

УДК 621.891

В. І. ДВОРУК

Національний авіаційний університет, Україна

АБРАЗИВНА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ З МАКРОСКОПІЧНИМИ ДЕФЕКТАМИ (Повідомлення 1)

Представлено результати експериментальних досліджень, спрямованих на доповнення та розвиток реолого-кінетичної концепції підвищення абразивної зносостійкості металів, що містять у собі макроскопічні дефекти різних видів: пори, межі зерен, неметалеві включення. Підтверджено доцільність вказаного підходу для керування впливом макродефектів на зносостійкість металів.

Ключові слова: абразивна зносостійкість, макроскопічний дефект, реолого-кінетична концепція, реологічний параметр.

Завдання дослідження. За здобутками у різних галузях науки і техніки ХХ століття є періодом найбухливішого прогресу в історії людства, що пов'язаний зі створенням складних машин, приладів та обладнання при постійному підвищенні вимог до їх якості та продуктивності роботи. Забезпечення цих вимог для сільськогосподарських, гірничих, видобувних, дорожніх, будівельних, транспортних машин тощо істотно обмежувалось недостатньою зносостійкістю трибомеханічних систем в умовах абразивного зношування. Тому абразивний знос та захист механічних трибосистем розглядався як одна з центральних науково – технічних проблем. Нагальна потреба її розв'язування дала імпульс активному вивченню абразивного зношування дослідниками практично усіх технічно розвинутих країн світу, в процесі якого сформувались спеціалізовані трибологічні школи, зокрема В.Д. Кузнєцова, М.М.Хрушова, І.В. Крагельського, Б.І. Костецкого, В.М. Кашеева, В.М. Виноградова, Г.М. Сорокіна, М.М. Тененбаума, І.Р. Клейсса, Л.І. Погодаєва, Ф. Робенна, В. Тонна, К. Велінгера, Ф.Боудена, Д. Аргарда, Е. Рабиновича, Б. Лоунса тощо.

В результаті їх копіткої та масштабної роботи створено сучасну теорію абразивної зносостійкості, на підґрунті якої розроблено ефективні, конструкторські, технологічні та експлуатаційні методи підвищення зносостійкості трибосистем.

Однак, незважаючи на значний прогрес, що досягнуто в науці про абразивну зносостійкість, багато питань теорії та практики забезпечення потрібного рівня зносостійкості до сьогодні залишаються не з'ясованими. На це, зокрема вказують дані [1] огляду друкованих видань США за останні роки, згідно яких у втратах матеріалу від зносу при експлуатації металевих деталей та конструкцій близько 50 % припадає на абразивний знос. Матеріальні витрати, що пов'язані з наслідками абразивного зносу у технічно розвинутих країнах світу знаходяться межах 1-4 % національного продукту. Отже проблема абразивного зносу та захисту механічних трибосистем не лише зберігає свою актуальність, але також гостро потребує нових підходів до її розв'язування.

Загальновизнаною фундаментальною закономірністю, яку було встановлено за результатами вивчення абразивного зношування є констатація міцнісного підґрунтя у природі абразивної зносостійкості [2-6 та ін.]. Опір руйнуванню металевих матеріалів при зношуванні визначається його здатністю протистояти силовій дії абразивних частинок. Дія кожної окремої частинки відбувається у два

основних етапи: занурення у поверхню і тангенціальне переміщення поверхнею. Перший етап розпочинається відразу після втрат несучої здатності поверхні, яка визначається міцністю на контурі контакту і закінчується зануренням частинки в метал на відповідну глибину. В результаті на поверхні утворюється лунка, яка початкує формування подряпини на другому етапі, при переміщенні зануреної частинки поверхнею. Під час дряпання напружено – деформований стан на контакті, порівнянню із зануренням істотно ускладнюється. Однак, якщо занурення частинки на першому етапі не відбулося то при подальшому її тангенціальному переміщенні подряпина на поверхні ураз не виникає.

Джерелом наукових знань в області абразивної зносостійкості та руйнування металевих поверхонь абразивом до сьогодні залишається класична механіка, що ґрунтується на постулатах однорідного пружно – пластичного твердого тіла без урахування його внутрішньої структури. На такому підґрунті втрата несучої здатності поверхні під тиском абразивної частинки відбувається внаслідок досягнення тиску текучості на контурі контакту абразивної частинки з поверхнею. Руйнування металу при подальшому дряпанні в цьому випадку вважається в'язким, а опір дряпанню так саме пропорційним тиску текучості. Виходячи з того, що занурення та дряпання частинки є обов'язковими етапами механізму зношування, тиск текучості у складному напруженому етапі одночасно буде також критерієм абразивної зносостійкості. Щодо питання про фізико – механічну характеристику металу яку слід прийняти як тиск текучості існують різні точки зору [7], але частіше за інші пропонується твердість [2] або границя міцності [5].

З появою теорії дефектів кристалічної будови металів стало очевидним, що в абразивній зносостійкості, окрім механіки руйнування, вельми важливою є роль фізики руйнування, у якій абразивне зношування розглядається з урахуванням реальної структури металу.

Дефекти кристалічної будови, фазові складові, ділянки з великими внутрішніми напруженнями тощо – це джерела збурень в однорідності структури металу, що спричиняють його окрихчення. Тому, абразивне руйнування, ймовірніше за все, буде крихким у технічному сенсі і квазікрихким за фізичною класифікацією. Як показує практичний досвід отримання структурно однорідного металевого матеріалу є завданням, що не має розв'язку. Отже, в реальних умовах зустрічається, головним чином, квазікрихкий вид руйнування і порушення несучої здатності поверхні при дії на неї абразиву. Для оцінки впливу фактора структурної неоднорідності на абразивну зносостійкість до сьогодні застосовували правило адитивності [2], яке іноді називають правилом суміші. Згідно цього правила зносостійкість структурно – неоднорідного металу дорівнює сумі добутків зносостійкості кожного зі структурних елементів на його відносну об'ємну кількість. Однак результати експериментальної перевірки показали, що у тих випадках, коли відбуваються зміни структури в процесі тертя, нагрівання, шаржування абразивом тощо правило адитивності зносостійкості не може бути застосоване. Оскільки за теоретичними уявленнями [2] критерієм зносостійкості розглядається твердість, на особливу увагу заслуговує факт неадекватності правила адитивності металів. Тому точне завчасне формулювання порядку побудови діаграми «абразивна зносостійкість (ϵ) – твердість (HV)» практично неможливе, а твердість не завжди може бути критерієм зносостійкості. Ураховуючи обмежені можливості та суперечливий характер сучасної теорії абразивної зносостійкості, запропоновано [8] її нову концепцію, в основу якої покладено реолого – кінети-

чний підхід до фундаментального питання про зв'язок між процесами деформування та руйнування. Суть цього підходу полягає в уявленнях про одночасне співіснування в поверхневому шарі зношуваного металу двох процесів – деформування та руйнування, зв'язок між якими ґрунтується на реології пружно – в'язко – пластичних процесів і уявленнях про руйнування, як кінетичному процесі. Тиском текучості, при цьому, може бути реологічний параметр $R = \frac{K_{IC}}{\sqrt{h_n}}$,

де K_{IC} – в'язкість руйнування, h_n – товщина пластично деформованого шару металу. З позиції реолого – кінетичної концепції сучасна теорія абразивної зносостійкості розглядається як її граничний випадок за умови відповідності металу постулатам класичної механіки. В результаті проведених досліджень встановлено, що зносостійкість знаходиться у тісному корелятивному зв'язку з реологічним параметром різних металевих матеріалів – легованих сталей, легованих білих чавунів, макрогетерофазних композитів, композиційних евтектичних сплавів, що містять у собі велику кількість різних структурних неоднорідностей. Розрахунковою моделлю реального сплаву, при цьому, прийнято непружний континуум, реологічні властивості якого визначались наявністю в цьому поверхневих вертикальних клиноподібних тріщин. Корелятивний зв'язок між процесами руйнування та деформування, що був встановлений дав підстави для ряду фундаментальних висновків, зокрема, щодо, взаємної залежності та перетворення різних видів структурних неоднорідностей при абразивному зношуванні.

Так, наприклад сукупність вакансій може перетворитись на дислокацію а сукупність дислокацій – на тріщину тощо. Отже, абразивну зносостійкість доцільно розглядати з точки зору взаємодії структурних складових металу.

Відомі на сьогодні дані з цього питання не охоплюють усієї множини джерел збурень в однорідності структури металу. Тому вони не дозволяють повною мірою оцінити універсальність реолого – кінетичного підходу до зносостійкості. У зв'язку з цим одним з актуальних напрямків розвитку останньої є подальше всебічне вивчення вказаного питання.

Серед джерел структурної неоднорідності провідне місце займають дефекти металів – різного роду порушення їх регулярної кристалічної будови, що виникають при виготовленні та експлуатації трибосистем і чинять істотний вплив на їх працездатність. За своїми розмірами дефекти поділяють на субмікро– мікро – та макродефекти. Причиною виникнення вказаних дефектів упродовження матеріалу (дефекти упродовження), віднімання матеріалу (дефекти віднімання) або утворення внутрішніх та зовнішніх поверхонь (просторові дефекти). Аналіз вітчизняних та закордонних інформаційних джерел показав, що вивченню впливу субмікро – та мікродефектів на формування абразивної зносостійкості приділено набагато більше уваги, ніж макродефектів – порушень регулярної кристалічної структури металів, мінімальний розмір яких перевищує 1 мм. Однак небагато числені дані з цього питання [2] свідчать про те, що наявність макродефектів грає дуже важливу роль у формуванні абразивної зносостійкості. У зв'язку з цим завдання даної роботи – подальше вивчення впливу різних макроскопічних дефектів – пор, меж зерен, неметалевих включень на абразивну зносостійкість металевих матеріалів та оцінка доцільності керування цим впливом із залученням реолого-кінетичної концепції.

Методичне забезпечення дослідження. Поставлене завдання вишарувалось на таких металевих матеріалах:

- металокераміка із залізного порошку з різним ступенем поруватості;
- технічне залізо з різним розміром феритного зерна;
- сталь 40X з різним розміром дійсного аустенітного зерна;
- сталь ШХ 15 з різним вмістом неметалевих включень (оксиди, сульфід, силікати тощо).

Для проведення оцінки впливу ступеня поруватості на зносостійкість та реологічні властивості металокераміки зразки виготовлялись шляхом механічної обробки заготовок, що спресовані з порошку заліза; розмір частинок порошку 40-45 мкм. Заготовки пресувались за температури кристалізації заліза, тому явище наклепу металю виключалось.

Для визначення характеру впливу розміру феритного зерна на зносостійкість та реологічні властивості технічного заліза величина зерна змінювалась зо допомогою різної термічної обробки – температури та тривалості відпалу (табл. 1).

Таблиця 1

Розмір феритного зерна технічного заліза

Температура відпалу, К	Тривалість витримання, год	Розмір феритного зерна, мкм
1190	2	282
1320	6	345
1470	8	400

Для визначення характеру впливу розміру дійсного аустенітного зерна на зносостійкість та реологічні властивості сталі 40X його величина також змінювалась шляхом відповідної термічної обробки, яка містила у собі гартування в оливі від трьох різних температур – рекомендованої (1153 К), після перегріву за 1323 К та після перегріву за 1493 К. Перегріти при аустенізації зразки охолоджували разом з піччю до рекомендованої температури гартування і витримували за цієї температури протягом 30 хв. Після гартування зразки нагрівались до 913 К і відпускались протягом 2 год. Зростання дійсного аустенітного зерна від 9 до 217 мкм забезпечувалось підвищенням температури аустенізації від 1153 К до 1493 К (табл. 2)

Таблиця 2

Розмір аустенітного зерна сталі 40X

Температура аустенізації, К	Режим відпуску	Розмір дійсного аустенітного зерна, мкм
1153	913К, 2 год	9
1243	-//-/-	40
1493	-//-/-	217

Для проведення оцінки впливу неметалевих включень на абразивну зносостійкість та реологічні властивості сталі ШХ15 зразки виготовлялись шляхом механічної обробки заготовок, що виплавлені різними способами: у відкритій дуговій печі, електрошлаковим переплавом, подвійним дуговим вакуумним переплавом. Мірою вмісту неметалевих включень у сталі, при цьому, обрали її густину: чим менша густина, тим більше вміст включень.

Випробування на абразивне зношування та вимірювання реологічних характеристик металів – в'язкості руйнування, розміру пластичної зони проводились з

використанням методичних підходів, що застосовані у праці [7]. Знос зразків визначали методом зважування на електронних аналітичних терезах «Надета» з ціною поділки 0,001 г.

Триботехнічним випробуванням передували випробування зразків на твердість за методом Віккерса при навантаженні на індектор $N = 100$ Н. Результати всіх експериментальних вимірювань піддавали математичній обробці.

Експериментальна та аналітична частина дослідження. Дані про зміну властивостей досліджуваних металевих матеріалів під впливом макроскопічних дефектів будови різного типу представлені в табл. 3. На рис. 1-3 показані залежності абразивної зносостійкості ϵ твердості HV та реологічного параметру R від кількісних характеристик структурних неоднорідностей. Звідки видно що зі збільшенням поруватості (рис. 1), та вмісту неметалевих вкраплень (рис. 4) спостерігається зниження зносостійкості металів в той час як зі збільшенням розміру феритного і аустенітного зерна (рис. 2, 3) – зносостійкість залишається незмінною. Якщо вказані закономірності співставити з відповідними закономірностями твердості та реологічного параметру (рис. 1-4) дійдемо висновку про існування тісного корелятивного зв'язку зносостійкості з реологічним параметром для усіх досліджених типів макроскопічних дефектів в металах, тоді як зв'язок між зносостійкістю та твердістю спостерігається лише для поруватості та розміру аустенітного зерна (рис. 1, 3).

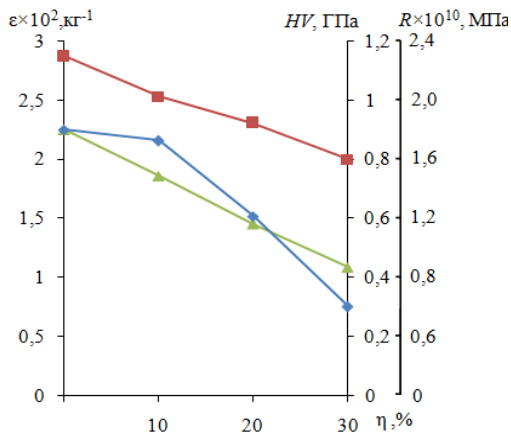


Рис. 1. Залежність зносостійкості ϵ твердості HV та реологічного параметру R від ступеня поруватості η металокераміки заліза

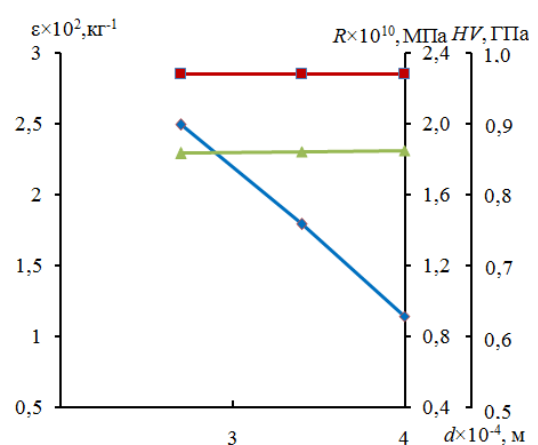


Рис. 2. Залежність зносостійкості ϵ твердості HV та реологічного параметру R від розміру феритного зерна d технічного заліза

При збільшенні розміру феритного зерна (рис. 2) та вмісту неметалевих вкраплень (рис. 4) такого зв'язку не встановлено. Отримані результати дають підстави констатувати таке: для металевих матеріалів, у яких джерелами збурень в однорідності структури є досліджені макродефекти будови з абразивною зносостійкістю пов'язана не твердість HV , а реологічний параметр R .

Числові значення реологічного параметру R , а також його складових – в'язкості руйнування K_{IC} і товщина деформованого шару h_n можна спостерігати за даними табл. 3.

Видно, що вплив типу макродефекту на величину реологічного параметру R

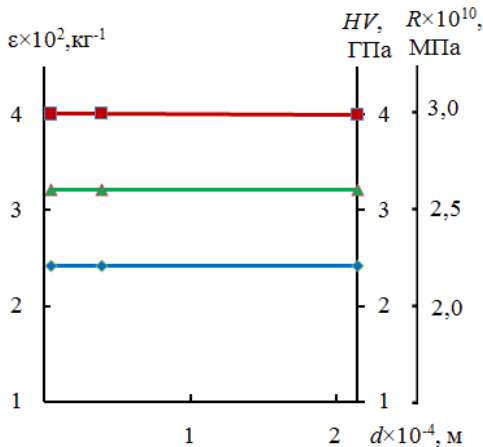


Рис. 3. Залежність зносостійкості ϵ твердості HV та реологічного параметру R від дійсного розміру аустенітного зерна сталі 40XH

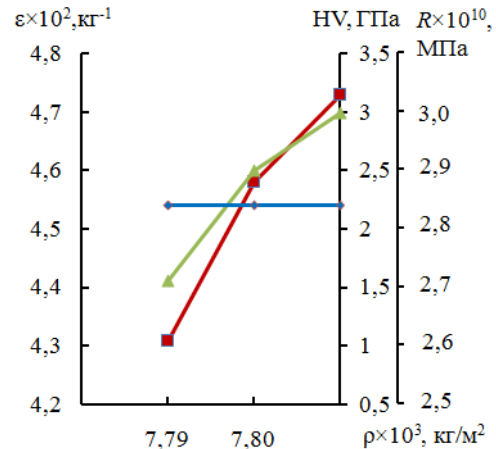


Рис. 4. Залежність зносостійкості ϵ твердості HV та реологічного параметру R від густини сталі ШХ15

практично в усіх випадках зумовлений несимбатною і лише для розміру аустенітного зерна - симбатною зміною його складових K_{IC} і h_n . Однак пояснити отримані закономірності реологічного параметру R , виходячи лише з абсолютних значень в'язкості руйнування K_{IC} і товщини деформованого шару h_n , вдається не завжди. У таких випадках, згідно рекомендацій роботи [7], при аналізі закономірностей необхідно урахувувати зміни відносних показників – в'язкості руйнування

$\alpha = \frac{K_{IC\alpha-Fe}}{K_{ICснм}}$, де $K_{IC\alpha-Fe}$ – в'язкість руйнування суцільного технічного заліза у відпаленому стані, $K_{ICснм}$ – в'язкість руйнування структурного неоднорідного матеріалу, а також відносного товщини деформованого шару $B = \frac{h_{n\alpha-Fe}}{h_{нснм}}$ - де

$h_{n\alpha-Fe}$ – товщина деформованого шару суцільного технічного заліза відпаленому стані, $h_{нснм}$ – товщина деформованого шару структурно неоднорідного матеріалу. Результати розрахунку α і β наведені в табл. 4.

З даних табл. 3 випливає, що збільшення поруватості металу призводить до зниження K_{IC} і підвищення h_n . Причому K_{IC} знижується швидше ніж підвищується h_n , оскільки $\alpha > \beta$ (табл. 4). За такого співвідношення змін складових величина реологічного параметру R знижується. Це свідчить про спад опору виникненню та розвитку бокових тріщин на межі пластичної зони, внаслідок чого зносостійкість металу зменшується. Для таких однофазних металевих матеріалів як технічне залізо важливим структурним фактором є розмір феритного зерна. Цей фактор чинить істотний вплив на механічні та реологічні властивості металу. Так, за даними табл. 3 збільшення розміру феритного зерна d призводить до суттєвого зниження механічних характеристик (σ_b та HV) в той час як реологічні характеристики (K_{IC} та h_n) підвищуються. На відміну від поруватості, зміни відносних реологічних властивостей у даному випадку відбуваються у напрямку їх симбатного зниження з практично однаковою швидкістю $\alpha \approx \beta$. В результаті величина реологічного параметру R , залишається незмінною (табл. 2), отже незмінними будуть опір виникненню та розвитку бокових тріщин на межі пластичної зони і

Таблиця 3

**Механічні, реологічні та триботехнічні властивості
структурно-неоднорідних металевих матеріалів**

Метале- вий матері- ал	Тип і кількі- сна характери- стика структурної неоднорі- дності	Механічні властивості		Реологічні властивості			Трибо- логічні власти- вості
		Границя міц- ності σ_b , МПа	Твердість HV , ГПа	В'язкість руй- нування $\sqrt{n}$ K_{IC} , МПа	Товщина де- формованого шару $h_n \times 10^{-6}$, n	Реологічний параметр $R \times 10^{10}$, МПа	Закономір- ність $\epsilon \times 10^{-2}$, кг
Металокераміка на основі порошку заліза	Поруватість η , %						
	0	207	0,9	28,92	25,9	1,79	2,86
	10	200	0,67	23,66	25,7	1,48	2,56
	20	140	0,61	19,17	27,3	1,16	2,31
	30	70	0,3	15,21	32,6	0,845	2
	40	40	0,17	12,7	34,6	0,682	1,75
Технічне залізо	Розмір феритного зерна d , мкм						
	285						
	345	207	0,9	28,92	25,9	1,79	2,82
	400	175	0,76	31	29,6	1,79	2,82
Сталь 40X	Розмір дійсного аустенітного зерна d , мкм						
	9						
	40	890	2,4	14,13	0,29	2,62	4
	217	890	2,4	14,13	0,29	2,62	4
Сталь ШХ15	Густина ρ , $\frac{кг}{м^3}$						
	ДП 7790	600	2,2	16,95	0,388	2,72	4,31
	ЕШП 7800	600	2,2	16,97	0,342	2,9	4,56
	ПДОП 7806	600	2,2	16,97	0,32	3	4,73

відповідно зносостійкість технічного заліза. Необхідно відмітити, що незалежність опору абразивному зношуванню від розміру феритного зерна технічного заліза раніше відмічалась у праці К. В. Савицького [10], однак належного пояснення цей факт не отримав. Такий збіг експериментальних результатів свідчить про їх закономірний характер.

Деяко інша закономірність спостерігається при збільшенні розміру дійсного аустенітного зерна у сталі 40X. В цьому випадку механічні (σ_b та HV) та реологічні (K_{IC} та h_n) характеристики залишаються незмінними (табл. 3). Тому незмінним є реологічний параметр, а отже, зносостійкість. Оскільки $\alpha < \beta$, то величина реологічного параметру визначається і контролюється фактором локалізації деформації.

Таблиця 4

**Вплив структурної неоднорідності на відносні реологічні властивості
неметалевих матеріалів**

Металевий матеріал	Тип структурної неоднорідності та її кількісна характеристика	α	β
Металокераміка на основі порошку заліза	Поруватість η , %:		
	0	1	1
	10	1,22	1
	20	1,5	0,95
	30	1,9	0,79
Технічне залізо	40	2,26	0,75
	Розмір феритного зерна, α , мкн:		
	285	1	1
	345	0,93	0,87
Сталь 40X	400	0,62	0,67
	Розмір дійсного аустенітного зерна d , мкн:		
	9	2,04	8,93
	40	2,04	8,93
Сталь ШХ15	217	2,04	8,93
	Густина ρ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		
	7790	1,71	6,67
	7800	1,71	7,57
	7806	1,71	8,09

При збільшенні вмісту неметалевих вкраплень механічні характеристики (σ_v та HV) сталі ШХ15 залишаються незмінними. Незмінною є також в'язкість руйнування K_{IC} в той час, як товщина деформованого шару h_n поступово зменшується, причому $\alpha < \beta$. Отже, контролюючим фактором реологічного параметру є локалізація деформації. Збільшення вмісту неметалевих вкраплень супроводжується делокалізацією деформації внаслідок чого реологічний параметр і пов'язана з ним зносостійкість знижується. Таким чином, оцінку абразивної зносостійкості металевих матеріалів, що містять у собі макродефекти будови, зокрема, пори, неметалеві вкраплення, межі зерен доцільно проводити із залученням реолого-кінетичної концепції підвищення зносостійкості.

Висновки. За результатами, отриманими у даному дослідженні можна зробити такі висновки:

1. У залежності від типу макроскопічного дефекту будови його вплив на зносостійкість підлягає неоднаковим закономірностям: зі збільшенням поруватості та вмісту неметалевих вкраплень зносостійкість знижується, а розміру аустенітного та феритного зерна – залишається сталою.

2. Для усіх досліджених типів макроскопічних дефектів будови встановлено прямий корелятивний зв'язок між зносостійкістю та реологічним параметром, в той час як зв'язок між зносостійкістю та твердістю спостерігався лише для поруватості та дійсного розміру аустенітного зерна.

3. Вплив типу макроскопічного дефекту на реологічний параметр в усіх випадках, окрім розміру аустенітного зерна, зумовлений несимбатною зміною його складових - в'язкості руйнування і товщини деформованого шару.

4. При аналізі закономірностей реологічного параметру необхідно урахувати не лише абсолютні значення в'язкості руйнування і товщини деформованого шару, але також відповідні відносні показники α і β .

5. Оцінку абразивної зносостійкості металевих матеріалів, що містять у собі макродефекти будови, зокрема, пари, неметалеві вкраплення, межі зерен доцільно проводити із залученням реолого-кінетичної концепції.

Список літератури

1. Шейнман Е.Л. Абразивный износ. Обзор американской печати // Трение износ. – 2005. – т.26, № 1 – С.100 – 111.
2. Исследование изнашивания металлов: (Монография) / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: АН СССР, 1960. – 351с. или табл. – Библиограф.: с. 242 – 247.
3. Кашеев В.Н. Абразивное разрушение твердых тел. / М.: Наука, 1970. – 247с. Библиограф.: с. 237 – 245.
4. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию / М.: Машиностроение, 1976. – 270с. – Библиограф.: с. 263 – 266.
5. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин, М.Г. Колокольников. М.: Машиностроение, 1990. – 224с. : или табл. – Библиограф. – С. 217 – 219.
6. Брыков М.Н. Основы теории износостойкости железоуглеродистых сплавов при абразивном изнашивании // Проблемы трибологии (Problems of Tribology). – 2007. № 2. – С. 46 – 56.
7. Дворук В.І. Вплив структурного стану на абразивне руйнування сталі / В.І. Дворук, О.В. Герасимова // Проблеми тертя та зношування: Зб. наук. праць. – К., 2007. – Вип. 47. – С.82 – 94.
8. Дворук В.І. Трибофізика: підручник. / В.І. Дворук, В.А. Войтов. - [б.в]. – 2014. – 374с.
9. Брыков М.М. Закономірності опірності абразивному зношуванню залізовуглецевих сталей та сплавів. Автореф. дис. канд.техн.наук / ЗДТУ – Запоріжжя, 1998. – 21с.
10. Савицький К.В. Влияние величины зерна на абразивный износ железа // Труды Сиб. физ. – технич. ин – та. Сб. научн. трудов. – Томск, 1949. – Вып. 28. – С. 32 – 46.

*V. I. DVORUK***ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF METALIC MATERIALS WITH MACROSCOPIC DEFECTS****(Message 1)**

The experimental research aimed at deepening and development reology-kinetic concept of improving abrasive wear resistance of metals that include and macroscopic defects of various kinds: pores, grain boundaries, non-metallic inclusions. Established that depending on the type of macroscopic defect its impact on the durability varies, with increasing porosity and non-metallic inclusions content durability and reduced size of austenitic and ferritic grain grain - remains constant. For all studied types of macroscopic defects direct link between durability and rheological parameters, while the relationship between hardness and wear resistance was observed only for the actual size and porosity austenitic grain. The influence of the type of macroscopic defects on rheological parameters in all cases except for the actual size of the austenitic grain nonsymbatny due to a change in its components - fracture toughness and thickness of the plastically deformed layer. In the analysis of patterns of rheological parameters necessary to consider not only the absolute values of fracture toughness and thickness plastically deformed layer, but also their relative performance. Confirmed feasibility specified approach to control for the influence of macroscopic defects on durability of metal.

Keywords: abrasive wear resistance, macroscopic defects reoloho-kinetic concept, rheological parameters.

Дворук Володимир Іванович – д-р техн. наук, професор кафедри теоретичної та прикладної фізики, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 79 33, E-mail: vidvoruk@gmail.com.