

БОЛЬШАКОВ

Вадим Іванович – академік НАН України, доктор технічних наук, професор, директор Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України

БОЛЬШАКОВ

Володимир Іванович – доктор технічних наук, професор, ректор Придніпровської державної академії будівництва та архітектури

ВОЛЧУК

Володимир Миколайович – доктор технічних наук, доцент кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури

ДУБРОВ

Юрій Ісайович – доктор технічних наук, професор кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів Придніпровської державної академії будівництва та архітектури

УДК 519.21

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МАСИВНОГО МЕТАЛЕВОГО ЛИТТЯ

У роботі показано, що застосування системного підходу сприяє розробленню методики експрес-оцінки механічних властивостей цільового продукту, одержаного реалізацією періодичного технологічного процесу.

Ключові слова: теорія систем, цільовий продукт, база даних, експертна система.

Філософія трактує поняття системи як сукупності елементів, що мають взаємозв'язки один з одним. Однак це визначення не має обмежень, і ґрунтуючись на ньому, можна констатувати, що оскільки причинно-наслідковими зв'язками охоплено практично всі об'єкти світу, то під поняття «система» підходить нескінченне число об'єктів, створених природою і людиною.

Створюючи різноманітні системи і впроваджуючи їх у виробництво, ми робимо це згідно з логікою, ініційованою конкретним завданням. Зіставляючи цю логіку з логікою, що диктується теорією систем, ми бачимо їхню абсолютну збіжність, оскільки обидві вони зумовлюють формування послідовності дій, спрямованих на встановлення структурних зв'язків між змінними та елементами системи [1, 2]. При цьому виявляється, що будь-які форми подання системного підходу, такі як системний аналіз, теорія систем тощо, спрямовані на створення раціональної системи якості на різних стадіях життєвого циклу системи. Зокрема, якості цільового продукту, якості управління, якості вимірювання, якості ідентифікації, якості задоволення потреб і т. ін.

У зв'язку з цим, доцільним, на нашу думку, є створення для певних класів систем шаблонів їх комплексного дослідження як єдиного цілого з представленням проблем, що виникають при цьому, як серії задач зі знаходження критеріїв та їх розв'язків, з деталізацією цілей і конструюванням ефективної організації для їх досягнення. Доцільність створення таких шаблонів стає очевидною, якщо ми проаналізуємо їх дієвість на конкретному

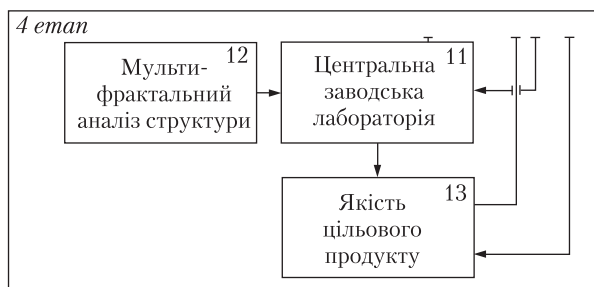
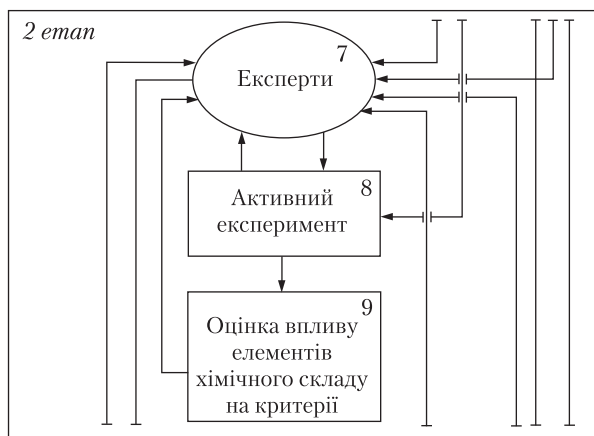
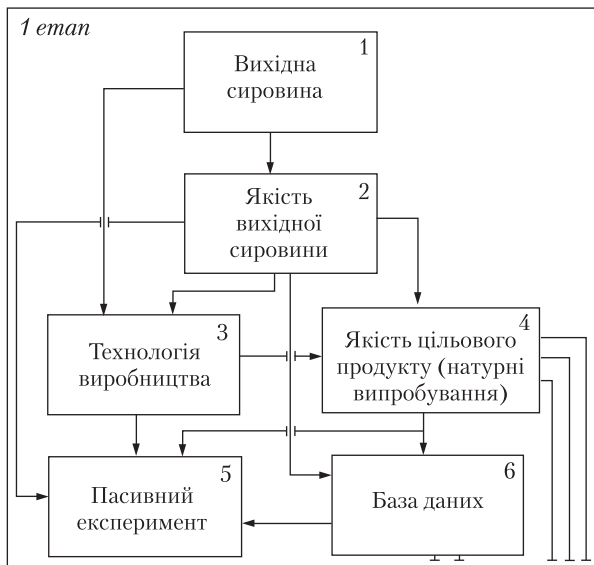


Схема реалізації системного підходу

прикладі. Для цього розглянемо застосування системного підходу до організації менеджменту з якості цільового продукту, одержаного в результаті реалізації періодичного технологічного процесу (зокрема, управління якістю масивних металевих виливків — прокатних валків).

У цьому випадку складність менеджменту полягає в тому, що якість таких виробів, як правило, визначають під час проведення натурних випробувань після завершення основного технологічного циклу, який може тривати досить довго, тобто вже після виготовлення виробу.

Періодичність аналізованої технології зумовлена насамперед часом підготовки форми валка, виплавки металу, заливки металу у форми, охолодження валка. Усі ці процеси тривають 3–4 доби, залежно від маси виробу. Якщо валки зазнають термічного оброблення, технологічний процес може затягнутися до 2–3 тижнів. Після закінчення основного технологічного циклу визначають показники якості виробу і перевіряють їх на відповідність нормативним документам. При цьому є ймовірність того, що показники якості вихідних матеріалів, витрачених на виготовлення наступного за номером виробу, істотно відрізнятимуться від попередніх показників, скажімо, в разі нових надходжень матеріалів, причому відрізнятимуться настільки, що користувачу потрібно буде заново визначати адекватні цим змінам керуючі впливи. Ця та аналогічні їй ситуації спричиняють необхідність визначення показників якості цільового продукту, одержуваного під час реалізації періодичного технологічного процесу. Для цього потрібно розробити метод визначення допустимо точних значень показників якості продукту, з урахуванням можливих тимчасових перманентних змін якості вихідного матеріалу до початку реалізації основного технологічного циклу.

На рисунку наведено схему можливої реалізації системного підходу до поставленого завдання. На *першому етапі* здійснюють оцінку якості вихідної сировини (блоки 1, 2). Після завершення основного технологічного циклу в натурних випробуваннях оцінюють якість

продукту (блоки 3, 4). Результати натурних випробувань порівнюють з теоретично встановленими результатами (блок 12), і на цій основі особи, що приймають рішення, визначають адекватність методу теоретичного визначення якості продукту. Якщо він адекватний, особи, що приймають рішення, застосовують цей алгоритм надалі [3, 4]. У прикладі, який ми розглядаємо, було обрано метод теоретичного визначення якості, заснований на мультифрактальному аналізі структури цільового продукту [4].

Оскільки показники вихідної сировини можуть змінюватися в досить широкому діапазоні, дані, що характеризують її якість, надходять у базу даних (блок 5), де фіксується вся передісторія застосування технології [5, 6]. База даних може бути представлена у вигляді системи рівнянь [7], отриманих на основі аналізу даних пасивного і активного експериментів [3]. У разі, коли прямий експеримент на реальному об'єкті провести неможливо, наприклад через імовірність великих матеріальних витрат, великотоннажність технології, небезпечність порушення технологічного циклу тощо, разом зі статистичним прогнозом [8] доцільно застосовувати евристичні процедури [9]. У міру поглиблення аналізу досліджуваних матеріалів починає зростати складність їх формалізованого опису. До цього додається ще необхідність урахування змін властивостей матеріалу з часом (деформація, корозія тощо).

Такий підхід до створення бази даних дає змогу представити її у вигляді рівнянь, наявність яких виключає застосування машини логічного висновку. Варто відзначити деякі переваги цієї експертної системи [10], до яких належать:

- чітко визначений обсяг навчальної вибірки;
- можливість оцінювати рівень компетентності експертів і не враховувати ту інформацію, яка продукується некомпетентними експертами [11];
- гнучкість, простота та прозорість;
- порівняно невисока ціна і можливість доопрацювання програми.

Отже, ідентифікацію якісних характеристик матеріалу можна здійснювати не лише традиційними методами (мікроскопія, рентгено-спектральний і рентгеноструктурний аналіз та ін.), а й за допомогою спеціалізованих експертних систем. Незважаючи на труднощі, що виникають при формалізації багатьох завдань матеріалознавства, застосування таких систем створює передумови для ефективної оцінки якісних характеристик матеріалів на попередньому етапі їх дослідження.

На другому етапі, з огляду на те, що створена база даних містить усю передісторію застосування технології, охоплюючи як позитивні, так і негативні результати, особи, що приймають рішення, призначаючи верхній і нижній рівні керованих змінних, вибирають ту частину бази даних, у якій, на їхню думку, механічні властивості мають поліпшуватися (блоки 7, 8). Це дозволяє особам, що приймають рішення (блок 7), формувати матрицю активного експерименту і за отриманими рівняннями оцінювати вплив елементів хімічного складу на механічні властивості продукту (блоки 8, 9).

Враховуючи, що механічні властивості можуть суперечити одна одній у тому сенсі, що поліпшення однієї властивості може призводити до погіршення іншої, визначають область компромісу [12], в якій вибрані механічні властивості мають мінімальні протиріччя (блоки 7, 9, 10).

Стосовно реалізації третього етапу, спрямованого на визначення області компромісу для досліджуваних марок матеріалу валків (блок 10), слід зазначити, що більшість критеріїв, які характеризують працездатність і ефективність технології, задаються нормативними документами в допустимих межах, у цих межах перебуває й область компромісу. Ймовірно, це продиктовано тим, що розробники нормативних документів прагнуть, наскільки це можливо, витримати технологічний процес у конкретно вибраній частині робочої області.

На четвертому етапі для перевірки достовірності і, за потреби, для коригування отриманих на етапах статистичного аналізу результатів (блоки 1–10) пропонується проводити оцін-

ку механічних властивостей валкового чавуну, визначаючи фрактальні розмірності елементів його структури (блоки 11, 12) [13]. Цей вибір зумовлений тим, що в разі, якщо апроксимацію елементів структури зі складною геометричною конфігурацією проводять цілочисловими фігурами Евкліда, виникає похибка при оцінюванні характеристик якості матеріалу на різних масштабних рівнях [14]. Це ініціює заміну геометричних характеристик елементів структури (довжина, площа, об'єм) на більш диференційовану вимірну оцінку, яка має частково компенсувати неповноту формальної аксіоматики, застосованої при ідентифікації структури фігурами Евкліда. Для часткової компенсації неповноти формальної аксіоматики пропонується використовувати мову вищого рівня [15] — мову фрактальної геометрії. Реалізація четвертого етапу уможливорює коригування результатів прогнозу механічних

властивостей досліджуваних марок чавунних і сталевих валків.

Отже, застосування системного підходу сприяє розробленню методики експрес-оцінки механічних властивостей цільового продукту за рахунок реалізації періодичної технології, яка дає можливість:

- застосовувати композицію пасивного та активного експериментів, що дозволяє ідентифікувати механічні властивості валків до завершення основного циклу процесу їх виробництва;
- визначити вплив хімічного складу на механічні властивості прокатних валків;
- визначити область компромісу механічних властивостей прокатних валків, у якій ці властивості мінімально суперечать одна одній;
- коригувати статистично передбачені механічні властивості валків, застосовуючи теорію мультифракталів до ідентифікації їх структури.

REFERENCES

1. Bertalanfi L. In: *System Research*. (Moscow: Nauka, 1969). [in Russian].
[Берталанфи Л. Общая теория систем: обзор проблем и результатов. В кн.: *Системные исследования*. М.: Наука, 1969. С. 34–35].
2. Uyomov A.I. *System Approach and General Systems Theory*. (Moscow: Mysl, 1978). [in Russian].
[Уёмов А.И. *Системный подход и общая теория систем*. М.: Мысль, 1978].
3. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N., Dubrov Yu.I. The stages of identification of multiparameter technologies and their realization. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2013. (8): 66–72. [in Ukrainian].
[Большаков В.И., Волчук В.Н., Дубров Ю.И. Этапы ідентифікації багатопараметричних технологій та шляхи їх реалізації. *Вісник НАН України*. 2013. № 8. С. 66–72].
4. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N., Dubrov Yu.I. *Dopovidi NANU*. 2008. (11): 99–107. [in Russian].
[Большаков В.И., Волчук В.Н., Дубров Ю.И. Особенности применения мультифрактального формализма в материаловедении. *Доповіди НАН України*. 2008. № 11. С. 99–107].
5. Krivosheev A.E. *Cast Rolls: Theoretical and Technological Bases of Production*. (Moscow: Metallurgizdat, 1957). [in Russian].
[Кривошеев А.Е. *Литые валки: теоретические и технологические основы производства*. М.: Metallurgizdat, 1957].
6. Merlo O.E. *Quality Cast Iron Rolls*. (Moscow: Metallurgiya, 1966). [in Russian].
[Мерло О.Э. *Качество чугуных прокатных валков*. М.: Metallurgiya, 1966].
7. Bol'shakov V.I., Dubrov Yu.I., Tkachenko A.N., Tkachenko V.A. *Dopovidi NANU*. 2006. (9): 100–103. [in Russian].
[Большаков В.И., Дубров Ю.И., Ткаченко А.Н., Ткаченко В.А. Пути решения задач идентификации качественных характеристик материалов на основе экспертных систем. *Доповіди НАН України*. 2006. № 9. С. 100–103].
8. Bazhenov V.G., Zefirov S.V., Osetrov S.L. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. 2006. 72(9): 39–45. [in Russian].
[Баженов В.Г., Зефирова С.В., Осетров С.Л. Экспериментально-расчетный метод идентификации деформационных и прочностных свойств материалов. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2006. Т. 72, № 9. С. 39–45].

9. Bol'shakov V.I., Dubrov Yu.I. *Metal Science & Heat Treatment of Metals (Metaloznavstvo ta termichna obrobka metaliv)*. 2014. (1): 19–42. [in Russian].
[Большаков В.И., Дубров Ю.И. Вычислительно неприводимые системы и пути их идентификации. *Металлознавство та термічна обробка металів*. 2014. № 1. С. 19–42].
10. Dubrov Yu.I., Volchuk V.N., Bol'shakov V.I. In: *The modeling and optimization in materials science*. Proc. 40th Int. Conf. (Odessa, 2001). [in Russian].
[Дубров Ю.И., Волчук В.Н., Большаков В.И. Применение экспертной информации при формировании активного эксперимента в материаловедении. *Моделирование и оптимизация в материаловедении*: матер. 40-го междунар. семинара. Одесса: АстроПринт, 2001. С. 25–26].
11. Dubrov Yu.I., Putilov V.M., Tarkhanov V.K. In: *Industrial Informatics: Methodology, Tools and Systems*. (Perm, 1988). [in Russian].
[Дубров Ю.И., Путилов В.М., Тарханов В.К. Об одном методе повышения согласованности экспертной оценки. В кн.: *Промышленная информатика: методология, средства и системы*. Пермь: НПО Парма, 1988].
12. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N., Dubrov Yu.I. *Metal Science & Heat Treatment of Metals (Metaloznavstvo ta termichna obrobka metaliv)*. 2013. (4): 5–11. [in Russian].
[Большаков В.И., Волчук В.Н., Дубров Ю.И. Идентификация многопараметрических, многокритериальных технологий и пути их практической реализации. *Металлознавство та термічна обробка металів*. 2013. № 4. С. 5–11].
13. Hentschel H.G., Procaccia I.E. The infinite number of generalized dimensions of fractals and strange attractors. *Physica D*. 1983. **8**(3): 435–444.
14. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*. 2011. **33**(3): 347–360. [in Russian].
[Большаков В.И., Волчук В.Н. Материаловедческие аспекты применения вейвлетно-мультифрактального подхода для оценки структуры и свойств малоуглеродистой стали. *Металлофизика и новейшие технологии*. 2011. Т. 33, № 3. С. 347–360].
15. Bol'shakov Vad.I., Bol'shakov V.I., Dubrov Yu.I. On the incompleteness of formal axiomatics in the problems of identification of the metal structure. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2014. (4): 55–59. [in Ukrainian].
[Большаков Вад.И., Большаков В.И., Дубров Ю.И. Про неповноту формальної аксіоматики в задачах ідентифікації структури металу. *Вісник НАН України*. 2014. № 4. С. 55–59].

Стаття надійшла 04.04.2014.

Вад.И. Большаков¹, В.И. Большаков², В.Н. Волчук², Ю.И. Дубров²

¹ Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова Национальной академии наук Украины
пл. Ак. Стародубова, 1, Днепропетровск, 49050, Украина

² Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры
ул. Чернышевского, 24а, Днепропетровск, 49600, Украина

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МАССИВНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТЛИВОК

В работе показано, что применение системного подхода способствует разработке методики экспресс-оценки механических свойств целевого продукта, получаемого за счет реализации периодического технологического процесса.

Ключевые слова: теория систем, целевой продукт, база данных, экспертная система.

Vad.I. Bol'shakov¹, V.I. Bol'shakov², V.N. Volchuk², Yu.I. Dubrov²

¹ Nekrasov Iron and Steel Institute of National Academy of Sciences of Ukraine
1 Ac. Starodubov St., Dnipropetrovs'k, 49050, Ukraine

² Prydneprovs'ka state academy of civil engineering and architecture of Ministry of Education and Science of Ukraine
24-a Chernyshevsky St., Dnipropetrovs'k, 49600, Ukraine

SYSTEM ANALYSIS TECHNIQUES OF PRODUCING SOLID METAL CASTINGS

It is shown that the application of a systematic approach facilitates the development of rapid assessment methods of the mechanical properties of the desired product obtained through the implementation of a batch process.

Keywords: systems theory, desired product, database, expert system.