

Інформаційно-аналітична система стабілізації властивостей прокату

Е. В. Приходько, Д. М. Тогобицька, О. С. Козачок

Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, Дніпропетровськ

Запропоновано методику оцінки впливу домішкових важкоплавких компонентів, що потрапляють до сталі з шихтою у комплексі з легуючими елементами на механічні властивості готового прокату. Використано новий підхід до рішення поставленої задачі шляхом використання мап поверхностей.

Ефективність рішення стратегічних задач, що забезпечують конкурентоспроможності металопродукції в конкретних промислових умовах у значній мірі визначається ступенем комп'ютеризації науково-технічних служб та виробничих ділянок, наявністю працездатних інформаційно-аналітичних систем комплексного аналізу поточних виробничих даних. Дана робота спрямована на створення інформаційно-математичного забезпечення завдань оптимізації механічних властивостей конструкційних сталей за схемою "склад-структура-властивість". На рис. 1 представлена концептуальна схема інформаційно-аналітичної системи стабілізації властивостей прокату.

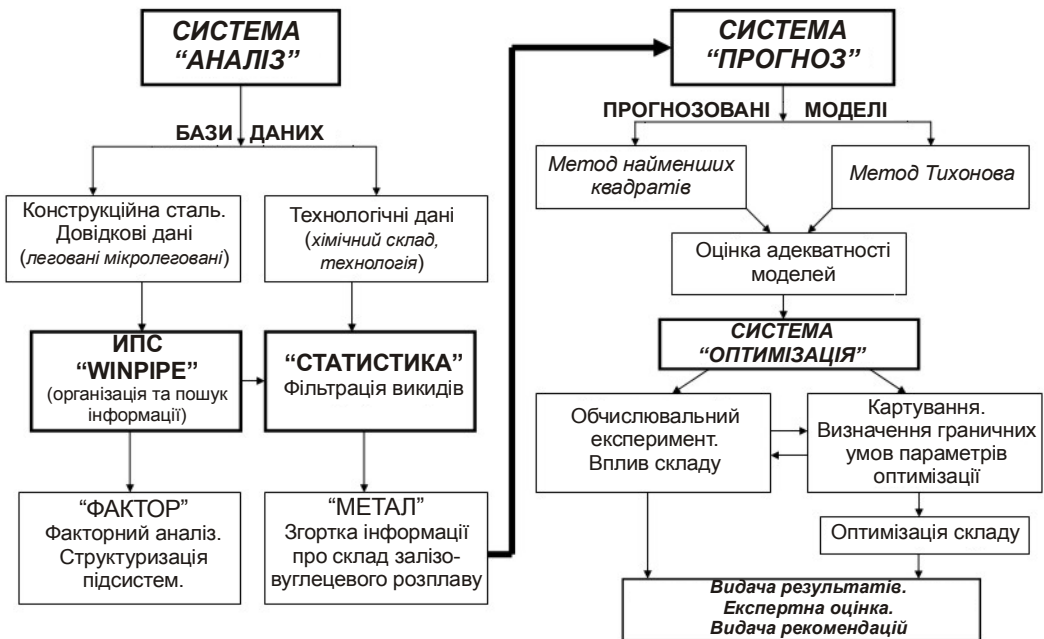


Рис. 1. Концептуальна схема інформаційно-аналітичної системи стабілізації властивостей прокату.

Інформаційні системи (ІС) дозволяють зберігати різні види інформації: бібліографічні й фактографічні дані, повнотекстові документи, довідкові дані, математичні або чисельні (цифрові, табличні) дані, графічні дані. [1, 2].

Для переробки “інформаційної сировини” з метою організації документально-фактографічної БД використовується програма Winpire, розроблена у відділі фізико-хімічних проблем ІЧМ НАН України.

Існуючі підходи до оптимізації хімічного складу сталі, що забезпечують необхідні механічні властивості сталей, як правило, базуються на статистичних моделях склад – властивість. Застосований нами комплексний пошук оптимального складу мікролегованих конструкційних сталей базується на двох принципових методичних підходах.

Перший пов’язаний з рішенням проблеми зниження розмірності завдань прогнозування на основі теорії спрямованого хімічного зв’язку [3, 4], що розглядає металевий розплав, як хімічно єдину систему та факторного аналізу. Другий – з генерацією моделей оптимальної структури. Оскільки фазові перетворення є наслідком міжатомної взаємодії в багатокомпонентному розплаві на першому етапі здійснюється «згортка» хімічного складу через інтегральні параметри зарядового Z^Y і структурного d стану, які розраховуються як результат парної взаємодії всіх його m компонент шляхом розв’язання системи нелінійних m^2-m+1 рівнянь:

$$\begin{cases} a - f(\Delta e'_{ij}) = 0, \\ a - f(\Delta e''_{ij}) = 0, & i = 1, 2, \dots, m-1, j = i+1, \dots, m, \\ 4 \cdot ZX(a, \Delta e') + ZY(d, \Delta e'') = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $\Delta e'_{ij}$ – кількість електронів, які беруть участь в утворенні зв’язку $i - j$ на відстані a (по діагоналі ОЦК або ГЦК-ґраток), $\Delta e''_{ij}$ – на відстані $d = 0,866 \cdot a$ по грані, $\Delta e' = (\Delta e'_{12}, \Delta e'_{13}, \Delta e'_{ij}, \dots, \Delta e'_{m-1,m})$, $\Delta e'' = (\Delta e''_{12}, \Delta e''_{13}, \Delta e''_{ij}, \dots, \Delta e''_{m-1,m})$.

За рішенням зазначеної нелінійної системи рівнянь визначаються $a, \Delta e'_{ij}, \Delta e''_{ij}, i = 1, \dots, m-1, j = i+1, \dots, m$.

Параметр Z^Y визначається шляхом усереднення ефективних зарядів усіх типів зв’язків $i - j$ з довжиною зв’язку d :

$$Z^Y = \sum_{k=1}^m \frac{\lg Ru_k^o - \lg(d/2)}{\text{tg} \alpha_k} \cdot n_k^2 + 2 \cdot \sum_{k=1}^{m-1} \sum_{l=k+1}^m n_k \cdot n_l \cdot \Delta e''_{kl}, \quad (2)$$

де n_k – мольна частка, Ru_k^o – радіус неполяризованого атома, $\text{tg} \alpha_k$ – параметр, який характеризує зміну електронної щільності при іонізації атома k -того компонента. Використання інтегральних параметрів Z^Y та d у якості «згортки» хімічного складу багатокомпонентного розплаву дозволяє збільшити інформаційну потужність моделей і знизити їх параметричність.

Реалізація процедур «згортки» хімічного складу багатокомпонентних залізовуглецевих розплавів здійснюється в програмному модулі «Метал».

На основі факторного аналізу [5] з обліком виділених інтегральних факторів та відповідного угруповання компонентів по їхніх факторних навантаженнях (рис. 2) багатокомпонентна система структурується на підсистеми:

- а) матрична підсистема, включає вуглець, марганець, кремній;
- б) легуюча підсистема, включає хром, нікель, марганець та ін;
- г) домішкова підсистема, включає, як шкідливі домішки сірку, фосфор, азот, так і корисні тугоплавкі метали, наприклад ванадій, молібден, ніобій та титан.

Методи дослідження та контролю якості металів

При такому підході вплив домішково-легуючої та матричної підсистеми, оцінюється комплексно через фізико-хімічні критерії (хімічні еквіваленти).

На рис. 2 наведено приклад результатів структуризації хімічного складу сталі 16MnCrS5, яка виплавляється в умовах РУП «БМЗ».

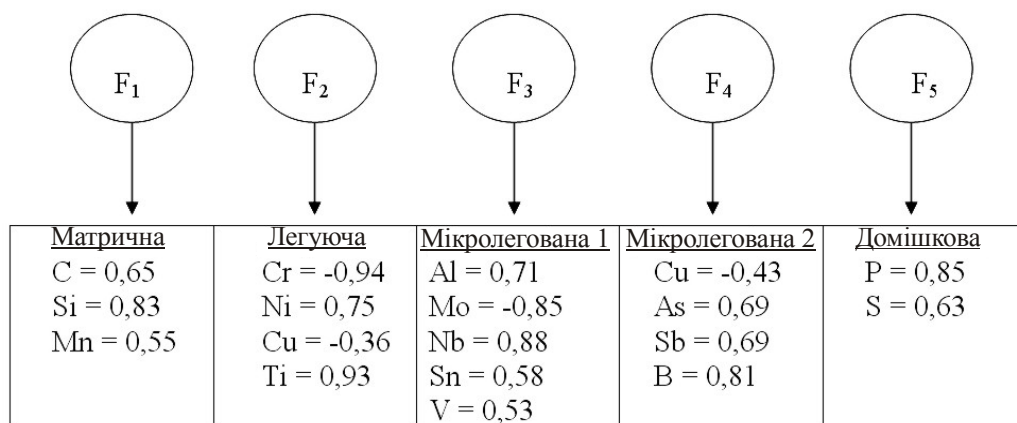


Рис. 2. Значення навантажень на інтегральні фактори.

Оскільки завдання оптимізації хімічного складу багатокомпонентних сталей є багатокритеріальними, методика «згортки» дозволяє шляхом цілеспрямованого проектування визначити діапазони зміни параметрів зарядового (Z^Y), структурного (d), електрохімічного ($tg\alpha$) стану, які забезпечують необхідну якість сталі.

Мета прогнозу – зниження ризику прийняття рішень на “зашумлених” даних. Механічні властивості та хімічний склад прокату мають широку зашумленість, найчастіше й неповноту. У зв’язку із цим була прийнята концепція поетапної оцінки вірогідності даних шляхом послідовного уточнення областей на основі прогнозу властивостей по раніше розроблених моделях та одержання нових на досліджуваних даних.

Можливість узагальнення інформації про склад багатокомпонентних сплавів у вигляді комбінації інтегральних модельних параметрів дозволяє використовувати методику картування [6, 7] для визначення оптимальної концентрації як окремих компонентів складу сплавів, так і складів, що забезпечують сприятливе для споживчих властивостей металопрокату комбінацій його властивостей.

Побудова картограм здійснюється на основі геометричного зображення топографії апроксимуючої поверхні, розрахованої по методу найменших квадратів або методу Тихонова [8], запропонована методика представлена у програмному комплексі “POLE”.

Приклад реалізації алгоритму побудови тривимірних картограм наведено на рис. 3. На ньому представлена карта поверхні у координатах – електронний хімічний еквівалент мікролегуючої підсистеми (що включає внесені із шихтою в якості домішок титан, ванадій, ніобій і молібден) та легуючого компонента – Mn.

У порівнянні з традиційними методами математичного моделювання подібні картограми мають незаперечну перевагу: наочність подання складних нелінійних залежностей у формі, зручній для розв’язання завдань прогнозування наслідків зміни складу металопрокату.

Підсистема «Оптимізація» призначена для розрахунків оптимального хімічного складу сталі по заданим обмеженням на хімічний склад і модельні параметри у діапазоні марочного складу.

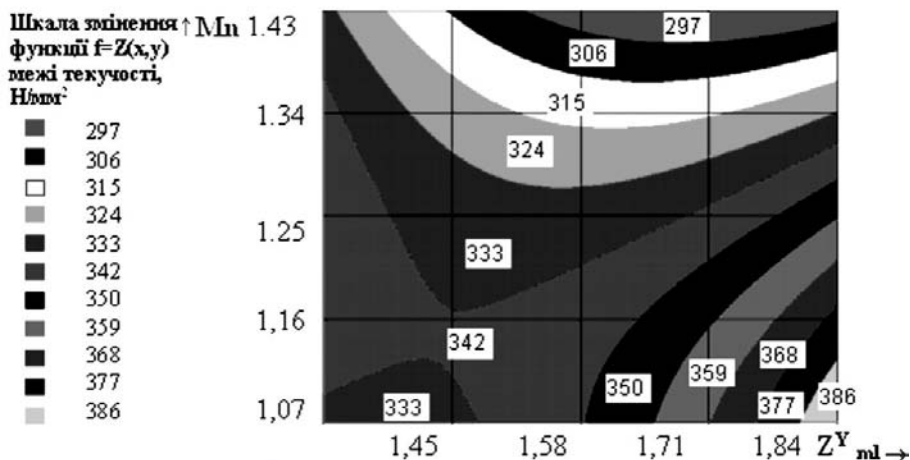


Рис. 3. Карта поверхні для межі текучості на масиві з 3-х сталей (16MnCrS5, S355J2, 20Г2).

Узагальнено завдання оптимізації можна записати у вигляді:

$$z(x) \rightarrow \min_x, \quad (3)$$

$$\begin{cases} g_i(x) \leq 0, i=1,2,\dots,l, \\ g_i(x) = 0, i=l+1,2,\dots,L; \end{cases} \quad (4)$$

де $z(x), g_i(x)$ – деякі функції від вхідних параметрів процесу x_i ($i=1,2,\dots,L$), наприклад обмеження на інтегральні «згортки» хімічного складу й відповідні обмеження на хімічний склад згідно ТУ.

Висновки Запропонована методика оцінки складного нелінійного впливу домішкових тугоплавких компонентів, що попадають у сталь із шихтою на властивості сортового прокату. Облік впливу «залишкових» елементів допоможе знайти резервні засоби для підвищення якості прокату. Методика дозволяє визначити ефективні шляхи зниження витрати дефіцитних легуючих елементів у комплексних сировинних умовах без погіршення якості металопрокату. Запропонований підхід реалізує відповідно до накладених обмежень рішення зворотного завдання – визначення діапазонів елементного складу сталі, що забезпечує необхідні механічні властивості прокату.

Література

1. Приходько Е.В., Тогобицька Д.М. Методологія створення бази знання про властивості сталей та сплавів // Металознавство та обробка металів. – 1996. – № 3. – С. 50 – 55.
2. Приходько Е.В., Тогобицька Д.М., Козачок О.С. Інформаційно-математичне забезпечення оцінки впливу хімічного складу на властивості готового прокату // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2010. – З(68). – С. 33 – 39.
3. Приходько Э.В. Металлохимия многокомпонентных систем. – М.: Металлургия, 1995. – 320 с.
4. Приходько Э.В. Эффективность комплексного легирования стали и сплавов. – Киев: Наук. думка, 1995. – 292 с.
5. Иберла К. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1980. – 399 с.
6. Тогобицька Д.Н., Григянец Р.Б. Системное, прикладное и проблемное программное обеспечение банка данных «Металлургия» // Известия АН СССР. Металлы. – 1991. – № 4. – С. 217 – 220.
7. Тогобицька Д.Н. Система анализа и выбора рациональных режимов работы металлургических агрегатов на ЭВМ // Черн. металлургия. Наука –Технология – Производство. МЧМ СССР. – М.: Металлургия, 1989. – С. 384 – 390.

8. Тихонов А.Н. О регуляризации некорректно поставленных задач // Доклады АН СССР. – 1963. – 153, № 1. – С. 49 – 52.

Одержано 29.11.10

Э. В. Приходько, Д. Н. Тогобицкая, А. С. Козачёк

Информационно-аналитическая система стабилизации свойств проката

Резюме

Рассмотрена методика оценки влияния примесных тугоплавких компонентов, попадающие в сталь с шихтой, в комплексе с легирующими элементами на механические свойства готового проката. Предложен новый подход к решению поставленной задачи путем построения карт поверхностей.

E. V. Prykhod'ko, D. N. Togobyskaya, A. S. Kozachek

Information-analytical system of stabilization properties of rolled steel

Summary

The method of assessment of the impact of refractory component impurities that have been trapped into the steel with charge, together with alloying elements to the mechanical properties of the rolled steel, has been considered. A new approach to the solution of the assigned task has been suggested by surface map generating.

УДК 669-154:543.226

Дослідження особливостей будови металевих розплавів методом циклічного синхронного термічного аналізу

О. А. Щерецький, доктор технічних наук

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

Для дослідження властивостей металевих розплавів запропоновано методику циклічного синхронного термічного аналізу, яка дозволяє досліджувати незначні зміни теплоємності розплавів залежно від температури. Встановлено області аномальної зміни теплоємності розплавів на основі алюмінію А99 та сплавів АК12, АК7.*

Як відомо з літературних джерел [1 – 4], вивчення будови рідких металів та сплавів проводиться прямими, як правило дифракційними, та непрямими, структурночутливими методами досліджень (вивчають зміну в'язкості, густини та електричного опору розплаву при зміні температури). Ці методи не дають повної

*Роботу виконано в рамках Державної цільової науково-технічної програми “Нанотехнології та наноматеріали”, проект №4.13.10.11/612