

ного зливка. Дану технологію найбільш доцільно використовувати для умов дрібносерійного виробництва, в якому є постійна потреба в невеликій кількості титанових заготовок.

Література:

1. Рябцев И.А., Кусков Ю.М., Кузьменко О.Г., Лентюгов И.П. Переработка металлоотходов с использованием электрошлаковых технологий // Вестник машиностроения. – 2003. – № 11. – С. 76 – 80.
2. Еремин Е.Н. Применение электрошлакового переплава для регенерации отходов жаропрочных сплавов // Современная электрометаллургия. – 2005. – №2. – С. 23 – 27.
3. Ткачук М.Д., Ташлыков Н.Н., Бойко Г.А., Саранчук В.В. ЭШП изношенного инструмента // Электрошлаковая технология: сб. статей посвящ. 30-летию электрошлаковому переплаву. – Киев: Наукова думка, 1988. – С. 50 – 54.
4. Кусков Ю.М., Безкоровайный В.И., Ус В.И. Безэлектродная технология электрошлакового переплава медных отходов // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1992. – № 3. – С. 29 – 32.
5. Ключев М.М., Каблуновский, Д.Ф. Metallurgy электрошлакового переплава. – Москва: Metallurgy, 1969.

**Осіпов М.Ю., Капустян О.Є., Бриков М.М.,**

**Куликовський Р.А., Акрітова Т.О.**

**(НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя)**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВОЇ СТАЛІ ПХ12Ф1**

**E-mail: mosipov61@ukr.net**

Відомо [1], що використання в умовах абразивного зношування сплавів, що містять у своїй структурі метастабільний аустеніт, що зазнає в процесі впливу абразивних частинок деформаційні  $\gamma \rightarrow \alpha$  – перетворення, дуже перспективно. Мар-

тенсит (мартенсит деформації), що утворюється під дією прикладених ззовні навантажень і напружень, що виникають, відрізняється від мартенситу гартування підвищеною (до 12,5 ГПа) мікротвердістю. Встановлено [2, 3], що такі мартенситні перетворення, що відбуваються в поверхневому шарі в процесі зношування, призводять до підвищення зносостійкості деталі.

Однак використання цього напрямку в литих кованих сталях обмежено певним діапазоном легування: збільшення кількості легувальних елементів для отримання бажаного об'єму карбідної фази погіршує властивості метастабільної матриці. Тому, безсумнівний інтерес представляють методи порошкової металургії, які дозволяють механічно насичувати оптимальну матрицю матеріалу будь-якими твердими вкрапленнями (карбідами, боридами та ін.).

Завдання даної роботи – порівняльні дослідження структури та властивостей порошкових хромистих сталей, отриманих з розпорошених порошоків та литих кованих сталей аналогічного хімічного складу.

Попередні дослідження показали, що основним недоліком матеріалів, синтезованих з порошоків заліза і карбіду  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , є неоднорідність структури сталі у термообробленому стані, що не дозволяє ефективно використовувати деформаційне зміцнення поверхні тертя матеріалу для підвищення його опірності зношуванню [4]. Тому подальші дослідження проводили на зразках порошкової сталі ПХ12Ф1, отриманої способом гарячого ізостатичного пресування розпиленого порошку наступного складу: 1,4% С, 11,7% Cr, 0,9% V і стандартної інструментальної литої кованої сталі Х12Ф1. Пресування порошоків проводилося в газостаті типу Quintus за технологією УкрНДІСпецСталь. Після пресування контейнерів з порошковим матеріалом електроерозійним способом вирізалися зразки для досліджень. Нагрівання під загартування здійснювали в розплаві  $\text{BaCl}_2$ , охолодження в масло.

Твердість матеріалів визначали на твердомірі ТК-2 за зусилля навантаження 1500 Н, мікротвердість – на приладі ПМТ-3 за 0,5 Н. Похибка вимірювань не перевищувала  $\pm 10\%$ .

Фазовий аналіз робочої поверхні зразків до та після зношування проводили

на дифрактометрі ДРОН-3 у кобальтовому випромінюванні за стандартними методиками. Кількість мартенситу деформації визначали як різницю між кількістю залишкового аустеніту у структурі до та після зношування.

Зміну ступеня зміцнення по глибині робочого шару оцінювали за мікротвердістю, визначеною на косих шліфах.

Випробування на опір зношуванню проводили на лабораторній установці стовпом стиснутої абразивної маси (вогнетривкого шамоту). Як зразок для визначення відносної зносостійкості використовували зразок литої сталі марки Ст3.

Металографічні дослідження показали, що закономірності структуроутворення при термічній обробці порошкової та литої кованої сталей практично повністю збігаються (рис. 1).

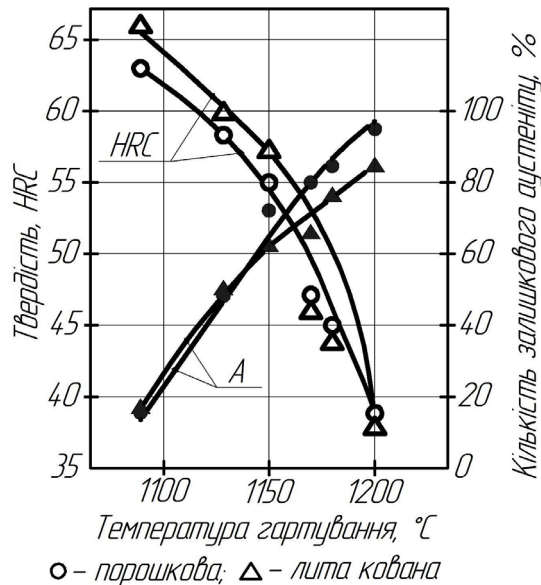


Рис. 1. Зміна твердості та кількості залишкового аустеніту в литій кований та порошковій сталях складу X12Ф1 залежно від температури гартування

В результаті випробувань на абразивне зношування порошкових сталей (абразив – шамот) було виявлено перебіг деформаційних фазових  $\gamma \rightarrow \alpha$  – перетворень на поверхні тертя (табл. 1).

Утворення мартенситу деформації у поверхневому шарі супроводжувалося підвищенням мікротвердості поверхні тертя та збільшенням зносостійкості сталей.

Таблиця 1 – Температура гартування, фазовий склад основи, мікротвердість поверхні тертя та зносостійкість порошкової хромистої сталі ПХ12Ф1

Температура гартування, °С	Кількість залишкового аустеніту, %		Мікротвердість поверхні тертя після зношування, ГПа	Відносна зносостійкість
	до зношування	після зношування		
1200	95	22	12,4	28
1180	84	17	12,5	40
1170	80	15	12,5	39
1150	72	12	12,4	28
1130	49	8	12,2	34
1070	16	3	11,3	17

Рівень зносостійкості порошкової сталі відповідає рівню литої кованої сталі Х12Ф1 аналогічного хімічного складу (рис. 2). Зміна температури гартування порошкової сталі ПХ12Ф1 призводить до зміни легованості матриці, зміни співвідношення її структурних складових і, як наслідок, зміни зносостійкості сталі.

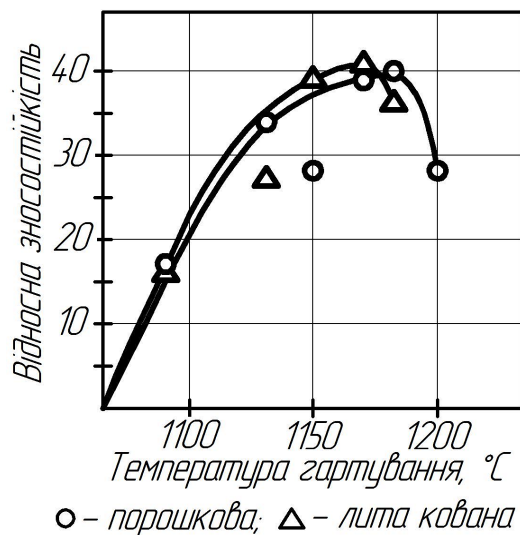


Рис. 2. Зміна зносостійкості порошкової та литої кованої сталей складу Х12Ф1 залежно від температури гартування

Дослідження процесів структуроутворення при зношуванні за глибиною зразка – від поверхні тертя до серцевини матеріалу, також підтвердили ідентичність перебігу закономірностей структуроутворення у порошковому та литому

матеріалах (рис. 3). Зниження кількості мартенситу деформації при віддаленні від поверхні тертя вглиб металу пов'язане зі зменшенням ступеня впливу наслідків пружно-пластичної деформації, що здійснюється абразивом при зношуванні поверхні металу.

Таким чином, дослідження структури та властивостей порошкових хромистих сталей, отриманих з розпорошених порошків, показали, що процеси структуроутворення збігаються з основними закономірностями литих сталей. Встановлено, що залишковий аустеніт порошкових хромистих сталей має здатність до деформаційних фазових перетворень у процесі зношування, результатом яких є підвищення мікротвердості поверхні тертя до 12,5 ГПа і, як наслідок, зростання опірності абразивному зношуванню. Характер зміни інтенсивності фазових перетворень і мікротвердості за глибиною зміцненого шару порошкових сталей, одержуваних з розпорошеного порошку, ідентичний закономірностям, що спостерігаються для литих сталей аналогічного хімічного складу. Тому, у подальших дослідженнях розробки нових карбідосталей як їх основи (зв'язки) перспективне використання розпиленних порошків хромистих сталей.

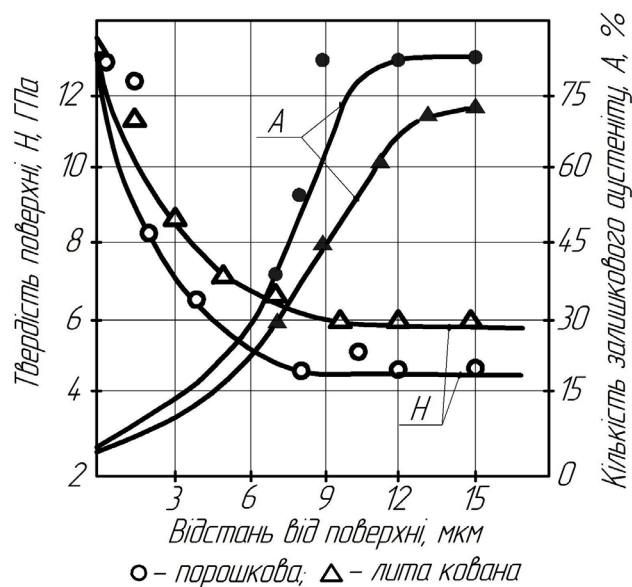


Рис. 3. Зміна кількості залишкового аустеніту та мікротвердості за глибиною зміцненого шару в порошковій та литій сталях складу X12Ф1

Література:

1. Андрущенко М.И. Сравнительный анализ способности к упрочнению и износостойкости в условиях абразивного изнашивания сталей системы Fe-C-Cr в зависимости от способов управления структурным состоянием / М.И. Андрущенко, Р.А. Куликовский, М.Н. Брыков // *Металлы и литье Украины*. – К.: 2006. – №6. – С. 42-46.
2. Попов В.С. Долговечность оборудования огнеупорного производства / В.С. Попов, Н.Н. Брыков, Н.С. Дмитриченко, П.Г. Приступа. – М.: *Металлургия*, 1978. – 232 с.
3. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. В.С. Попова. – Запорожье: Изд-во ОАО "Мотор Сич", 2000. – 394 с.
4. Осіпов М.Ю., Капустян О.Є., Бриков М.М., Акритова Т.О.. Дослідження структури і властивостей залізохромвуглецевої сталі-зв'язки порошкових карбідосталей / Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 14-16 квітня 2021 р. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – С. 34–35.

**Подольський Р.В., Сафронова О.А., Меркулов О.Є., Кононенко Г.А.**

*(Інститут чорної металургії НАН України)*

**АНАЛІЗ ВИМОГ ІСНЮЮЧОЇ ВІТЧИЗНЯНОЇ І СВІТОВОЇ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДО ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК**

В Україні залізничні рейки виготовляються відповідно до вимог ДСТУ 4344:2004 «Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови». Основними підприємствами, що виробляють рейки, є ПАТ «ММК «Азов-сталь», ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат».