

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №6
«Явище самозміцнення поверхні тертя в процесі механічного
зношування і його вплив на зносостійкість» з дисципліни «Матеріали
для наплавлення та напилення» для студентів освітньої програми
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 6 «Явище самозміцнення поверхні тертя в процесі механічного зношування і його вплив на зносостійкість» з дисципліни «Матеріали для наплавлення та напилення» для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл.: М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 10 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викл.;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 4 від 25.10.2018

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 3 від 13.11.2018

1 МЕТА РОБОТИ

Дослідити явище самозміцнення поверхні тертя в процесі механічного зношування та вивчити його вплив на зносостійкість

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

У процесі механічного зношування на поверхні деталей можливе протікання декількох механізмів зміни вихідної структури, що призводять до підвищення мікротвердості поверхні тертя:

- утворення, так званих, «білих зон» в результаті протікання оборотних процесів $\alpha \rightarrow \gamma$ - перетворення;
- утворення нових хімічних сполук - оксидні плівки на поверхні тертя;
- збільшення щільності дислокацій в результаті пластичної деформації поверхні тертя - механічний наклеп;
- незворотні фазові перетворення залишкового метастабільного аустеніту в мартенсит деформації при одночасній участі механічного наклепу аустеніту, що не перетворився так і новоутвореного мартенситу.

«Білі шари» представляють собою складну гетерогенну високодисперсну структуру, яка містить аустеніт тертя, мартенсит і карбіди. Їх твердість може досягати 11,5-14 ГПа. Умовою їх утворення є деформаційні і теплові процеси. При цьому останні повинні забезпечувати підвищення температури в мікрооб'ємах поверхні матеріалу до рівня вище температур фазових переходів. В реальних умовах зношування деталей, навіть при дуже високих питомих навантаженнях настільки значний фрикційний нагрів найчастіше відсутній, тому використання явища утворення «білих шарів», а тим більше їх регенерація в процесі зношування, практично неможлива.

Утворення нових хімічних сполук на поверхні тертя у вигляді окислів може позитивно позначатися тільки при високих температурах (від 400° С до 1000° С) експлуатації деталей. В цьому випадку захисна плівка виконує функцію бар'єру, що дозволяє зберегти характеристики металу, який визначає параметри сплавів при

зношуванні.

Механічний наклеп, при контактних напругах на поверхні тертя вище межі текучості, неминуче супроводжує процес абразивного зношування. Найбільш відомим прикладом ефективного використання явища механічного наклепу є застосування сталей типу Г13 зі структурою стабільного аустеніту. Ступінь зміцнення поверхні тертя за умови достатньої динамічності поверхневого навантаження може досягати 9-10 ГПа, а в умовах безударного абразивного зношування - до 8-8,5 ГПа.

Ефективність впливу фазових перетворень (залишкового аустеніту в мартенсит деформації) на ступінь зміцнення істотно вище, ніж механічного наклепу. Мікротвердість, що купується в процесі ненаголошеного абразивного зношування може досягати 12-12,5 ГПа.

Ще в 50-60-і роки уральськими металознавцями була встановлена і реалізована можливість багаторазового збільшення зносостійкості завдяки фазовим $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворенням (принцип Богачева-Мінца в умовах мікродинамічних видів поверхневого руйнування (кавітаційне, гідроабразивне), а пізніше і ударно-абразивного зношування. З початку 60-х р.р. роботами Попова В.С., Брикова М.М., на прикладі термооброблених з нетрадиційних технологій, високохромистих інструментальних сталей і інших матеріалів з метастабільним аустенітом було показано, що надзвичайно ефективно це явище може бути використано для підвищення зносостійкості деталей в умовах ненаголошеного абразивного зношування. Цей шлях підвищення зносостійкості в ряді умов зношування отримав успішний розвиток, що дозволило вирішити багато наукових і прикладних задач підвищення довговічності деталей.

Разом з тим, ряд відомостей про оптимальну кількість і природу аустеніту, ступеня його стабільності, способи дестабілізації, або стабілізації та ефективності застосування даного напрямку триботехнічного матеріалознавства для різних умов зношування, носить суперечливий характер. Тому потрібен подальший аналіз цього явища і пошук шляхів його ефективного використання.

Як зазначає В.Д. Садовський, фізична причина ефекту утворення мартенситу вище температури M_n полягає в створенні великої кількості мікрспотворень кристалічної решітки, що сприяють зародженню кристалів мартенситу.

У загальному вигляді умови появи мартенситу вище температури M_n при охолодженні в умовах дії зовнішнього навантаження ілюструє схема, запропонована Олсоном і Коеном (рис. 2.1). При температурі M_n перші кристали мартенситу виникають без допомоги зовнішнього навантаження. В температурному інтервалі $M_n < T < M_n^\sigma$ утворення мартенситних кристалів ініціюється пружними напруженнями $\sigma < \sigma_T$. Одержуваний в цих умовах мартенсит названий мартенситом напруги. При $M_n^\sigma < T < M_d$ зменшення хімічних рушійних сил призводить до того, що напруги, необхідні для утворення мартенситу напруг, перевищують межу плинності σ_T аустеніту і тоді утворюється мартенсит деформації, кількість якого прогресивно збільшується з ростом деформації. Вище температури M_d викликати мартенситних перетворення шляхом пластичної деформації не вдається. Тобто, область умов утворення мартенситу деформації не безмежна. Існує певний діапазон поєднань вихідних властивостей сплавів і умов навантаження, в межах якого можливо в тій чи іншій мірі протікання мартенситних перетворень при деформаційному впливі.

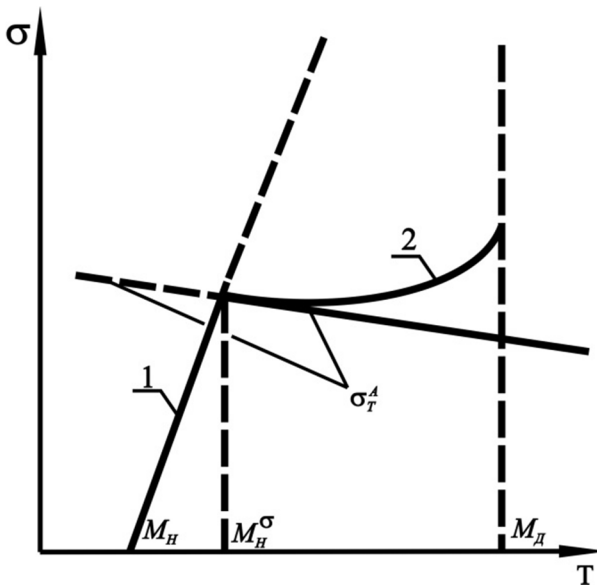


Рисунок 2.1 - Взаємозв'язок напруги і температури появи мартенситу

Можна назвати кілька чинників, що пояснюють підвищену ефективність механізму підвищення зносостійкості завдяки перетворенню метастабільного аустеніту в мартенсит деформації.

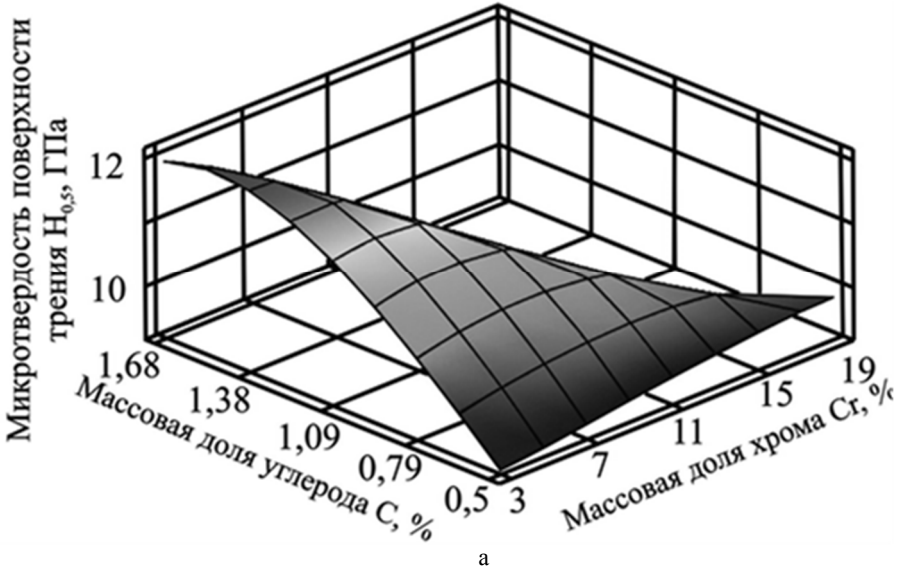
При утворенні мартенситу зміцнення відбувається «подвійною тягою», як безпосередньо в результаті наклепу, так і в зв'язку з появою нової більш твердої фази. Мартенсит, що утворюється в результаті тертя, характеризується підвищеною міцністю, в порівнянні з мартенситом, отриманим в результаті звичайної зміцнюючої термообробки. Ця фаза має іншу морфологію і будова кристалів в порівнянні з мартенситом, що утворюється нижче M_s . Кристали мартенситу деформації значно тонше, ніж кристали мартенситу охолодження і орієнтовані перпендикулярно напрямку тертя, що позитивно позначається на опірності зовнішнього впливу абразиву. Однак при цьому істотним фактором є рівень вмісту вуглецю в вихідному аустеніті. Дослідженнями проведеними в ЗНТУ було показано, що зі збільшенням вмісту вуглецю в аустеніті від 0,5 до 1,68%, мікротвердість поверхні тертя зростає від 9 до 12 ГПа, а зносостійкість в 10 разів (рис. 2.2).

Крім безпосереднього впливу на ступінь зміцнення мартенситу деформації, явище його утворення забезпечує релаксацію напружень в поверхні тертя.

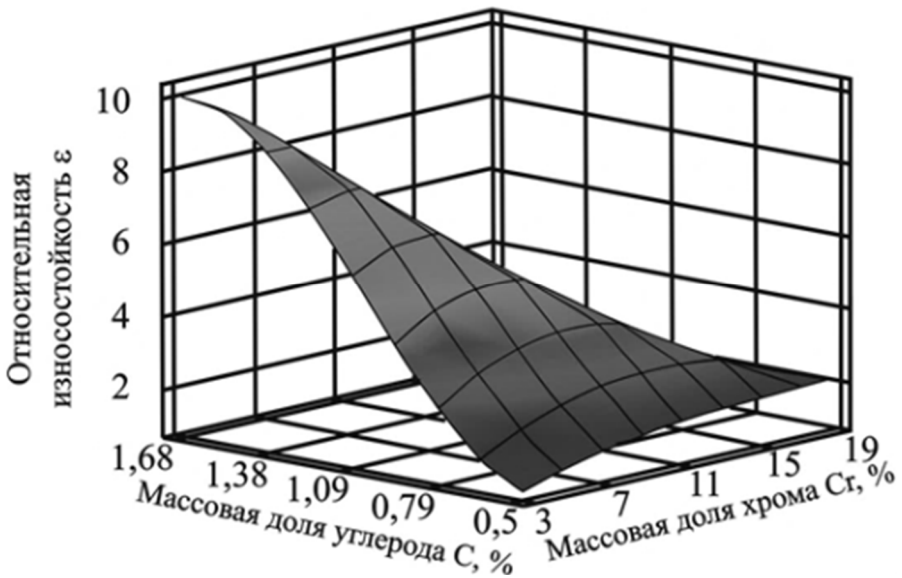
На мартенситні перетворення витрачається значна частина енергії, що передається абразивом поверхні, зношується яка що знижує частку енергії, що витрачається безпосередньо на руйнування поверхні. Утворення мартенситу в поверхневому шарі замість аустеніту, що має менший питомий об'єм, призводить до виникнення внутрішніх напружень стиску в поверхні тертя. На їх подолання при наступних циклах потрібні додаткові витрати енергії, завдяки чому на руйнування залишається менше енергії, що вноситься абразивом.

Основним фактором, що забезпечує високі ступінь самозміцнення поверхні тертя і зносостійкість, при інших рівних умовах, слід вважати високий вміст вуглецю в вихідному мартенситі.

Таким чином найбільш ефективним механізмом самозміцнення поверхні тертя в процесі безударного абразивного зношування є перетворення високовуглецевого метастабільного аустеніту в мартенсит деформації. Зі збільшенням вмісту вуглецю в аустеніті від 0,5 до 1,68%, мікротвердість поверхні тертя зростає від 9 до 12 ГПа, а зносостійкість до 10 разів.



а



б

Рисунок 2.2 - Вплив масової частки вуглецю і хрому на зміни мікротвердості (а) і зносостійкості (б) поверхні тертя

3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Назвіть механізми самозміцнення поверхні тертя в процесі механічного зношування.
2. Що представляють собою «білі шари»?
3. Який механізм підвищення твердості при механічному наклепі?
4. Назвіть найбільш відомий приклад ефективного використання явища механічного наклепу.
5. В чому суть принципу Богачева-Мінца?
6. Яка фізична причина ефекту утворення мартенситу вище температури M_n ?
7. Що означають точки M_n і M_d ?
8. Назвіть основні чинники, які пояснюють ефективність механізму підвищення зносостійкості завдяки перетворенню метастабільного аустеніту в мартенсит деформації.
9. Приведіть схему утворення мартенситу деформації, запропоновану Олсоном і Коеном?
10. Чим відрізняється мартенсит, що утворюється в результаті тертя, в порівнянні з мартенситом, отриманим в результаті звичайної зміцнюючої термообробки?
11. Яка основна вимога до хімічного складу метастабільного аустеніту?
12. За яким показником можна судити про рівень метастабільності аустеніту?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Наплавлені зразки зі структурою метастабільного аустеніту.
2. Стенд для випробувань на абразивне зношування.
3. Прилад ПМТ-3.
4. Мікроскоп NU-2.
5. Прилади для виміру твердості за Роквеллом та Віккерсом.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Використовувані при виконанні роботи прилади підключаються до мережі змінного струму напругою 220 В. Тому існує небезпека враження електричним струмом, а також травмування диском, що обертається верстата.

Щоб попередити виникнення подібних нещасних випадків, а також пошкодження апаратного забезпечення обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки.

1. Приступати до роботи після прослуховування інструктажу по техніці безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок.

2. Включати верстат і освітлювальний пристрій за дозволом викладача або лаборанта.

3. Виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням.

4. Переконавшись в надійності заземлення електродвигуна верстата, електроізоляції кабелю і проводів.

5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.

6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.

7. Працювати на верстаті в спецодезії з застібнутими манжетами.

8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про виниклі несправностей обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.

9. Виконувати роботу при наявності в лабораторії не менше двох осіб.

10. Після закінчення роботи вимкнути верстат і освітлювальний пристрій мікротвердоміра, привести в порядок робоче місце.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

6.1. Визначається твердість і мікротвердість поверхні зразків до зношування.

6.2 Проводиться зношування зразків.

6.3 Збираються продукти зношування.

6.4 Визначається твердість і мікротвердість поверхні зразків після зношування.

6.5 Проводиться аналіз форми і розмірів продуктів зношування.

6.6 Готується звіт.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи.
2. Характеристика матеріалу, який досліджується, його призначення.
3. Фото мікроструктур її опис (отримати у викладача) .
4. Опис структур наплавленого металу з вказівкою основних ознак структурних складових.
5. Результати випробувань занести в таблицю.
6. Висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Любарский И. М., Палатник Л. С. Металлофизика трения. – М.: Металлургия, 1976. – 176 с.
2. Костецкий Б. И., Носовский И. Г., Бершадский Л. И. Механизм нормального трения и износа при высоких температурах. – М.: Наука, 1973. – 220 с.
3. Филиппов М. А., Литвинов В. С., Немировский Ю. Р. Стали с метастабильным аустенитом. – М.: Металлургия, 1988. – 256 с.
4. Долговечность оборудования огнеупорного производства / Попов В. С., Брыков Н. Н., Дмитриченко Н. С., Приступа П. Г. – М.: Металлургия, 1978. – 232 с.
5. Богачев И. Н., Еголаев В. Ф. Структура и свойства железомарганцевых сплавов. – 1973. – 296 с.
6. Тененбаум М. М. Сопротивление абразивному изнашиванию. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.