

НА ЗЕМЕТКУ МЕТАЛЛУРГУ

УДК 621.785.52

**ВИВЧЕННЯ ЯВИЩА СПАДКОВОСТІ
ПРИ ТРАНСФОРМАЦІЇ СТРУКТУРИ В СТАЛЯХ**

Носонова Любов В'ячеславівна, завідувач лабораторії
кафедри Технології конструкційних матеріалів, Сумський державний університет
Контактний тел.: 8 (050) 617-09-42
E-mail: info@pmtkm.sumdu.edu.ua

Ніконов Олексій Сергійович, кандидат технічних наук, інженер
консультант ТОВ «Секо Тулз Україна ЛТД»

Кондратюк Станіслав Євгенович, доктор технічних наук, професор,
завідувач відділом лиття та структуроутворення сталі,
Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України

В даній статті розглянуті сучасні наукові уявлення про явище спадковості в металах і сплавах, різновиди спадковості, механізм цього явища на різних стадіях виготовлення деталей і його вплив на фізико-механічні та експлуатаційні властивості готових металевих виробів.

Ключові слова: спадковість, властивості, технологічні операції, структура.

В данной статье рассмотрены современные научные представления о явлении наследственности в металлах и сплавах, разновидности наследственности, механизм этого явления на разных стадиях изготовления деталей и её влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства готовых изделий.

Ключевые слова: наследственность, свойства, технологические операции, структура.

This article describes the contemporary scientific understanding of the phenomenon of heredity in metals and alloys, of heredity, the mechanism of this phenomenon at various stages of manufacture of parts and its influence on the physicomechanical and performance properties of finished parts.

Keywords: heredity, properties, technological operations, structure.

Вступ

Успіхи машинобудування, будівництва та інших галузей промисловості значною мірою зумовлюються досягненнями в області металургійного виробництва. Збільшення міцності у поєднанні з достатньою пластичністю металів і сплавів дозволяють зменшити масу виробів, а отже, і вартість споруд і машин при їх експлуатації та, у багатьох випадках, при їх виготовленні. Тому науковці та інженери постійно прагнуть поліпшити механічні характеристики металів і сплавів металу, як в стані заготовки, так і після подальшої обробки.

Для вирішення цієї задачі слід керуватися новітньою концепцією про створення «інтелек-

туальних» матеріалів, згідно якої матеріал розглядається не тільки як речовина з заданим хімічним складом, а як інтегральне поняття, що об'єднує в собі речовину, конструкцію виробу та технологію його виробництва та обробки [1]. Це дозволяє різко підвищити економічний ефект від застосування нових технологій та матеріалів. При такому підході до створення нових виробів потрібний рівень їх фізико-механічних властивостей досягається не тільки відповідним хімічним складом та структурою його матеріалу, а також враховуючи процеси наслідування (спадковості) після кожного переділу металу (тобто після кристалізації виливків, структуроутворення після процесів деформації чи термічної або хіміко-термічної обробки).

1. Історичні відомості про явище спадковості металів та сплавів

Таким чином впровадження нових технологій пов'язано з використанням явища спадковості в металевих матеріалах, яке почали широко вивчати лише на початку ХХ-го століття. Під спадковістю металів і сплавів розуміють збереження в них певних особливостей будови, структури або властивостей вихідного матеріалу після дії різних технологічних впливів, які зумовлюють відповідні фазові або структурні перетворення.

Слід відзначити, що термін «спадковість» в науці про метали використовувався задовго до початку ХХ-го століття. Давно було відзначено факт впливу характеристик вихідної шихти на якість металевих виробів. Тому спочатку спадковість розглядали як зв'язок між характеристиками шихти і властивостями розплаву та готових литих виробів. Але з середини минулого століття дослідження з даної проблеми ведуться у двох напрямках:

1) дослідження процесу закладення, передачі та прояву спадковості в системі «шихта → розплав → виливок» та впливу будови розплавів на структуру та властивості литих виробів;

2) вивчення явища спадковості при фазових або структурних перетвореннях, тобто без переводу в рідкий стан та наступної кристалізації металевих виробів.

Слід відзначити, що дослідження спадковості металів пов'язані з розплавленням і кристалізацією носили не системний характер і були направлені на вирішення якоїсь вузької задачі стосовно однієї групи промислових марок сплавів, причому враховувалась обмежена кількість факторів. Досліджень пов'язаних з трансформацією структури і властивостей литої сталі після зміни умов кристалізації вкрай мало.

Сучасні науковці визнають існування кількох видів спадковості — хімічної, технологічної, структурної, фазової, втомної тощо [2–6].

2. Різновиди спадковості та її механізм на різних стадіях виготовлення деталей

До **хімічної спадковості** відносять збереження наявності в металевих матеріалах компонентів не регламентованих сертифікатом поставки, це можуть бути як корисні так і шкідливі домішки (Cr, Ti, O₂, V, Cu, Al та ін.). **Технологічну спадковість** пов'язують з впливом типу плавильного агрегату, способу карбюризації шихти та видом обробки розплаву [21, 22]. Під **структурною спадковістю** розуміють вплив розміру, форми та характеру розподілу включень, а також форми

і розміру зерна вихідної шихти (лігатури, модифікаторів) на ці характеристики у литих виробках [20, 23, 34]. Значна увага приділяється також **спадковості втоми** [21], яка пов'язана з впливом кількості переплавів на властивості металевих матеріалів.

Численні роботи багатьох вчених присвячені явищу спадковості в твердому стані. Це стосується спадковості, яка проявляється: у поновленні зерна [8–12] і збереженні границь вихідних зерен металів, у ефекті пам'яті форми — відновленні заданої конфігурації металевого виробу при тепловому впливі [13], як розмірну пам'ять [11, 12]. Хаютін С. Г. та Шпичинецький Є. С. відзначають спадковість будови границь зерен [14], коли на місці границь зерен після їх міграції зберігаються дефекти будови та сегрегація домішок.

Бернштейн М. Л., Займовський В. А., Дьяченко С. С. та ін. розглядають спадковість у проявах передісторії металу — **фазова** спадковість [12, 15–19]. До фазової спадковості відносять явище наслідування дефектів кристалічної будови (субструктури) під час поліморфного перетворення вихідної фази, що значно впливає на властивості продуктів перетворення. Тобто фазова спадковість — це існування зв'язку між характером субструктури вихідної фази і властивостями матеріалу після фазової перекристалізації. Таку спадковість також називають спадковістю зміцнення. Термомеханічна обробка (**ТМО**) є типовим процесом, що використовує фазову спадковість. Така обробка досить легко реалізується деформацією нагрітої до аустенітного стану сталі та швидкого охолодження, що не допускає проходження збиральної рекристалізації. При ТМО проводиться негайне і різке охолодження після завершення гарячої деформації, і кінцева структура зміцненої сталі успадковує тонку будову гарячедеформованого аустеніту. Залежно від умов деформації, які визначаються величиною напруги, температурою і швидкістю деформації, структура аустеніту після закінчення гарячої деформації сильно розрізняється. Вона може відповідати:

а) стану гарячого наклепу з неупорядкованим розподілом дислокацій, коли при подальшому гартуванні міцність підвищується і одночасно знижується опір крихкому руйнуванню;

б) формуванню субструктури в результаті динамічного повернення і особливо чіткої і стійкої субзеренної будови в результаті динамічної полігонізації — гартування в цьому випадку призведе до оптимального поєднання високих значень міцності і опору крихкому руйнуванню;

в) стану динамічної рекристалізації, коли в одних об'ємах ще збережена підвищена щільність дислокацій, а в інших вона різко знижена — гартування в цьому випадку може призвести до отримання комплексу підвищених механічних властивостей, проте значення їх у зв'язку

з неоднорідністю і нестабільністю тонкої будови будуть нестійкі.

При проведенні дослідних робіт по застосуванню в термообробці електронагріву була розроблена нова схема фазової перекристалізації при нагріві сталі, і було введено поняття про **структурну спадковість** або **структурну пам'ять** (Садовський В. Д., Счастливцев В. М., Малишев К. А. та ін.). Запропонований механізм фазової перекристалізації враховує кристалогеометричний зв'язок кристалічних ґраток вихідної та новоутвореної фази, що пройшли $\gamma \rightarrow \alpha \rightarrow \gamma$ перетворення, внутрішній наклеп та зумовлену цим рекристалізацію аустеніту. Під **структурною спадковістю** розуміють процеси відновлення вихідного аустенітного зерна за формою і розмірами після протікання $\gamma \rightarrow \alpha \rightarrow \gamma$ перетворення. Це явище пояснюється з позиції теорії про орієнтоване виникнення зародків нової фази відносно вихідної [7, 8, 10].

Висновки

Таким чином впровадження нових прогресивних технологій у різні галузі виробництва пов'язано з використанням явища спадковості в матеріалах. Це явище потребує детального вивчення на всіх стадіях виготовлення деталі, тому що спадковість має значний вплив на формування кінцевої структури, фізико-механічних та експлуатаційних властивостей сталей.

Спадковість в металевих матеріалах необхідно розглядати в двох площинах: спадковість як явище і спадковість як галузь науки. У першому

випадку спадковість — це природна властивість металевих матеріалів, що забезпечує взаємозв'язок між їх хіміко-структурними ознаками та технологічними операціями обробки в різних стадіях. В другому випадку спадковість може розглядатись як галузь науки про несталість структури, що досліджує принципи зберігання, передачі та трансформації (реалізації) металогенетичної інформації протягом наступних технологічних операцій обробки і експлуатації металевих виробів.

На сьогоднішній день викликають особливу увагу аспекти спадковості, які зумовлені різноманітними технологічними операціями, такими, як лиття, термомеханічна, термічна та хіміко-термічна обробка. Поглиблення досліджень у цьому напрямку і узагальнення знань щодо прояву спадковості має не лише теоретичне значення, але й практичне застосування в плані обґрунтованого керування формуванням структури і властивостей сплавів.

Виходячи з цього актуальним стає дослідження структурної і фазової спадковості сталей; технологічних факторів, що впливають на формування первинної структури, її характеристики та процеси збереження і трансформації структури (а значить і властивостей) сталі в залежності від наступних операцій термомеханічної, термічної та (або) хіміко-термічної обробки; створення оптимальних структур. Дослідження цих процесів і встановлення таких закономірностей дозволить прогнозувати властивості і оптимізувати технологічні режими обробки виробів, прогнозувати властивості сталей та сплавів в залежності від характеристик отриманої структури.

Література

1. Прусаков, Б. А. Проблемы материалов в XXI веке (обзор) [Текст] / Б. А. Прусаков // Металловедение и термическая обработка. — 2001. — №1. — С. 3–5.
2. Кондратюк, С. Є. Первинна структура і спадковість властивостей литих конструкційних сталей [Текст] / С. Є. Кондратюк, О. М. Стоянова, О. С. Ніконоров // Вісник Дніпропетровського ун-ту. — 2002. — № 8. — С. 79–82.
3. Садовский, В. Д. Происхождение структурной наследственности в стали [Текст] / В. Д. Садовский // ФММ. — 1984. — Т. 57, № 2. — С. 213–233.
4. Садовский, В. Д. Структурная наследственность в стали [Текст] / В. Д. Садовский. — М.: Металлургия, 1973. — 205 с.
5. Дьяченко, С. С. Об определении точки «b» Чернова и структурных изменениях в аустените при нагреве сталей [Текст] / С. С. Дьяченко // Известия вузов. Черная металлургия. — 1960. — № 7. — С. 141–145.
6. Алимов, В. И. Явление наследственности в металах [Текст] / В. И. Алимов, А. А. Баранов // Сб. «Термомеханическая обработка металлических материалов». — М., 1992. — С. 7.
7. Балакин, Ю. А. Критерии эффективности внешнего воздействия на кристаллизацию металлов [Текст] / Ю. А. Балакин, М. И. Гладков // Литейное производство. — 2001. — № 12. — С. 18–19.
8. Садовский, В. Д. Превращения при нагреве стали [Текст] / В. Д. Садовский, К. А. Мальшев, Б. Г. Сазонов. — М.-Свердловск: Металлургиздат, 1954. — 184 с.
9. Садовский, В. Д. Структурная наследственность в стали [Текст] / В. Д. Садовский. — М.: Металлургия, 1973. — 205 с.
10. Счастливцев, В. М. Механизм структурной наследственности в заэвтектоидных сталях с исходной перлитной структурой [Текст] / В. М. Счастливцев, И. Л. Яковлева // ФММ. — 1977. — Т. 43, № 2. — С. 358–366.
11. Алимов, В. И. Явление наследственности в металах [Текст] / В. И. Алимов, А. А. Баранов // Сб. «Термомеханическая обработка металлических материалов». — М., 1992. — С. 7.

12. Баранов, А. А. Наследственность, структура и свойства проката и поковок при термомеханическом воздействии [Текст] / А. А. Баранов, В. И. Алимов // мат. докладов конф. «К 90-летию академика Стародубова К. Ф.». — Днепропетровск, 1994. — С. 12–14.
13. Лихачев, В. А. Эффект памяти формы [Текст] / В. А. Лихачев, С. Л. Кузьмин, З. П. Каменцева. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. — 216 с.
14. Хаютин, С. Г. К вопросу о наследственности строения границ зерен [Текст] / С. Г. Хаютин, Е. С. Шпичинецкий // Изв. АН СССР «Металлы». — 1968. — № 2. — С. 165–166.
15. Бернштейн, М. Л. Наследование дефектов решетки при $\alpha \rightarrow \gamma$ превращении в сталях не испытывающих «обратного» перехода в процессе аустенизации [Текст] / М. Л. Бернштейн, В. А. Займовский, А. Г. Козлова, Т. Л. Колупаева // ФММ. — 1979. — Т. 47, № 2. — С. 349–356.
16. Бернштейн, М. Л. Термомеханическая обработка стали [Текст] / М. Л. Бернштейн, В. А. Займовский, Л. М. Капуткина. — М.: Металлургия, 1983. — 480 с.
17. Дьяченко, С. С. Об определении «точки в» Чернова и структурных изменениях в аустените при нагреве сталей [Текст] / С. С. Дьяченко // Известия вузов. Черная металлургия. — 1960. — № 7. — С. 141–145.
18. Дьяченко, С. С. Наследственность при фазовых превращениях: механизм явления и влияние на свойства [Текст] / С. С. Дьяченко // Металловедение и термическая обработка. — 2000. — № 4. — С. 14–19.
19. Дьяченко, С. С. Упрочняющая термическая обработка изделий с использованием эффекта наследственности [Текст] / С. С. Дьяченко, В. А. Золотко, Л. Е. Горелкова, Е. Л. Милославская // Производство и свойства термически обработанного проката. — М.: Металлургия, 1988. — С. 20–25.
20. Никитин, В. И. К истории развития проблемы наследственности в сплавах [Текст] / В. И. Никитин // Литейное производство. — 2000. — № 5. — С. 20–22.
21. Кузнецов, Б. Л. Наследственность в чугунах [Текст] / Б. Л. Кузнецов // Литейное производство. — 1991. — № 4. — С. 5–6.
22. О влиянии технологической наследственности на поведение стали в наводороживающих и коррозионно-наводороживающих средах [Текст] / В. Г. Старчак, П. А. Руденко и др. // Методы исследования газов в металлах и неорганических материалах. — Л., 1979. — 174 с.
23. Никитин, В. И. Наследственность в литых сплавах [Текст] / В. И. Никитин. — Самара: СамГТУ, 1995. — 248 с.
24. Волков, Г. В. О влиянии электрогидроимпульсной обработки на структурную наследственность расплава [Текст] / Г. В. Волков, В. М. Грабовый, В. Н. Цуркин // Литейное производство. — 2000. — № 10. — С. 18–20.

НА ЗАМЕТКУ МЕХАНИКУ

ЕАМ — УПРАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫМИ ФОНДАМИ, ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТАМИ В T-FACTORY 6

© AdAstra Research Group, Ltd

Система **T-FACTORY.exe™ 6 ЕАМ** (Enterprise Asset Management), предлагаемая компанией AdAstra Research Group, Ltd, является **ЕАМ-системой реального времени**, полностью интегрированной с АСУТП предприятия. T-FACTORY ЕАМ дает менеджменту предприятия ключевой инструмент для управления основными фондами, направленному на повышение производительности и снижение эксплуатационных затрат.

T-FACTORY ЕАМ позволяет:

- ➔ автоматизировать учет основных фондов предприятия на протяжении их полного жизненного цикла;
- ➔ внедрить современные методы профилактического и предсказательного технического обслуживания;

- ➔ снизить простои оборудования;
 - ➔ повысить производительность оборудования;
 - ➔ продлить ресурс;
 - ➔ снизить эксплуатационные расходы.
- Для решения этих задач модуль управления основными фондами ЕАМ T-FACTORY содержит мощные инструменты, которые дают возможность:
- ➔ провести **паспортизацию** оборудования;
 - ➔ разработать **регламенты ЕАМ** — профилактического и предсказательного технического обслуживания;
 - ➔ назначить **приоритеты** обслуживания оборудования;
 - ➔ связать регламенты техобслуживания с информацией **реального времени** из SCADA/HMI и SOFTLOGIC-систем TRACE MODE®;