нормалізована; 3 — відпалена

Зі сталей кращу зносостійкість мають сталі марок У8 - У13, що мають у загартованому стані високу твердість 62 - 66 HRC, та велику кількість надлишкового цементиту. Леговані заевтектоїдні сталі марок 9ХС, Х12, Р18 і

ін. володіють ще більш високою зносостійкістю завдяки більшому вмісту і більш високій твердості карбідів, легованих хромом, вольфрамом і іншими елементами.

З різних чавунів найменшою зносостійкістю, близькою до зносостійкості заліза, володіють чавуни з феритною основою. Зносостійкість сірого чавуну, простого і модифікованого, близька до зносостійкості перліту сталі У8 у відпаленому стані. У результаті загартування сірого чавуна зносостійкість зростає (так само як і зносостійкість сталі).

Зносостійкість твердих сплавів на основі карбіду вольфраму підвищується зі збільшенням їхньої твердості, але наявність невеликих кількостей м'якого кобальтового зв'язування обумовлює більш легке відділення часток WC, ніж при спрацьовуванні литих сплавів карбіду вольфраму. Борована сталь при однаковій твердості з термодифузійним покриттям хрому володіє дещо меншою зносостійкістю.

Високою зносостійкістю володіють також сталі, які піддані цементації, ціануванню, азотуванню, боруванню, хромуванню й іншим видам хіміко-термічної обробки, у результаті яких створюються тверді, зносостійкі поверхневі шари. Особливого роду зносостійкістю в умовах ударних навантажень, що змінюють, відрізняється сталь аустенітного класу і, насамперед, високомарганцева сталь Г13. Зносостійкістю й, одночасно, високими антифрикційними властивостями характеризуються графітована сталь і перлітні чавуни. Білі чавуни і тверді сплави, у структурі яких головну роль грають тверді карбіди, відрізняються високою зносостійкістю при абразивному стиранні.

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

- 1 Машина тертя
- 2 Терези, важки.
- 3 Штангенциркуль (мікрометр).
- 4 Зразки з різних сталей $\varnothing 5 \times 75$ мм.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 1 Ознайомитися з будовою машини тертя ЛКИ-3, правилами техніки безпеки роботи на даному устаткуванні.
- 2 Зважити зразки (термічно зміцнені, не зміцнені) на вагах з точністю до 0,05 гр., виміряти їхні геометричні розміри. Дані занести в табл. 4.1.

- 3 Установити зразок в обойму машини тертя ЛКИ-3.
- 4 Установити навантаження 10,65 кг.
- 5 Засипати абразив у дозатор машини тертя ЛКИ-3.
- 6 Увімкнути машину ЛКИ-3, провести дослідження на спрацьовування при проходженні зразка 120 м. Через кожних 30 м. Повертати обойму зі зразком на 90°.
- 7 Зважити й обміряти зразок. Дані занести в табл.4.1.
- 8 Установити навантаження 15,00 кг. повторити пп 3-7.
- 9 Установити навантаження 16,00 кг. повторити пп 3-7.
- 10 На основі отриманих даних побудувати експериментальні залежності масового і лінійного спрацьовування від навантаження.
- 11 Зробити висновок яка зі структур сталей має найкращі показники на спрацьовування.

Таблиця 4.1

Матеріал	Навантаження	Маси зразків, гр			Лінійні розміри зразків, мм		
		10,65 кг	15 кг	16 кг	10,65 кг	15 кг	16 кг
	до експерименту						
	після експерименту						
	до експерименту						
	після експерименту						
	до експерименту						
	після експерименту						

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке зносостійкість?
2. Чим визначається зносостійкість сталі?
3. Яка структура має найменшу твердість?
4. Яка структура має найбільшу зносостійкість?
5. Як впливає вміст вуглецю на зносостійкість?
6. Які способи збільшення зносостійкості Ви знаєте?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ВПЛИВ СТРУКТУРИ НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ МЕТАЛУ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

Мета роботи: Дослідження впливу структури наплавленого матеріалу на його зносостійкість.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для наплавлення в даний час використовуються сплави дуже різноманітних композицій. Найбільш зручно їх класифікувати по хімічному складу, що визначає структуру, механічні властивості і зносостійкість. Спосіб наплавлення дуже впливає на однорідність, виникнення дефектів і інші особливості наплавленого шару, однак найважливіше значення має хімічний склад металу.

У технічній літературі і каталогах можна знайти кілька сотень варіантів складів наплавленого металу, що часто мало відрізняються один від одного, але мають різноманітні назви та позначення. Нижче розглянуті тільки характерні групи складів наплавленого металу, що мають досить поширене застосовування у промисловій практиці.

Однією із самих поширених груп матеріалів для наплавлення є зносостійкі матеріали.

Перлітно - сорбітні матеріали.

Склад перлітно-сорбітних матеріалів – сталей, що включають невеликі добавки вуглецю, хрому, молібдену, ванадію й інших легуючих елементів, підбирають з таким розрахунком, щоб після наплавлення й охолодження на повітрі структура наплавленого металу при нормальній температурі складалася переважно з перліту і сорбіту.

Твердість наплавленого матеріалу складає HV 200-300, що значно нижче твердості мартенситу, наплавлений шар не є зносостійким при терті ковзання і кочення. Тому даний матеріал рекомендують для відновлення первісних розмірів спрацьованих деталей і як підшар, на який наплавляється більш твердий і зносостійкий шар матеріалу, а також, в інших випадках, з метою простого нарощування. Наплавлений метал з перлітною структурою схильний до деякого додаткового зміцнення при загартуванні див. рис.5.1.

Застосовують для відновлення катків і інших ходових частин тракторів і бульдозерів.

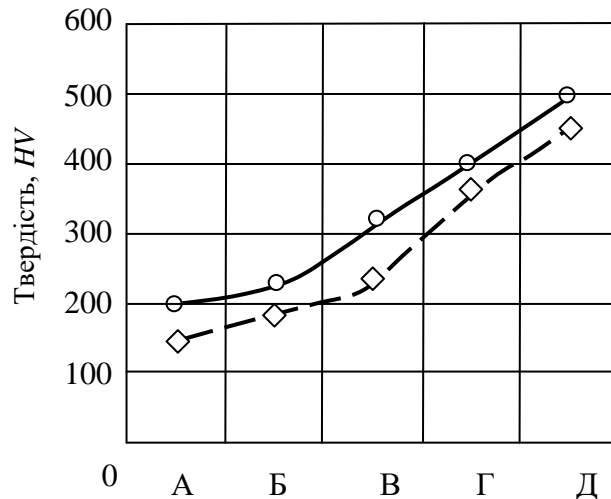


Рис. 5.1. Зміна твердості металу HV, наплавленого низьколегованими матеріалами, у залежності від швидкості охолодження від температури 860 C°

А – охолодження в печі; Б – охолодження на повітрі; Г- загартування в олії; Д – загартування у воді.

Мартенситні матеріали.

Матеріали, які утворюють мартенситну структуру в сталі після наплавлення мають високу стійкість при абразивному спрацьовуванні і задирах. Мартенсит крихкий і схильний до утворення тріщин. Наплавлений шар схильний до відриву в умовах ударно-динамічних навантажень.

Низьколегований мартенсит.

Відмінність – порівняно малий вміст легуючих елементів, необхідний рівень їх властивостей досягається, в основному, шляхом введення вуглецю та хрому. Наплавлений метал, з відносно низькою твердістю, має в своїй структурі мартенсит, бейніт і сорбіт; по мірі підвищення частки мартенситу його твердість підвищується.

Твердість наплавленого металу (див. рис. 5.2) знижується при підвищенні температури його розігріву в процесі наплавлення і зниженню швидкості охолодження після наплавлення. На рис. 5.3 показане співвідношення між температурою відпуску і твердістю такого наплавленого металу. Низьколегований мартенсит звичайно не схильний до вторинного твердіння і істотно знижує свою твердість при відпуску.

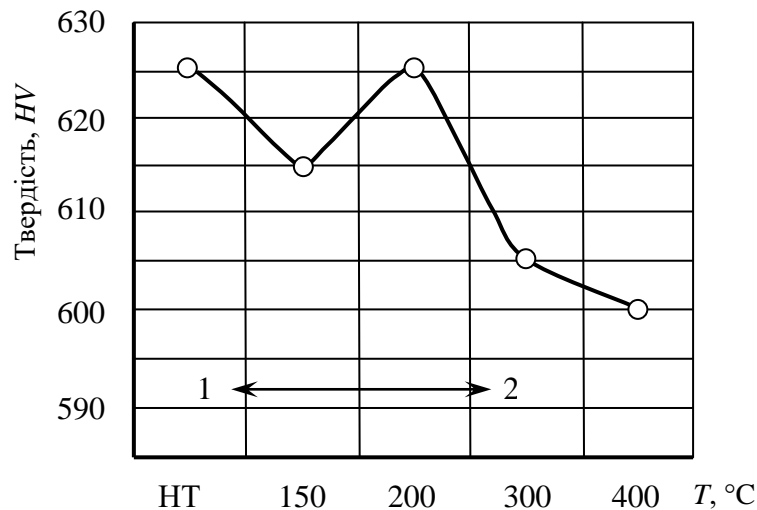


Рис. 5.2. Зміна твердості металу в залежності від температури його розігріву при наплавленні.

НТ – нормальна температура; 1-висока і 2-низька швидкості охолодження наплавленого металу. Склад наплавленого металу: 0,25% С; 1,38% Si; 0,52% Mn; 2,86% Cr; 0,46% Мо.

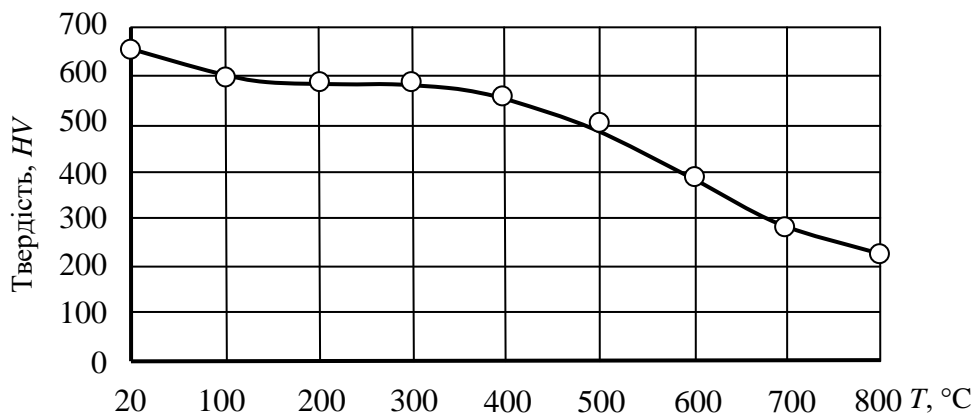


Рис. 5.3. Вплив температури відпуску на твердість металу.

Склад наплавленого металу 0,35% С; 1,47% Si; 0,53% Mn; 4,13% Cr; 0,51% Мо.

Аналогічний ефект спостерігається при багатошаровому наплавленні. Внаслідок утворення мартенситної структури твердість наплавленого металу поблизу поверхні може досягати високих значень, однак, у міру наближення до основного металу, знижується через відпуск, викликаний термічним впливом процесу багатошарового наплавлення. Зниження твердості особливо виявляється при наплавленні під шаром флюсу (через велику погонну енергію). При додатковій наявності молібдену, ванадію, вольфраму й ін. карбідоутворюючих елементів відбувається, внаслідок утворення подвійних карбідів, вторинне твердіння наплавленого металу. Наприклад для матеріалу, що має 3% Cr, 2-4% Мо і 1,5 % V при температурі 500 С° відбувалося вторинне

твердіння металу. Явище вторинного твердіння використовують у технологічних процесах виготовлення інструментів для гарячого деформування металу і прокатки валків.

Наплавлений метал з відносно низькою твердістю відрізняється малою чутливістю до утворення тріщин, але в міру підвищення частки мартенситу в структурі збільшується крихкість металу і знижується його тріщиностійкість, тому при наплавленні середньо- та високовуглецевих сталей необхідно приймати міри для запобігання утворення тріщин, включаючи нанесення підшару з металу з більш високою в'язкістю, підвищення температури металу шляхом попереднього підігріву й ін.

Сталі з низьколегованого мартенситу застосовують для деталей, що працюють в умовах високого навантаження і динамічного спрацьовування (тертя з ударно–динамічним навантаженням). Збільшення частки мартенситу в структурі наплавленого металу підвищує його стійкість до абразивного спрацьовування.

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

- 1 Машина тертя ЛКИ-3
- 2 Терези, важки.
- 3 Штангенциркуль.
- 4 Зразки зі Ст 10 (з наплавленим шаром) $\varnothing 15 \times 75$ мм. (низьковуглецевим або низько легованим матеріалом наприклад Св08Г2С, сталь Гатфільда, чавун УЗО, сормайт №-1 УЗОХ28Н4С4 т.і.)

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 1 Ознайомитися з будовою машини тертя ЛКИ-3, правилами техніки безпеки роботи на даному устаткуванні.
- 2 Зважити зразки на вагах з точністю до 0,05 гр., виміряти їхні геометричні розміри. Дані занести в табл. 5.1.
- 3 Встановити зразок в обойму машини тертя ЛКИ-3.
- 4 Встановити навантаження 10,65 кг.
- 5 Засипати абразив у дозатор машини тертя ЛКИ-3.
- 6 Увімкнути машину ЛКИ-3, провести дослідження на спрацьовування при проходженні зразка 120 м. Через кожних 30 м. Повертати обойму зі зразком на 90°.

7 Зважити й обміряти зразок. Дані занести в табл. 5.1.

8 Установити навантаження 15,00 кг. повторити пп 3-7.

9 Установити навантаження 16,00 кг. повторити пп 3-7.

10 На основі отриманих даних побудувати експериментальні залежності масового і лінійного спрацьовування від навантаження.

11 Зробити висновок яка зі структур наплавлених сталей має найкращі показники на спрацьовування.

Таблиця 5.1

Матеріал	Навантаження	Маси зразків, гр			Лінійні розміри зразків, мм		
		10,65 кг	15 кг	16 кг	10,65 кг	15 кг	16 кг
	до експерименту						
	після експерименту						
	до експерименту						
	після експерименту						
	до експерименту						
	після експерименту						

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чим визначається зносостійкість наплавленого шару?
2. Які легуючі елементи входять до перліто-сорбітних сталей?
3. Для яких цілей рекомендовано наплавляти матеріалами, що мають перліто-сорбітну структуру?
4. Назвіть особливість матеріалу з мартенситною структурою?
5. Які основні легуючі елементи використовують при наплавленні низьколегованих мартенситних матеріалів?
6. Які способи збільшення зносостійкості Ви знаєте?
7. Перелічіть умови в яких використовують матеріали з низьколегованою мартенситною структурою?
8. Опишіть, що відбувається з властивостями наплавленого шару, при багатошаровому наплавленні?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ЛЕГОВАНОЇ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ СПОСОБОМ

Мета роботи: Дослідження впливу режимів при електроіскровій обробці поверхні деталі на товщину зміцненого шару та крихкість.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Зміцнення методами електроіскрової обробки застосовують для підвищення зносостійкості і твердості поверхні деталей машин, що працюють в умовах підвищених температур в інертних газах; жаростійкості і корозійної стійкості поверхні; довговічності металорізального, деревообробного, слюсарного й іншого інструмента; створення шорсткості під наступне гальванічне покриття; полегшення паяння звичайним припоєм матеріалів, що важко паяються, (нанесення проміжного шару, наприклад міді); збільшення розмірів спрацьованих деталей машин при ремонті; зміни властивостей поверхонь виробів з кольорових металів і інструментальних сталей.

Електроіскрова обробка полягає в легуванні поверхневого шару металу виробів, що є катодом, матеріалом електрода (анода) при іскровому розряді в повітряному середовищі. У результаті хімічних реакцій легуючого металу з дисоційованим атомарним азотом і вуглецем повітря, а також з матеріалом деталі в поверхневих шарах утворюються гартівні структури і складні хімічні сполуки (високодисперсні нітриди, карбонітриди і карбіди), виникає дифузійний зносостійкий зміцнений шар.

Принципова схема електроіскрової установки з генератором імпульсів RC наведена на рис. 6.1. Конденсатор С, включений у зарядний контур, заряджається через опір R від джерела постійного струму напругою 100—200 В. Коли напруга на електродах 2 і 3, включених паралельно конденсатору й утворюючих розрядний контур, досягне пробійного значення, утвориться канал наскрізної провідності, через який здійснюється іскровий розряд енергії, який було накопичено конденсатором. Тривалість імпульсу складає 20—200 мс.

Зміцнений шар має високу твердість і зносостійкість. Твердість шару, виміряна методом Вікерса на приладі ПМТ-3, складає 1000—1400 HV і залежить від матеріалу електрода. Загальний шар електроіскрового зміцнення

складається з верхнього білого шару, який не травиться і нижнього перехідного дифузійного шару з перемінною концентрацією легуючих домішок і карбіду, з сильно зміненою вихідною структурою, що поступово переходить у структуру основного металу. (Перехідною зоною іноді називають зону м'якого відпущеного металу при легуванні загартованих виробів). У більшості випадків нижній шар по глибині трохи більше верхнього. У зв'язку з наявністю дифузійного шару в структурі зміцненого металу можливо багат шарове зміцнення, у тому числі з утворенням по-різному легуваних шарів. Наступний вплив лазерного випромінювання поліпшує властивості зміцненої поверхні, легуваної електроіскровим методом, і знижує ступінь її шорсткості.

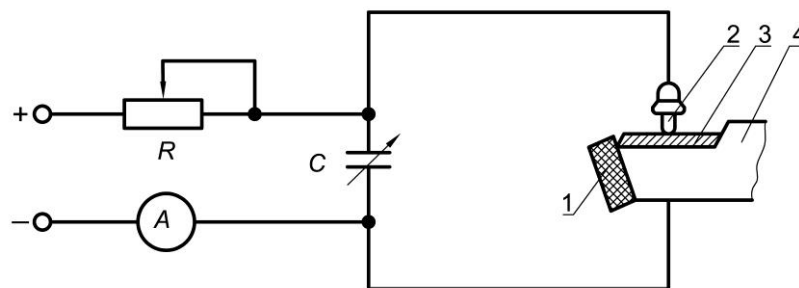


Рис. 6.1. Схема пристрою для електроіскрової обробки

1 – графітова пластинка; 2 – змцнюючий електрод (анод) 3 – поверхня яка змцнюється (деталь - катод) 4 – корпус інструмента

Електроіскровому зміцненню піддаються поверхні деталей типу кулачків, напрямних, фіксаторів, притисків, штовхальників і клинів, а також поверхні шпонкових пазів, шліців, отвору корпусних деталей, виготовлених з конструкційних легуваних і вуглецевих сталей.

Різні режими обробки застосовують у залежності від вимог, які пред'явлені до обробленої поверхні, її чистоти, щільності, товщини та пористості нанесеного шару, а також до припустимої товщини перехідної зони. Електроіскрове зміцнення проводять на м'яких, середніх і жорстких режимах по струму і напрузі на електродах. М'які режими забезпечують одержання тонкого дрібнозернистого щільного шару зміцненого металу. У цьому випадку має місце дуже невелика товщина перехідної зони, а сам нанесений шар найбільш щільний і поверхня найбільш чиста. Але при роботі на м'яких режимах на утворення цього шару затрачається більше часу, ніж при роботі на жорстких режимах.

Жорсткі режими дозволяють одержати більш товсті шари зміцненого металу, однак не забезпечують його однорідність, щільність і

дрібнодисперсність.

Електроіскрове зміцнення здійснюють віброуючим електродом вручну. Перед початком роботи вібратор і апарат регулюють відповідно до прийнятих режимів обробки. Після включення апарата електроди вводять у зіткнення один з одним і потім переміщують електрод відносно поверхні яку зміцнюють, підтримуючи постійним тиск на вібраторі.

По оброблюваній поверхні електрод переміщують або круговими рухами (по невеликому колу) з одночасним просуванням убік, або зигзагом з невеликою амплітудою і просуванням убік. Основним недоліком ручного зміцнення є нестійкість і залежність результатів зміцнення від кваліфікації і навичок робітника. Крім того, ручна робота малопродуктивна.

При електроіскровому легуванні (у результаті термічного впливу розряду) у поверхневому шарі спостерігається значний ріст зерен основного металу, що приводить до зменшення міцності поверхневого шару. Нагрівання тонких поверхневих шарів основного металу, що примикають до зносостійкої оболонки, і супроводжується одночасним інтенсивним відводом тепла у глибину холодного виробу, викликає утворення мікротріщин у поверхневих шарах. Тріщиноутворення тим значніше, чим нижче міцність поверхневих шарів основи. Це погіршує зчеплення нанесеного шару з основним металом.

Для поліпшення контакту зносостійкого покриття з основним металом перед електроіскровим легуванням виріб піддають спочатку впливу ультразвуку, а потім рекристалізаційному відпалу, який можна поєднати з процесом нагрівання виробу під загартування. У результаті підвищується міцність матеріалу основи, і при наступному електроіскровому легуванні зменшується можливість тріщиноутворення поверхневих шарів основи, поліпшується зчеплення з нанесеним шаром.

Максимальну глибину і високу твердість зміцненого шару одержують при використанні для електроіскрового зміцнення електродів на хромовій основі (ферохромових, хромомарганцевих) і з чистого хрому. У випадку застосування твердосплавних або металевих електродів поверхневий шар одержують твердим, зносостійким і великої товщини (до 0,12 мм), у результаті чого збільшуються розміри виробу.

При використанні електродів із графіту не відбувається збільшення габаритних розмірів виробу, зберігається вихідна шорсткість зміцнюваної поверхні, але не забезпечується виконання підвищених вимог до твердості і зносостійкості зміцненого шару, утвореного в результаті одночасного науглецювання і загартування. При відсутності пластинок необхідних форм і

розмірів, а також для більш повного використання твердого сплаву можна застосовувати електроди, які виготовлені напайкою або приваркою тврдосплавних пластинок до сталевого держака.

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

- 1 Твердомір
- 2 Терези, тягарці.
- 3 Устаткування “Електрон – 50”, електроди різного складу наприклад Т15К6, ВК6, Р6М5, Ст.
- 4 Зразки зі сталі 45, ШХ15 і 25Х5М, Ø 15×25 мм

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 1 Зважити зразки на вагах з точністю до 0,05 гр., заміряти первісну твердість зразка. Дані занести в табл. 6.1.
- 2 Зміцнити поверхню зразків.
- 3 Зважити зразки, заміряти твердість зміцненої поверхні. Дані занести в табл.6.1.
- 4 На основі отриманих даних побудувати експериментальні залежності масового приросту зразків і зміни твердості зміцненого шару від режиму зміцнення.
- 5 Зробити висновок.

Таблиця 6.1

№ п/п	Матеріал		Режим			Маса зразка, гр.		Твердість	
	като д	анод	I, А	ампліт уда	часто та	до зміцнен ня	після зміцнення	До зміцнення	Після зміцнення
1									
2									
3									
...									
I									

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Для чого існує зміцнення електроіскровою обробкою?
2. Розкрийте суть електроіскрової обробки.
3. Що виконує роль катода?
4. Що виконує роль анода?
5. Опишіть схему роботи пристрою для електроіскрового легування.
6. Якими властивостями володіє зміцнений шар?
7. Які деталі зміцнюються даним способом?
8. Від чого залежить режим обробки?
9. Які недоліки даного способу зміцнення Ви знаєте?
10. При яких умовах даний спосіб дає максимальну глибину зміцнення та високу твердість?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

ПЛАЗМОВЕ ЗАГАРТУВАННЯ

Мета роботи: Дослідження впливу режимів плазмової обробки поверхні на ступінь та глибину зміцнення поверхні

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Плазмове поверхнєве зміцнення як один з методів зміцнення джерелами нагрівання з високою щільністю потужності в даний час знаходить широке й ефективне застосування як в умовах дрібносерійного і штучного (у тому числі ремонтного), так і крупносерійного та масового виробництва. Сутність його полягає в термічних фазових і структурних перетвореннях, що відбуваються при швидкому концентрованому нагріванні робочої поверхні деталі плазмовим струменем (дугою) і тепловідводу в матеріал деталі. Для генерування плазмового джерела нагрівання широко застосовуються плазмотрони з відкритою дугою або прямої дії (позитивний заряд подається на деталь, що зміцнюється) і плазмотрони з закритою дугою, або струменем непрямої дії (негативний і позитивний заряди подаються на деталі плазмотрона — відповідно, катод і анод).

Основною фізичною характеристикою поверхневого зміцнення висококонцентрованими джерелами нагрівання є температурне поле. Ця характеристика, дозволяє визначити температуру матеріалу в будь-якій точці зони термічного впливу (ЗТВ) у різні моменти часу, швидкість нагрівання й охолодження, тривалість перебування розігрітого металу ЗТВ у заданому інтервалі температур у залежності від параметрів режиму обробки і теплофізичних характеристик матеріалу, що оброблюється.

Основною відмінною рисою методів поверхневого зміцнення висококонцентрованими джерелами нагрівання є можливість одержання швидкостей нагрівання й охолодження, матеріалів, на кілька порядків перевищуючих значення, характерні для традиційних методів зміцнення (пічного загартування, загартування СВЧ, газополуменевого загартування тощо), що сприяє одержанню зміцнених шарів з недосяжним раніше рівнем експлуатаційних властивостей.

У процесі численних досліджень установлено, що швидкість охолодження поверхневого шару металу, структура і властивості зміцненої

зони визначаються в першу чергу ступенем локалізації введення тепла у виріб, що обробляється (у пляму нагрівання). Від цього залежать і такі важливі для практики фактори, як величина залишкових напружень і деформацій, необхідність застосування додаткових охолоджуючих середовищ, продуктивність обробки, техніко-економічні показники. У загальному випадку порядок величини швидкості охолодження (C°/c) практично відповідає порядку величини концентрації теплової потужності ($Вт/см^2$) джерела.

Енергія плазмового струменя передається тілу, що нагрівається в результаті примусового конвективного і променистого теплообміну.

Променистий теплообмін складає не більше за 5-10 % ефективної теплової потужності. Тому в процесі теплопередачі від струменя до тіла основну роль грає конвективний теплообмін. Основна частина теплоти при плазмовому нагріванні переноситься в середину металу за допомогою електронної провідності. Отже, теплові процеси при плазмовому нагріванні мають ту ж фізичну природу, що і при традиційних способах теплового впливу на метали. Це дає підставу розглядати поширення теплоти в металах при плазмовій обробці з класичних позицій теорії теплопровідності.

При виборі відповідної залежності важливе значення має правильна схематизація джерела нагрівання і тіла, що обробляється. У випадку обробки великогабаритного інструмента (прокатних валків, масивних штампів і т.д.) з достатньої для практичних цілей точністю можна використовувати схему зосередженого (крапкового) джерела нагрівання на поверхні напівнескінченного тіла. При зміцненні малогабаритного інструмента, особливо, коли обробка здійснюється локально, тільки уздовж робочої крайки (різці, ножі і т.д.), необхідно враховувати характер розподілу щільності потужності по площі плями нагрівання. Установлено, що для плазмового струменя характерний розподіл питомого теплового потоку по плямі нагрівання згідно з нормальним законом (законом Гаусса):

$$q(r) = q_m e^{-kr^2}, \quad (7.1)$$

де q_m - максимальна щільність потоку на осі струменя;

K - коефіцієнт зосередженості, що характеризує форму кривої нормального розподілу.

Таким чином, плазмовий струмінь можна розглядати як нормально-кругове джерело теплоти з параметрами q_m і k , зв'язаними з ефективною тепловою потужністю співвідношенням:

$$q = q_m \frac{\pi}{K} \quad (7.2)$$

Для підвищення ефективності плазмового поверхневого загартування необхідне максимально можливе збільшення коефіцієнта зосередженості плазмового струменя k і максимально можливе зменшення площі плями нагрівання, діаметр якого d_n з умови $q_m \left(\frac{d_n}{2}\right) = 0,05 \cdot q_m$ зв'язаний з k співвідношенням:

$$d_n = \frac{3,46}{\sqrt{K}} \quad (7.3)$$

Для плазмового поверхневого нагрівання плазмотронами лінійної схеми експериментально встановлено, що збільшення струму дуги приводить до зростання максимального теплового потоку, при цьому розмір плями нагрівання практично не змінюється, а коефіцієнт зосередженості зі збільшенням струму дещо підвищується.

При збільшенні витрати аргону (до $0,17 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$) максимальний тепловий потік спочатку різко зростає, а при відносно великих витратах газу (більше за $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$) q_m знижується, що пов'язано зі зменшенням осової температури струменя. Діаметр плями нагріву змінюється ненабагато. Зменшення діаметра каналу d_k і отвору сопла плазмотрона d_c збільшує обтиснення стовпа дуги стінками дугової камери і різко зменшує діаметр струменя, а отже, і розмір плями нагрівання.

При плазмовому поверхневому зміцненні швидкість переміщення джерела нагрівання як правило змінюється в межах $(3-20) \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$, тому в розрахунках можна використовувати схему як рухливого, так і швидко рухомого джерела нагрівання - у залежності від конкретних режимів обробки.

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

- 1 Установа газоповітряна плазмового напилювання «Київ-7», камера 15ВБ.
- 2 Твердомір
- 3 Ємність з водою
- 4 Мультиметр, термопара типу J.

3 Зразок зі Ст 30 (40, 45, 60) $\varnothing 25 \times 50$ мм. 4 шт., $\varnothing 50 \times 50$ мм. 4 шт., $\varnothing 75 \times 50$ мм. 4 шт., $\varnothing 100 \times 50$ мм. 4 шт.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Ознайомитися з будовою і правилами роботи на установці газоповітряного плазмового напилення «Київ –7» і камери 15В-Б.

2 Установити зразок на вимірювальний столик твердоміра виміряти твердість. Дані занести в табл. 7.2.

3 Установити зразки в обертач камери 15В-Б згідно рис.7.1.

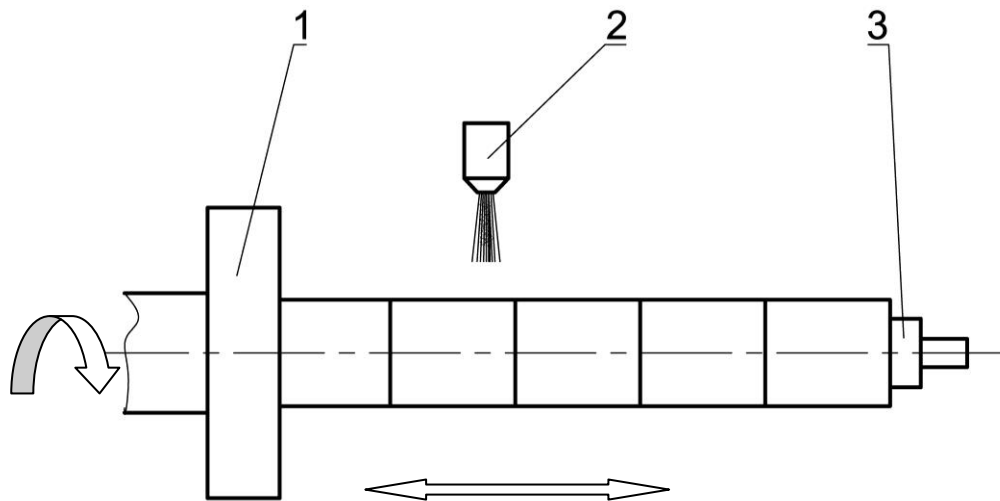


Рис. 7.1. Схема плазмового загартування

1- обертач камери 15ВБ, 2- плазмотрон, 3- зразки в оправленні

4 Встановити необхідну дистанцію, швидкість обертання, швидкість переміщення плазмотрона, витрата ПГ, силу струму. Дані занести в табл.7.1.

5 Включити установку газоповітряного плазмового напилення. Нагріти зразки до температури загартування даного матеріалу обраної з довідкової літератури. Температуру контролювати за допомогою термоолівця і термопари.

6 Вимкнути установку.

7 Зняти зразки з обертача і загартувати у воді. При цьому температура гартівного середовища перед загартуванням не повинне перевищувати 20-25С°.

8 Встановити зразок на вимірювальний столик твердоміра виміряти твердість згідно рис.7.2. Дані занести в табл. 7.2.

9 На основі отриманих даних побудувати експериментальні залежності розподілу HRC (I_d), HRC ($W_{ПГ}$), HRC (L).

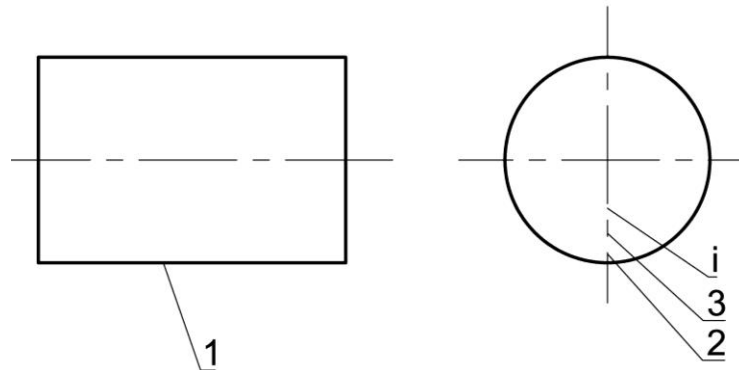


Рис. 7.2. Схема вимірювання твердості
1, 2, 3, i – точки вимірювання твердості

Таблиця 7.1

Номер досвіду	I_d , А	$W_{ПГ}$, м ³ /год	L, мм	V, мм/з	n, хв ⁻¹
1					
2					
3					
4					

Таблиця 7.2

Номер досвіду	Твердість HRC у крапці виміру				
	1	2	3	...	i
1					
2					
3					
4					

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Розкрийте суть плазмового загартування.
2. Що таке плазмотрон прямої дії?
3. Що таке плазмотрон непрямої дії?
4. Що таке температурне поле?
5. Перерахуйте переваги цього способу зміцнення?
6. Що таке ступінь локалізації введення тепла у виріб, що обробляється?
7. Що таке конвективний теплообмін?
8. Як впливає струм дуги на процес нагрівання виробу?

Література

1. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В.М. Смелянский. М.: Машиностроение, 2002. – 300с.
2. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием/ Л.Г. Одинцов. М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
3. Коновалов Е. Г. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей / Е. Г. Коновалов, В. А. Сидоренко. Минск: Высшая школа, 1968. – 363 с.
4. Головин Г.Ф. Высокочастотная термическая обработка/ Г.Ф. Головин, М.М. Замятнин. Л.: Машиностроение, 1990.–239 с.
5. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов / И.И. Новиков. М.: Машиностроение, 1985.– 480 с.