

ПРИЛОЖЕНИЯ НА ЧИСЛЕНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА СЕЛЕКТИРАНИ ПАРАМЕТРИ НА КАЧЕСТВОТО В ОБЛАСТТА НА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕТО НА МЕТАЛНИ ИЗДЕЛИЯ

Александър Монов, Мартин Иванов, Николай Тончев
a_monov@abv.bg, martinivanov@abv.bg, tontchev@gmail.com

**ВТУ „Тодор Каблешков“, 1574 София, ул.Гео Милев №158
Нов Български университет
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: *материалознание, пожелезяване, числени подходи.*

Резюме: *В съобщението за целите на анализа и оптимизацията на различни технологични параметри са приложени числени методи в областта на възстановяването на размери и свойства на метални изделия. Предложените методи са свързани с теорията на експеримента и използват концепцията за многофакторен анализ на различни селектирани параметри на качеството. Актуалността на подобно изследване се обуславя от факта, че нарастващата роля на качеството на продукцията изисква инструменти за автоматизиране на експерименталните изследвания и това все по-широко се осъществява с различни числени методи. Чрез тях се удовлетворява необходимостта от повишаване ефективността на експерименталните изследвания.*

1. УВОД

Традиционната практика за развитие на сплавите се състои в производството на многобройни проби с променящ се състав и вариации на елементите, както и режим на обработка, за да се определят състави с оптимални свойства [1]. Този подход води до високи разходи за експериментирание [2]. Именно затова от методите за насочено търсене, методът „проба-грешка“ стои най-ниско в йерархията и е най-непредпочитания.

Алтернативен и ефективен подход е да се използват свързани като състав, обработка и свойства резултати от предишен опит, обработени до статистичен модел, в основата на който е голяма база данни. Проектирането на състава на сплавите и оптимизирането на параметрите на технологичния процес са пряко свързани с разрешаване на компромиса между стойностите на измерените величини, съотнесени към определени селектирани показатели на качеството, за множество материали от изследвана група или даден клас [3]. Най-характерното за тези подходи е, че те не използват принципите на металургията и физиката на металите. Разчита се предимно и само на априорна информация за връзката състав-обработване и влиянието им върху крайните свойства. Предимството на статистическите в сравнение с физическите модели, се крие в способността им да определят комплекси по своевременен и ефективен начин да получат информация, дори когато не съществуват добре установени физични теории и модели [4,5].

Металургичният дизайн е не само проектиране на основата с легиращи елементи по вид, брой и количество, но и отчитане на техния синергичен ефект. Необходимо е да се подбере такъв синергичен ефект по комбинация от елементи, в който по-скъпо струващите елементи да са в по-малки количества. Наред с изпълнението на тази задача, металургичният дизайн трябва да изпълни и търсения компромис между свойствата на продукта, зависещи от параметрите на обработка. Тези няколко групи параметри би трябвало да формират общо параметрите на обработката и състава. Сложността на така дефинираната задача се състои в големия брой на INPUT-параметрите, както и на обстоятелството, че химическият състав участва неявно чрез синергитичния ефект, в системата „състав – обработвания – структура – свойства – цена“.

2. ИДЕЯ НА МНОГОКРИТЕРИАЛНАТА ЗАДАЧА В ОБЛАСТТА НА МАТЕРИАЛОЗНАНИЕТО

В областта на дизайна всеки проект се стреми да оптимизира свойствата, като формулира многокритериална оптимизационна задача. Отделните критерии в тази многокритериална задача са контролираните механични свойства. Те формират изходните параметри на металургичния дизайн. Необходимо е преди да бъде предложена за целите на проектирането, всяка нова методика за анализ и оптимизация числено да се провери. Описаните в [3] различни числени метода се свързват с процеса на симулация. Въз основа на него е възможно да се предложи списък от няколко оптимални решения на многокритериалната задача. Тези решения се анализират от експерти с цел да се съкрати процеса на проектиране, преди самото експериментирание.

Целта на това изложение е да се представят няколко числени методи от обобщен подход, насочен към една обща цел – моделиране на свойствата и оптимизиране на състава при металургичния дизайн. Идеята е да се предложат числени стимулационни методи за повишаване на механичните показатели и експлоатационния ресурс на материали от даден клас, при използване техниката за моделиране на свойствата, чрез състава и начина на обработване. Анализира се информация с висока степен на достоверност, получена с помощта на съвременни изследователски методи, подходи и методики.

Прегледът на същността и решенията на различните изчислителни подходи, които предлагаме тук, се изпълнява с помощта на един и същи реален пример. Примерът е свързан с електрохимично отлагане на слоеве /фиг.1, фиг2/ при възстановяване на размери и свойства на реални изделия[6]. Елементите, които процентно се отлагат от електролита върху работната повърхност на изделието са три – манган, никел и кобалт, като съставът на покритието се допълва с желязо. Различното им съдържание е свързано с износоустойчивостта и твърдостта на покритието.

3. ЕКСПЕРИМЕНТ И ЧИСЛЕН ПОДХОД НА АНАЛИЗ НА ПАРАМЕТРИТЕ.

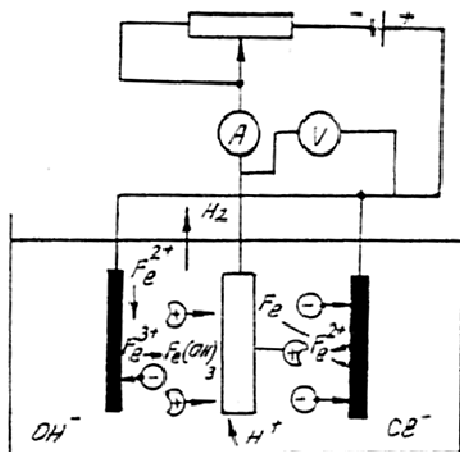
В експерименталните изследвания съществува връзка между технологичните фактори на процеса и процента на отлагане на всеки елемент при управляващите комбинации от една страна и процентното съдържание на всеки елемент в зависимост от износоустойчивостта и твърдостта, от друга.

В процеса на проведения числен експеримент се сравняват решенията, определящи за прогнозния потенциал на регресионните и невронните модели при многокритериалната оптимизация на две свойства – относителна износоустойчивост и твърдост при контролиране процентното съдържание на трите химически елемента в отложената сплав.

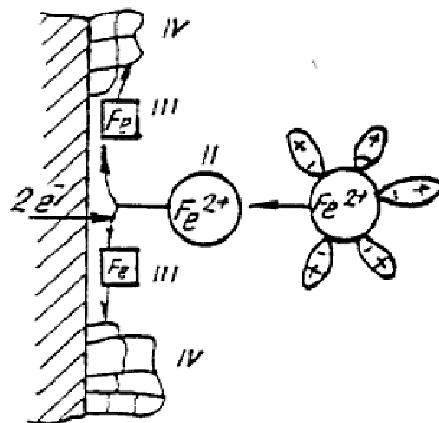
С предложена методика[3] е направен опит да се търсят и намират сходими и компромисни решения при наличие на многообразие и разнородност от изходни данни.

Това е осъществено както и за противоречивост на изискванията към проектираните обекти, така и при значително намален обем на изходните данни.

Проследено е влиянието и взаимодействието между легиращите елементи и техния синергичен ефект, върху свойствата на сплави/покрития и по-конкретно върху техните якостни и експлоатационни свойства.



Фиг.1.Етапи за получаване на електролитно покритие



фиг.2.Принципна схема на електрохимичните химични процеси

Табл.1. Състав на електролитите за получаване на многокомпонентни електролитни покрития

Electrolyte composition	FeCl ₂ ·4H ₂ O	NiCl ₂ ·4H ₂ O	CoCl ₂ ·4H ₂ O	MnCl ₂ ·6H ₂ O	pH
№1	300g/l	10g/l	10g/l	10g/l	0,8
№2	300g/l	25g/l	25g/l	25g/l	0,8

Табл.2. Модели, използвани за съставянето на базата с данни

	Mn	Ni	Co	IZNUS %	HV
b ₀₀	3.62008	3.32643	3.08157	89.3840	52.512
Z ₁	1.38234	1.36054	1.34503	4.37340	-0.5155
Z ₂	0.08241	-0.60414	-0.59063	24.1471	35.5936
Z ₃	0.48683	-1.01095	-1.0057	-1.50069	2.18833
Z ₄	-0.2733	0.20965	0.1962	-1.35690	-11.716
Z ₁ ²	-0.4892	0.26593	0.26269	-13.3486	-
Z ₁ Z ₂	0.3625	-0.02813	-0.0175	-2.96520	-
Z ₁ Z ₃	-0.1913	0.04688	0.04625	-4.00862	-
Z ₁ Z ₄	0.02375	0.17813	0.17375	3.47138	-
Z ₂ ²	-0.01135	0.26593	0.26269	-15.8863	-2.00780
Z ₂ Z ₃	0.01749	0.34687	0.34500	-5.64812	-0.2500
Z ₂ Z ₄	-0.02249	-0.12187	-0.1150	-9.25062	0.376250
Z ₃ ²	0.42373	0.404249	0.40354	-15.0181	11.7220
Z ₃ Z ₄	-0.25625	0.065625	0.06125	-1.56167	-
Z ₄ ²	-0.01387	0.0270057	0.01623	-2.54097	-11.5676
R	0.9350	0.9637	0.9626	0.9939	0.9999
Fisher	4.9631> 2.8677	9.3073> 2.8677	9.0126> 2.8677	93.2084> 2.3764	374.69> 2.3661

Поддържането на постоянно съотношение между отделните компоненти в електролита се постига посредством периодичен химически анализ и въз основа на получените

результати, като се добавя и съответното количество концентрирани разтвори от манганов, кобалтов и никелов хлорид.

При изследването са използвани тиристорен източник за синусодален асиметричен променлив ток и цилиндрични образци от Стомана 40X с диаметър 10 mm и обща площ на покритието 0,01m². Съдържанието на Fe, Ni, Co и Mn в композиционното покритие се определя

по метода на рентгено-спектралния анализ с помощта на рентгенова микросонда тип EDS-system на фирмата Tracor-USA, снабдена със силициев детектор и берилиево прозорче.

Формулиран е подход за числено решаване на едно - и многокритериални задачи за оптимизиране избора на метални материали и технологичния вариант за тяхното обработване.

Разработената методика[3], осигуряваща необходим комплекс от свойства, с контролиране на материални и енергийните разходи. За автоматизираното прилагане на подхода е създаден специализиран софтуер.

Табл.3. База данни, за провеждане на числения експеримент

№	Technological factors				Inputs						Outputs	
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	X ₁ Mn	X ₁ kod Mn	X ₂ Ni	X ₂ kod Ni	X ₃ Co	X ₃ kod Co	%iznust	%otHV
1	0	0	0	0	3,62	-0,014	3,32	-0,445	3,08	-0,440	88,21	52,66
2	0	0	-1	-1	3,56	-0,037	4,62	-0,046	4,37	-0,039	74,06	62,24
3	0	0	1	-1	5,04	0,546	2,47	-0,706	2,23	-0,705	70,88	66,5
4	0	0	1	1	3,98	0,128	3,02	-0,537	2,75	-0,543	68,37	43,18
5	0	0	-1	1	3,52	-0,053	4,91	0,043	4,64	0,045	74,66	38,65
6	-1	0	0	0	1,74	-0,755	2,23	-0,779	1,99	-0,779	70,57	53,21
7	1	0	0	0	4,51	0,337	4,95	0,055	4,68	0,058	79,57	52,12
8	1	0	-1	-1	4,62	0,381	6,03	0,387	5,75	0,390	62,36	61,69
9	1	0	1	-1	5,72	0,815	3,97	-0,245	3,71	-0,244	58,61	65,95
10	1	0	1	1	4,71	0,416	4,87	0,031	4,58	0,026	62,8	42,65
11	1	0	-1	1	4,63	0,385	6,67	0,583	6,37	0,583	69,56	38,1
12	1	-1	1	-1	5,22	0,617	4,39	0,117	4,12	-0,117	24,83	29,04
13	1	-1	1	1	4,26	0,239	5,54	0,236	5,22	0,226	37,53	5
14	1	-1	-1	1	4,21	0,219	8,03	1,000	7,71	1,000	32,93	0
15	1	-1	-1	-1	4,16	0,199	7,15	0,730	6,86	0,736	7,29	24,31
16	1	-1	0	0	4,06	0,160	5,85	0,331	5,56	0,331	39,4	14,61
17	-1	-1	0	0	2,02	-0,645	3,07	-0,521	2,83	-0,518	23,97	15,7
18	-1	-1	1	-1	3,61	-0,018	1,88	-0,887	1,65	-0,885	8,47	30,15
19	-1	-1	1	1	2,55	-0,436	2,31	-0,755	2,06	-0,757	17,96	6,09
20	-1	-1	-1	1	1,74	-0,755	4,99	0,067	4,73	0,073	12,49	1,09
21	-1	-1	-1	-1	1,78	-0,740	4,82	0,015	4,56	0,020	0	25,4
22	-1	1	0	0	1,46	-0,866	1,92	-0,874	1,69	-0,872	79,96	86,76
23	-1	1	1	-1	3,13	-0,207	1,66	-0,954	1,43	-0,953	79,96	100
24	-1	1	1	1	1,98	-0,661	1,61	-0,969	1,37	-0,972	42,15	77,4
25	-1	1	-1	1	1,12	-1,000	2,91	-0,571	2,66	-0,571	59,26	73,34
26	-1	1	-1	-1	1,23	-0,957	3,22	-0,475	2,96	-0,477	83,78	96,2
27	1	1	0	0	4,94	0,507	4,58	-0,058	4,34	-0,048	84,52	85,67
28	1	1	1	-1	6,19	1,000	4,07	-0,215	3,83	-0,207	67,26	98,91
29	1	1	1	1	5,14	0,586	4,73	-0,012	4,46	-0,011	52,85	76,31
30	1	1	-1	1	5,02	0,538	5,83	0,325	5,57	0,334	70,9	72,5
31	1	1	-1	-1	5,05	0,550	5,43	0,202	5,18	0,213	82,21	95,12

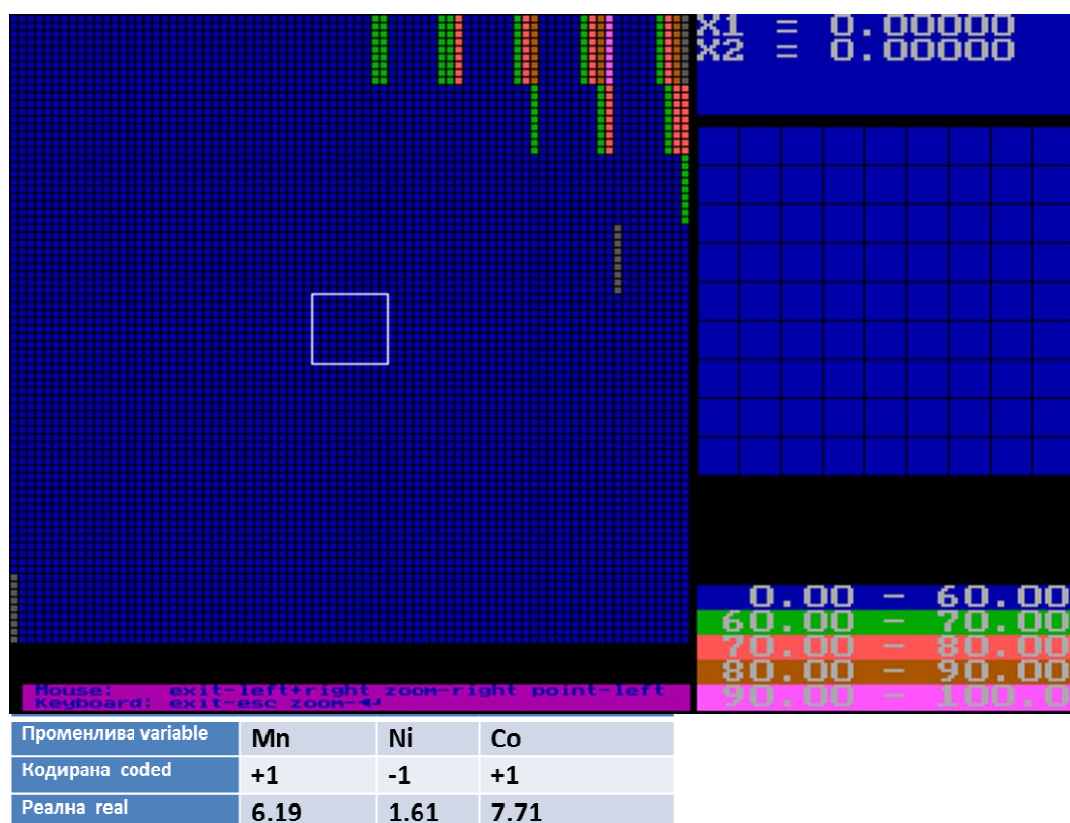
4.РЕЗУЛТАТИ

Предложеният подход използва апроксимация с помощта на регресионния анализ и анализа с изкуствени неврони мрежи. Моделите и точността на пресмятанията от

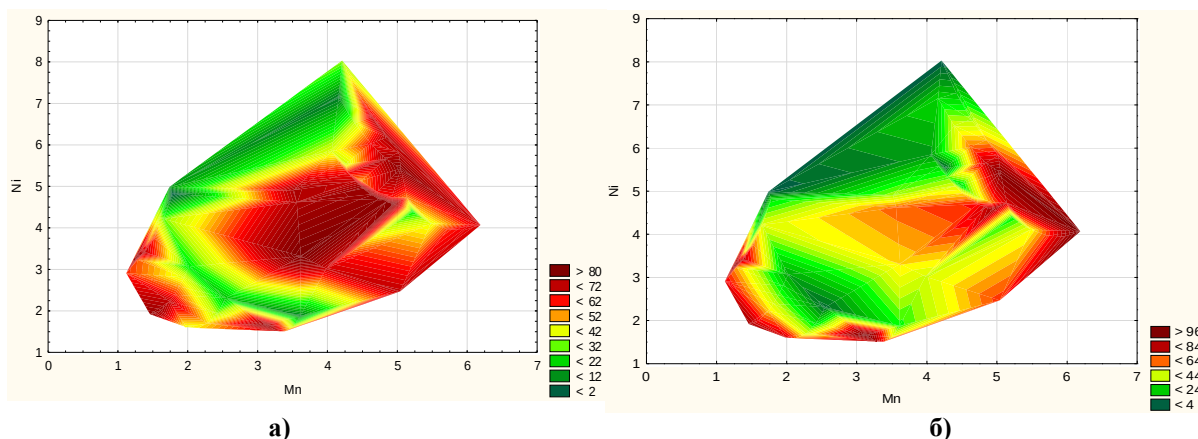
регресионния анализ са представени в таблица 4. На фиг. 3 е представена графична интерпретация на полученото решение. Изображения за износоустойчивостта и твърдостта чрез апроксимация с неврони модели е представена на фиг.4 за изменение на два от изследваните елемента.

Табл. 4. Модели на изследваните величини

	Y1(1) % IZNSUS	Y1(2) % IZNSUS	Y2(1) % HV	Y2(2) % HV
b_{00}	57.0685	58.2145	29.1892	22.4887
X_1	19.3710	25.2347	37.3009	41.8051
X_2	-94.6340	-405.350	-1257.39	-2023.96
X_3	78.3287	378.959	1226.38	1984.43
X_1^2	-12.7748	-32.8400	27.0079	55.4727
$X_1 X_2$	-2292.65	-1510.59	194.361	306.132
$X_1 X_3$	2351.06	1605.56	-135.159	-228.941
X_2^2	3479.11	2434.96	661.906	962.981
$X_2 X_3$	-3510.64	-2478.63	-674.971	-974.088
X_3^2	-	-	-	-
$X_1^2 X_2$	-	468.639	-	3604.57
$X_1^2 X_3$	-	-527.256	-	-3560.16
$X_1 X_2 X_3$	-	67.7922	-	13.6093
R	0.6038	0.6576	0.7205	0.7415
Fisher	3.8019 > 2.1261	3.4628 > 1.9977	7.1530 > 2.1261	5.5522 > 1.9977



Фиг. 3. Решение на оптимизационната задача за определяне количеството на Mn, Ni и Co при максимална износоустойчивост и твърдост



Фиг. 4. Изменение на износоустойчивостта а) и твърдостта б) при изменението на мангана и никела

5.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представени са няколко числени метода от обобщен подход, насочен към една обща цел – моделиране на свойствата и оптимизиране на състава при металургичния дизайн. Предложени са числени стимулационни методи за повишаване на механичните показатели и експлоатационния ресурс на слоеве, при използване техниката за моделиране на свойствата, чрез състава и начина на обработване. Анализирана е информация с висока степен на достоверност, получена с помощта на съвременни изследователски методи, подходи и методики.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Campbell C.E., G.B. Olson, "System design of high performance stainless steels I, Conceptual and computational design", Journal of Computer-Aided Materials Design 2001, 7:145-170.
- [2] Vitos L., P.A. Korzhavyi and B. Johansson, "Stainless steel optimization from quantum mechanical calculations", Nature Materials 2003, 2:25-28.
- [3] Tontchev N. Materials Science, Effective solutions and Technological variants, 2014/3/3, LAMBERT Academic Publishing
- [4] Rajan K., "Materials Informatics Part I: A Diversity of Issues", JOM 2008, 60:50-50.
- [5] Liu Z.K., L.Q. Chen and K. Rajan, "Linking length scales via materials informatics", JOM 2006, 58:42-50.
- [6] Драголов Е. Повишаване трайността на възстановени детайли от земеделската и автотракторна техника, чрез покрития от електролитни сплави, Дисертация, Русе, 2013.

APPLICATIONS NUMERICAL METHODS FOR SELECTING ANALYSIS OF PARAMETERS OF QUALITY RECOVERY OF METAL PRODUCTS AREA

Aleksandar Monov, Martin Ivanov, Nikolay Tonchev
a_monov@abv.bg, martinivanov@abv.bg, tontchev@gmail.com

*Todor Kableshkov University of Transport, Sofia, 158 Geo Milev Str.
 BULGARIA*

Key words: Materials Science, ANN, Analysis, Numerical approaches.

Abstract: The paper for the analysis and optimization of various processing parameters are applied numerical methods in the field of restoration of dimensions and properties of metal products. The proposed methods are associated with the theory of the experiment and using the concept of a multi-factor analysis of various selected parameters of quality. The topicality of such a study is conditioned by the fact that the growing role of product quality requires tools for automating experimental studies and that increasingly is carried out with different numerical methods. They are used to absorb the need to increase the effectiveness of the experimental studies.