



ЧИСЛЕНА ПРОЦЕДУРА С ПРИЛОЖЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНОТО ОБУЧЕНИЕ

Християн Райчев, Даниел Делчев, Николай Тончев

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“,
София 1574, ул. Гео Милев 158,
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи : *легиращи елементи, числена процедура, модел, матрица*

Резюме: *Целта на настоящото съобщение е да се представи относително точна числена процедура, която да направи опознавателният процес в областта на изследваните сплави по-ефективен. Комплексното легиране по своята същност представлява компромисна задача в направление на оптимизация на редица параметри включваща достигането на максимума на зададените свойства на сплавта, нейната технологичност и себестойност.*

1. Въведение

Една от основните цели на инженерното обучение е изучаване закономерностите на явленията и процесите от него.

Първият етап от това обучение се формира на емпирична основа, на която се извършва първоначално наблюдение, след това се класифицират и систематизират фактите.

През вторият етап въз основа на обяснението на фактите се формулират закони и се откриват зависимости и модели. Настоящото съобщение е насочено към моделирането на сплавите със желязна основа.

Всеки метален конструкционен материал е сплав, характеризираща се със определени свойства [1]. При създаването на нов материал се решава задачата за съотношението между якост, пластичност и себестойност. В този случай винаги стои въпроса за икономично легиране на сплавта, което се свързва с по-малката себестойност при запазени нива на якост и пластичност. Механичните свойства съществено зависят от количеството легиращи елементи. Задачата за икономично легиране при реализиране на определен комплекс от свойства и изразяването на връзката между химичен състав и свойства е задача на моделирането.

През 70-те години на миналия век в металургичната практика [2,3] се налага използването на моделния експеримент върху конкретна физикохимична постановка на изучавания процес. При разработването на многокомпонентна сплав задачата за оптимизация се формулира, като: определя се оптималният химически състав и режим на термично обработване, осигуряващи зададените свойства. След избирането на легиращ комплекс по резултатите от изследването и влиянието на термичното обработване върху крайните свойства се определя работна хипотеза въз основа на която се предлагат съответни практически препоръки.

Малкият диапазон на колебание на съдържанието на химическите елементи на съставът на стоманите се дължи на стабилизирането на технологичния процес.

Независимо от универсалността на разгледаните методи, всяка конкретна задача изисква свой ефективни методи при което възниква необходимост от разработване на нови алгоритми, модифициране на съществуващи с което се отстраняват забелязани недостатъци.

Повечето промишлени конструкционни материали са сложно легирани сплави. При избора на състава им се определя концентрацията на всеки елемент, а самият легиращ комплекс включва основни и спомагателни елементи.

Целесъобразността и необходимостта от комплексно легиране се определя от:

- Изисквания, едновременно осигуряващи определено ниво на няколко свойства. Някои елементи повишават едно от необходимите свойства, но могат да снижат нивото на друго, което е недопустимо и не се прилага в комплексът на легиране. В качеството например, изборът на комплекса на легиращи елементи може да доведе осигуряване на якост на сплавта при зададено ниво на пластичност и жилавост на разрушаване при запазване на относително малка цена.

- Необходимост от намаляване на отрицателното влияние на вредните примеси върху свойствата на сплавта, които трудно се отделят по металургичен път. Влиянието на вредните примеси се проявява чрез образуване на зърногранични сегрегации, включвания на крехки химически съединения и лекотопими евтектики. Един от начините за отстраняването на вредното влияние на примесите е въвеждането на специални добавки, образуващи с примесите, устойчиви неразтворими в матрицата на сплавта съединения.

- Изменение на свойствата на сплавта чрез взаимодействието на легиращите елементи помежду си (едни с други), даващи синергетичен ефект, характеризиращ се с усилване на свойствата. Този вид комплексно легиране е най-важен, разгледан от Б.Б. Гуляев на примера на анализа на функционал описващ определено свойство на сплавта. Например свойството якост между концентрациите на два легиращи елемента X_1 и X_2 .

$$\sigma = \sigma_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_1 \cdot X_2$$

Където σ_0 е свойството на основата на сплавта b_1 и b_2 коефициенти на приноса върху свойството на съответните легиращи елементи с концентрация X_1 и X_2 , b_3 е коефициент на съвместното влияние на легиращите елементи върху изследваното свойство. Възможни са следните варианти на влияние:

1. $b_1, b_2, b_3 = 0$. Легиращите елементи не влияят на свойството и тяхното използване е нецелесъобразно;
2. $b_1, b_2 > 0, b_3 = 0$. Всеки от двата елемента въздейства на свойството пропорционално на концентрацията, независимо едно от друго, т.е. адитивно;
3. $b_1, b_2 > 0, b_3 < 0$. Едновременното въвеждане на двете добавки взаимно отслабва тяхното въздействие върху свойството. Съвместното използване за легиране е нецелесъобразно;
4. $b_1 \gg b_2 > b_3$. Първият легиращ елемент действа изключително силно, ефектът на съвместно действие на легиращият елемент е незначителен и добавянето на вторият легиращ елемент е нецелесъобразно;
5. $b_1 или b_2 < 0, b_3 < b_1 или b_2$. Легиращите елементи имат отрицателно значение и не се препоръчва тяхното използване;
6. $b_3 \gg b_1 или b_2$. Това е най-важният вариант сред изброените. Ефектът от съвместното влияние на легиращите елементи се сумира от всеки елемент

поотделно. Тези легиращи елементи взаимно усилват въздействието си върху свойството. Именно такива комбинации от легиращи елементи е необходимо да се използват за легирането на основата. Опитът показва, че въвеждането на трети легиращ елемент в разтвора на основата се оказва ефективен в случай на съществуване на разтворимост в първоначалния елемент и по този начин той усилва устойчивостта в твърдият разтвор на основата, като повишава якостта.

Комплексното легиране по своята същност представлява компромисна задача в направление на оптимизация на редица параметри включваща достигането на максимума на зададените свойства на сплавта, нейната технологичност и себестойност. При окончателният избор на състава на сплавта е възможно да се решават алтернативни задачи, определящо оптимално съчетание между якост и пластичност, якост и технологичност и т.н. В тази връзка най-достъпен се явява компютърният експеримент в случай на наличност на математичен модел на сплавта и алгоритми и програми с които се осъществяват необходимите пресмятания до окончателният избор на сплавта. За компютърният експеримент е необходима база от данни, включваща информация за различните легиращи елементи във изследваната основа отнесена към съответните свойства. Заключителният етап се определят съставните елементи, които се явяват плавки за експериментиране на механико-термичното обработване на съответните проби. Във всички тези етапи се определят свойствата взаимност от състава. Полученият комплекс от свойства на образците е целесъобразно да се пренесе при изследването на работоспособността на изделията. По този начин разработването на нов материал заема продължителен период от време и изисква значителни материални и интелектуални ресурси. Твърде важно за материаловедите е да използват елементи с достатъчно високо ниво на чистота.

Целта на настоящото съобщение е да се представи относително точна числена процедура, която да направи опознавателният процес в областта на изследваните сплави по-ефективен. Ефективността на тази числена методика се състои в това, че методически явлението се изучава на експериментално и теоретично ниво. Дидактически е доказано, че изучаваните процеси могат да бъдат овладени творчески именно, когато се използват подобни интерполационни подходи. Владееенето на математическото описание без цялостна представа за разглеждания процес, не означава владееене на теорията. Това е недостатъчно за нейното опознаване, ако не се използват реални експериментални данни, получени от същия процес или явление.

2. Същност на числената процедура

Разгледаният интерполационен подход [4,5] в инженерното обучение при изучаването на състава и свойствата на сплави на желязна основа се определя чрез своите четири основни етапа:

- експериментиране;
- моделиране;
- обобщение;
- приложение;

Тъй като експерименталният подход не използва информация за механизма на протичащите явления, то цитираната по-долу числена процедура се оказва много универсална. Тя може да се приложи към много разнообразни други обекти: екологични, биотехнологични, химически, икономически, металургични и др. Според нас това е действително универсална възможност, защото всеки разглеждан конкретен случай от по-горе изброените може да се опише с една и съща структура, но с различни

коэффициенти. Те формират математичният модел на изучаваното явление /процес/, което може да бъде изучено от различни гледни точки: технологична, информационна, организационна и т.н.

Необходимата информация за анализ на избрания технологичен процес се съдържа в експериментално получените стойности на изследваните величини от проведен реален експеримент. От експериментът студентите си създават първите преки впечатления и усвояват отношенията между параметрите на изучаваното явление. Теорията на експеримента показва как да се планират опитите така, че с най-малък брой експерименти да се извлече максимална информация за изследваният обект. Това се осъществява чрез списъците на различни експериментални планове.

След изпълнението на тези технологични режими се определя стойността на изследваната величина, която формира векторът на експерименталните стойности.

С помощта на изчислителна техника и стандартни математически пакети /MathCAD/ е възможно да се осъществят необходимите пресмятания, въз основа на които се определят съответните математически модели.

3. Прилагане на числената процедура за конкретен случай

Избран е пример с два технологични фактора, които се изменят в кодирани стойности. Това са управляващите параметри x_1 и x_2 в интервала $[-1;+1]$:

В посоченият интервал с двете променливи се съставя експериментален план, който има вида:

$$M_p := \begin{pmatrix} -1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Експерименталният план се вгражда в информационна матрица по начин по който се очаква да се получат коефициентите на регресионния модел. Тъй като определяме структура на модела $F(x_1, x_2) = V_0 + V_1 \cdot x_1 + V_2 \cdot x_2 + V_3 \cdot x_1^2 + V_4 \cdot x_2^2 + V_5 \cdot x_1 \cdot x_2$, то цитираният план M_p заема в информационната матрица F , втория и третия стълб. Първият стълб от информационната матрица е съставен от единици, защото не се знае стойността на свободния член на модела. Останалите стълбове се пресмятат на база стойностите на x_1 и x_2 съобразно избраната структура. По-долу е приложена информационната матрица на планът M_p при цитираната структура.

$$\mathbf{F} := \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

По изпълненият Мр план за всяка комбинация на променливите x_1 и x_2 се определя експерименталното значение на изследваната величина. То формира векторът \mathbf{Fst} .

$$\mathbf{Fst} := \begin{pmatrix} 7.82 \\ 6.8 \\ 8.65 \\ 7.84 \\ 10.14 \\ 11.24 \\ 5.15 \\ 4.39 \\ 7.83 \end{pmatrix}$$

Коефициентите на регресионният модел се определят въз основа на следните матрични пресмятания:

$$\mathbf{C} := (\mathbf{F}^T \cdot \mathbf{F})^{-1} \cdot \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{Fst}$$

От приложената процедура се получава следният резултат:

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} 7.75 \\ -0.488 \\ 0.438 \\ 2.98 \\ -2.972 \\ 0.033 \end{pmatrix}$$

Съответните коефициенти формират регресионният модел по по-горе определената структура.

Моделът има вида:

$$F_m(x_1, x_2) := 7.75 - 0.488 \cdot x_1 + 0.438 \cdot x_2 + 2.98 \cdot x_1^2 - 2.972 \cdot x_2^2 + 0.033 \cdot x_1 \cdot x_2$$

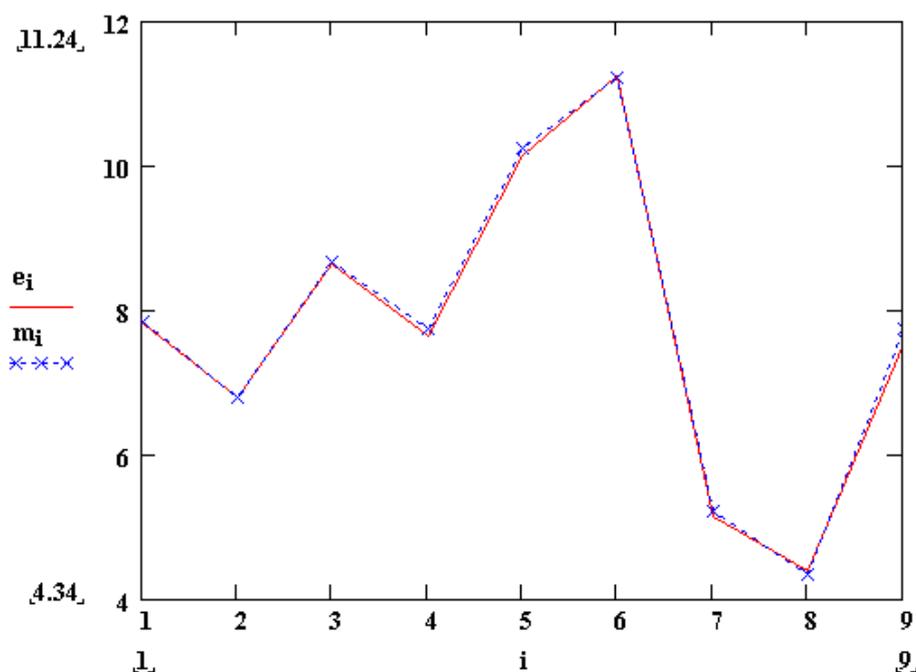
С моделът се прави проверка на годността му за предсказване, тя ползва експерименталните стойности на изследваната величина и предсказаните стойности по модела с плана Мр.

Експерименталните стойности са посочени във вектора Fst, а предсказаните стойности по модела на плана Мр са както следва:

$$\begin{aligned} m_1 &:= 7.841 & m_2 &:= 6.799 & m_3 &:= 8.651 & m_4 &:= 7.741 & m_5 &:= 10.242 & m_6 &:= 11.218 \\ m_7 &:= 5.216 & m_8 &:= 4.34 & m_9 &:= 7.75 \end{aligned}$$

4.Резултати

На фиг. 1 са представени експерименталните и предсказаните стойности по модела по плана Мр. Както се вижда приближението между модела и експерименталните стойности е напълно удовлетворително и той напълно може да бъде използван за предсказване.

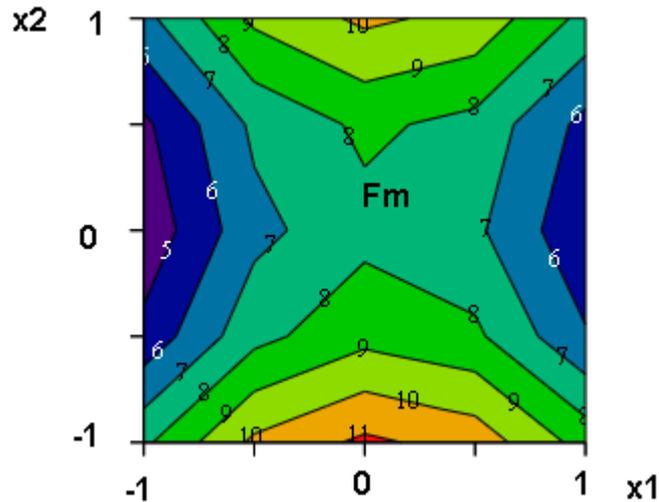


Фиг.1.Изобразяване на експерименталните и предсказаните стойности за плана Мр.

По модела с определена стъпка е сканирана изследваната величина $F_m(x_1; x_2)$, откъдето е получена матрицата А.

$$A := \begin{pmatrix} 7.8 & 5.3 & 4.3 & 4.8 & 6.7 \\ 10.2 & 7.7 & 6.7 & 7.2 & 9.2 \\ 11.2 & 8.7 & 7.7 & 8.2 & 10.2 \\ 10.6 & 8.2 & 7.2 & 7.7 & 9.7 \\ 8.6 & 6.1 & 5.2 & 5.7 & 7.7 \end{pmatrix}$$

За анализа на матрицата A е построена контурна диаграма фиг.2, която се анализира от студентите. Тя точно отразява изследваната величина в целият диапазон на изменение на променливите, за които са получени конкретни стойности. Те служат като база за сравнение.



Фиг.2. Сканиране на изследваната величина за различни стойности на изследваните величини.

5. Заключение

Предложената изчислителна процедура е инструмент с който е възможно да се изгражда цялостна представа за изследваното явление /процес/ и изученият материал да бъде овладяван творчески. Процедурата е внедрена в обучението по дисциплината "Материалознание и технология на материалите", която се изучава през първи семестър от специалност "Автомобилна техника".

Благодарност: Този методически материал допълва комплекта от учебни материали по проект ДДВУ 02/11 и авторите изказват благодарност за финансовата подкрепа, осъществена от фонд "Научни изследвания", за осъществяването на проекта.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1.] Джонов, С.Т., Математическо моделиране и оптимизация на механични характеристики на стомани, Габрово, 1995.
- [2.] Рожков И.М. , С. А. Власов и др. Математические модели для выбора рациональной технологии и управления качеством стали, Металлургия, М. 1990.
- [3.] Ефимычев Ю.И. С.К. Михайлов, и др. Регрессионный анализ качества сталей и сплавов, Металлургия, М. 1976.
- [4.] Вучков, И., С. Стоянов. Математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти. С., Техника, 1980.
- [5.] Стоянов, С., Методи за оптимизация, София, Техника, 1985.
- [6.] Тончев, Н., Производствени технологии. С., Издателство ВТУ, 2011.

NUMERICAL PROCEDURE USED IN ENGINEERING EDUCATION

Christian Raitchev, Daniel Delchev, Nikolay Tonchev

*Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Stret, Sofia1574,
BULGARIA*

Key words: *alloy element, numerical procedure, model, matrix*

Abstract: *The purpose of this communication is to provide a relatively accurate numerical procedure to make distinguishing process in izsleddvanite alloys more effective .. Complex alloying inherently a compromise task in the field of optimization of several parameters including the attainment of maximum desired properties of the alloy, its technology and cost.*