

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ



Науковий вісник НЛТУ України
Scientific Bulletin of UNFU

<http://nv.nltu.edu.ua>

<https://doi.org/10.15421/40270618>

Article received 11.09.2017 p.

Article accepted 28.09.2017 p.

УДК 629.113:004.67

ISSN 1994-7836 (print)

ISSN 2519-2477 (online)

✉ Correspondence author

M. I. Herys

mherys@ukr.net

Г. С. Гудз¹, М. І. Герис², І. Я. Захара³, М. М. Осташук¹

¹Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

²Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

³Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

КОМПЛЕКСНИЙ ВПЛИВ ВАГОМИХ ЧИННИКІВ НА ВНУТРІШНІ НАПРУЖЕННЯ У ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ НАСТАЛЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

Досліджено актуальне питання комплексного впливу режимів електролізу на структуру та величину внутрішніх напружень у поверхневих шарах різної товщини насталених автомобільних деталей. Встановлено, що на якість насталених покриттів значною мірою впливають такі вагомні чинники як густина струму, температура та кислотність електроліту. Для визначення комплексного впливу вагомних чинників на внутрішні розтягувальні напруження у поверхневих шарах насталених деталей за різної їх товщини застосовано системний підхід, вихідною передумовою якого є прагнення з максимальною повнотою врахувати початкові та вихідні характеристики об'єкту. На підставі застосування методу планування експерименту отримано регресійні рівняння, які дають змогу оцінити взаємовплив густини струму, кислотності та температури електролізу на внутрішні напруження у поверхневих шарах різної товщини насталених автомобільних деталей. За результатами аналізу регресійних рівнянь й оцінки числових значень та знаків їх коефіцієнтів з'ясовано, що для різної товщини покриття сила й характер впливу чинників є неоднаковими, що дасть змогу вдосконалити технологічні процеси відновлення автомобільних деталей електролітичним нарощуванням.

Ключові слова: густина струму; температура та кислотність електроліту; товщина покриття; рівняння регресії.

Вступ. Статистичні дані свідчать, що до 70 % деталей автомобілів, які відпрацювали один цикл експлуатації, може бути відновлено за собівартістю, яка не перевищує 30 % від нових (Polianskyi et al., 2012), що економічно виправдано в сучасних умовах. З огляду на це електролітичне залізо (тверде насталування) є дуже важливим матеріалом для нарощування та зміцнення деталей завдяки високій техніко-економічній ефективності процесу його отримання, на який впливає багато чинників.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботах (Melkov, 1971; Noncharov, 2008; Polianskyi, 2004) досліджено вплив різних чинників на експлуатаційні показники насталених покриттів деталей, але вони проводилися методами однофакторного або послідовного експериментів. Результати таких досліджень представлено великою кількістю графіків, за якими важко визначити числові значення показників для нового поєднання чинників, що їх визначають. Це й визначає актуальність питання.

Мета дослідження – визначити комплексний вплив

вагомних чинників на внутрішні розтягувальні напруження у поверхневих шарах насталених деталей за різної їх товщини.

Результати дослідження. Відомо (Polianskyi, 2004), що режими електролізу впливають на структуру та величину внутрішніх напружень $\sigma_{\text{вн}}$ у поверхневих шарах осаджень, які повинні бути мінімальними, оскільки вони призводять до появи мікротріщин.

На якість насталених покриттів великий вплив мають такі вагомні чинники, як густина струму D_k , температура електроліту t та його кислотність HCl . Тому під час вивчення складних процесів широко застосовують системний підхід, вихідною передумовою якого є прагнення з максимальною повнотою врахувати початкові та вихідні характеристики об'єкта. Найпоширенішим та найефективнішим таким методом є планування експерименту (Krug et al., 1977). За початкові характеристики для таких досліджень, а саме впливу перерахованих вище чинників на внутрішні напруження у насталених покриттях, прийнято залежності (Melkov, 1971), наведені на рисунку.

Інформація про авторів:

Гудз Густав Степанович, д-р техн. наук, професор. Email: ggudz@polynet.lviv.ua

Герис Микола Іванович, канд. техн. наук, доцент. Email: mherys@ukr.net

Захара Ігор Ярославович, канд. техн. наук, доцент. Email: technikigor83@gmail.com

Осташук Микола Михайлович, канд. техн. наук, доцент. Email: miikola.ostashuck.m@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Гудз Г. С., Герис М. І., Захара І. Я., Осташук М. М. Комплексний вплив вагомних чинників на внутрішні напруження у поверхневих шарах насталених автомобільних деталей. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(6). С. 89–92.

Citation APA: Gudz, G. S., Herys, M. I., Zakhara, I. Ya., & Ostashuk, M. M. (2017). The Substantive Factors Complex Influence on the Surface Layers' Internal Tensions in the Steel Hardened Car's Parts. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(6), 89–92.

<https://doi.org/10.15421/40270618>

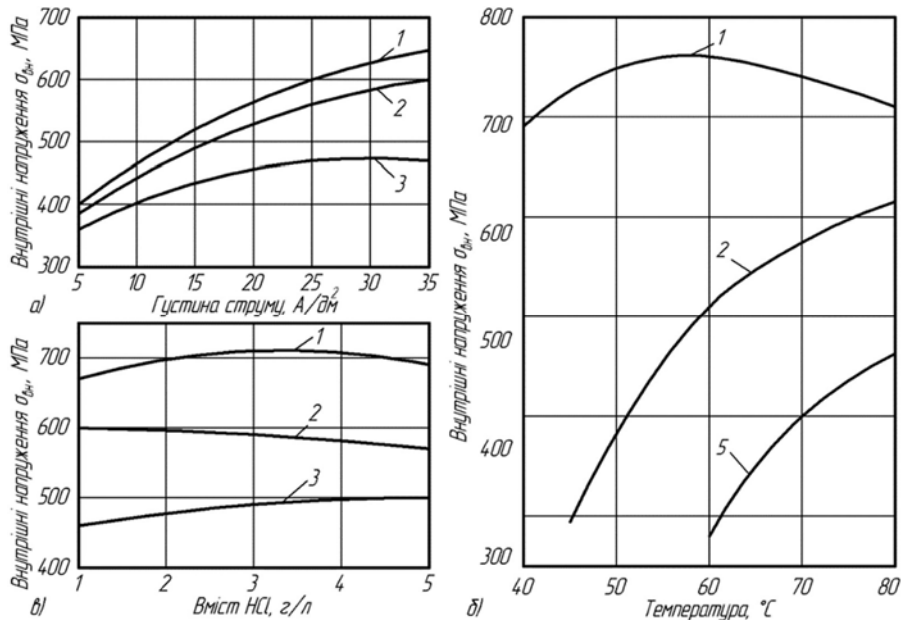


Рис. Вплив густини струму D_k (а), температури t (б) і кислотності HCl (в) електроліту на внутрішні напруження $\sigma_{вн}$ у покриттях завтовшки: 1-2 мкм; 2-10 мкм; 3-20 мкм

Згідно з теорією (Krug et al., 1977) значення досліджуваних чинників прийнято зображати у кодованому вигляді, що істотно полегшує процедуру статистичного опрацювання результатів. Запис значень границь інтервалів у відносних одиницях ± 1 приводить до стандартної форми запису матриці планування експерименту, в якій використовують тільки знаки. Отже, у табл. 1 наведено діапазони зміни густини струму $D_k(x_1)$, кислотності $HCl(x_2)$ та температури $t(x_3)$ електроліту для різної товщини покриттів на підставі експериментальних даних.

Табл. 1. Діапазони зміни досліджуваних чинників

Рівень	Кодовані значення $x_i, i = 1, 2, 3$	Натуральні значення				
		$h = 2, 10, 20$ мкм		Температура, °C		
		$D_k, \text{A/дм}^2$	$HCl, \text{г/л}$	$h = 2$ мкм	$h = 10$ мкм	$h = 20$ мкм
Нижній	-1	5	1	40	50	60
Нульовий	0	20	3	55	60	65
Верхній	+1	35	5	70	70	70

Табл. 2. Повний чинниковий експеримент 2^3

№ з/п	Змінні						Внутрішні напруження у покриттях $\sigma_{вн}, \text{МПа}$					
	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$h = 2$ мкм		$h = 10$ мкм		$h = 20$ мкм	
							експер.	теорет.	експер.	теорет.	експер.	теорет.
1	-	-	-	+	+	+	290	290	275	275	265	265
2	+	-	-	-	-	+	540	540	485	485	375	375
3	-	+	-	-	+	-	310	310	245	245	305	305
4	+	+	-	+	-	-	555	555	455	455	415	415
5	-	-	+	+	-	-	340	340	465	465	385	385
6	+	-	+	-	+	-	590	590	675	675	495	495
7	-	+	+	-	-	+	365	365	435	435	425	425
8	+	+	+	+	+	+	610	610	645	645	535	535

План повного експерименту для трьох чинників, які змінюються на двох рівнях, наведено у табл. 2.

Матриця планування повних чинникових експериментів ортогональна, завдяки чому коефіцієнти регресії регресійного рівняння визначають за формулою (Krug et al., 1977)

$$b_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} y_j, i = 0, 1, \dots, k,$$

де: n – кількість експериментів; y_i – значення параметра оптимізації в i -му експерименті; x_{ij} – значення j -го чинника в i -му експерименті.

Значення b_0 визначається як середнє арифметичне значень y_i .

Розраховані на основі експериментальних даних значення коефіцієнтів регресії дають змогу представити регресійне рівняння у такому вигляді:

$$\sigma_{вн} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3.$$

Розрахунок коефіцієнтів регресійних рівнянь: для покриття завтовшки 2 мкм:

$$b_0 = \frac{290 + 540 + 310 + 555 + 340 + 590 + 365 + 610}{8} = \frac{3600}{8} = 450;$$

$$b_1 = \frac{540 - 290 - 310 + 555 - 340 + 590 - 365 + 610}{8} = \frac{990}{8} = 123,75;$$

$$b_2 = \frac{310 - 290 - 540 + 555 - 340 - 590 + 365 + 610}{8} = \frac{80}{8} = 10;$$

$$b_3 = \frac{340 - 290 - 540 - 310 - 555 + 590 + 365 + 610}{8} = \frac{210}{8} = 26,25;$$

$$b_{12} = \frac{290 - 540 - 310 + 555 + 340 - 590 - 365 + 610}{8} = \frac{-10}{8} = -1,25;$$

$$b_{13} = \frac{290 - 540 + 310 - 555 - 340 + 590 - 365 + 610}{8} = \frac{0}{8} = 0;$$

$$b_{23} = \frac{290 + 540 - 310 - 555 - 340 - 590 + 365 + 610}{8} = \frac{10}{8} = 1,25.$$

Тоді рівняння регресії матиме вигляд

$$\sigma_{вн} = 450 + 123,75x_1 + 10x_2 + 26,25x_3 - 1,25x_1x_2 + 1,25x_2x_3,$$

де $x_1 = \frac{D_k - 20}{15}$; $x_2 = \frac{HCl - 3}{2}$; $x_3 = \frac{t - 55}{15}$.

Використовуючи рівняння регресії, розраховуємо теоретичні значення $\sigma_{\text{вн.т}}$, МПа, у покриттях завтовшки 2 мкм:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{вн.т.1}} &= 450 - 123,75 - 10 - 26,25 - 1,25 + 1,25 = 290; \\ \sigma_{\text{вн.т.2}} &= 450 + 123,75 - 10 - 26,25 + 1,25 + 1,25 = 540; \\ \sigma_{\text{вн.т.3}} &= 450 - 123,75 + 10 - 26,25 + 1,25 - 1,25 = 310; \\ \sigma_{\text{вн.т.4}} &= 450 + 123,75 + 10 - 26,25 - 1,25 - 1,25 = 555; \\ \sigma_{\text{вн.т.5}} &= 450 - 123,75 - 10 + 26,25 - 1,25 - 1,25 = 340; \\ \sigma_{\text{вн.т.6}} &= 450 + 123,75 - 10 + 26,25 + 1,25 - 1,25 = 590; \\ \sigma_{\text{вн.т.7}} &= 450 - 123,75 + 10 + 26,25 + 1,25 + 1,25 = 365; \\ \sigma_{\text{вн.т.8}} &= 450 + 123,75 + 10 + 26,25 - 1,25 + 1,25 = 610.\end{aligned}$$

Оцінки коефіцієнтів регресійного рівняння незалежні і їх числові значення та знаки вказують на силу і характер впливу чинників. Чим більша величина коефіцієнта, тим сильнішим є вплив чинника на параметр оптимізації. Якщо коефіцієнт має знак "+", то зі збільшенням значення чинника параметр оптимізації збільшується, а якщо "–" – то зменшується.

За силою впливу чинники розташовуються в такій послідовності: густина струму, температура електроліту, кислотність електроліту.

Аналогічно отримано рівняння регресії для покриття:

- завтовшки 10 мкм:
 $\sigma_{\text{вн.т}} = 460 + 105x_1 - 15x_2 + 95x_3$
- завтовшки 20 мкм:
 $\sigma_{\text{вн.т}} = 400 + 55x_1 + 20x_2 + 60x_3$

За силою впливу на внутрішні напруження у покриттях завтовшки 10 мкм чинники розташовуються в такій послідовності: густина струму (x_1), температура електроліту (x_3) та кислотність електроліту (x_2). При цьому зростання значень чинників (x_1) та (x_3) призво-

дить до зростання $\sigma_{\text{вн}}$, а зростання чинника (x_2) – до зменшення.

Стосовно впливу на внутрішні напруження у покриттях завтовшки 20 мкм чинники розташовуються у такій послідовності: температура електроліту, густина струму та кислотність електроліту. Зростання величини кожного з чинників призводить до зростання внутрішніх напружень у покритті.

Висновок. На підставі застосування методу планування експерименту отримано регресійні рівняння для визначення внутрішніх напружень різної товщини насталених покриттів деталей, які дають змогу оцінити ступінь та характер взаємовпливу на них густини струму, температури та кислотності електроліту.

Перелік використаних джерел

- Polianskyi, O. S., Savchenkov, B. V. & Baitsur, M. V. (2012). *Tekhnolohiia vidnovlennia detalei ta remontu avtomobiliv*. Khar'kiv: Vyd-vo KhNADU. 320 p. [in Ukrainian].
- Melkov, M. P. (1971). *Tverdoe ostalivanie avtotraktornykh detalei*. Moscow: Transport. 224 p. [in Russian].
- Honcharov, V. H. (2008). *Pidvyshchennia resursu transportnoi tekhniky udoskonalenniam tekhnolohii remontu kolinchastykh valiv*. *Abstract of Candidate Dissertation for Technical Sciences* (05.22.20 – Eksploatatsiia ta remont zasobiv transportu). Kharkiv, 20 p. [in Ukrainian].
- Polianskyi, O. S. (2004). *Formuvannia vlastyvoستي nadiinosti avtotraktornykh dvyhuniv u harantiinyi i pisliaharantiinyi periody eksploatatsii*. *Abstract of Candidate Dissertation for Technical Sciences* (05.22.20 – Eksploatatsiia ta remont zasobiv transportu). Kharkiv. 34 p. [in Ukrainian].
- Krug, G. K., Sosulin, Iu. A. & Fatuev, V. A. (1977). *Planirovanie eksperimeta v zadachakh identyfikatsii i ekstrapoliatsii*. Moscow: Nauka. 207 p. [in Russian].

Г. С. Гудз¹, Н. И. Герус², И. Я. Захара³, Н. М. Остащук¹

¹Національний університет "Львівська політехніка", г. Львів, Україна

²Національний лісотехнічний університет України, г. Львів, Україна

³Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу, г. Івано-Франківськ, Україна

КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕСОМЫХ ФАКТОРОВ НА ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ОСТАЛЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Исследован актуальный вопрос комплексного влияния режимов электролиза на структуру и величину внутренних напряжений в поверхностных слоях различной толщины осталенных автомобильных деталей. Установлено, что на качество осталенных покрытий в значительной степени влияют такие весомые факторы, как плотность тока, температура и кислотность электролита. Для определения комплексного воздействия весомых факторов на внутренние растягивающие напряжения в поверхностных слоях осталенных деталей при различной их толщине применен системный подход, исходной предпосылкой которого является стремление с максимальной полнотой учесть начальные и выходные характеристики объекта. На основании применения метода планирования эксперимента получены регрессионные уравнения, позволяющие оценить взаимовлияние плотности тока, кислотности и температуры электролита на внутренние напряжения в поверхностных слоях различной толщины осталенных автомобильных деталей. По результатам анализа регрессионных уравнений и оценки числовых значений и знаков их коэффициентов выяснено, что для разной толщины покрытия сила и характер влияния факторов являются неодинаковыми, что позволит усовершенствовать технологические процессы восстановления автомобильных деталей электролитическим наращиванием.

Ключевые слова: плотность тока; температура и кислотность электролита; толщина покрытия; уравнения регрессии.

G. S. Gudz¹, M. I. Herys², I. Ia. Zakhara³, M. M. Ostashuk¹

¹Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

²Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

³Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

THE SUBSTANTIVE FACTORS COMPLEX INFLUENCE ON THE SURFACE LAYERS' INTERNAL TENSIONS IN THE STEEL HARDENED CAR'S PARTS

The parts steel hardening allows to provide them the high indexes of wear resistance, hardness, corrosion resistance; to restore the dimensions and coatings' properties, what is economically justified. However, all galvanic coatings are characterized by the internal stresses, which are accompanied by the tendency of coat cracking, peeling and the fatigue strength level reduce. The main factors, which have an influence on the coatings' properties under the steel hardening, are: the electric current density; the electrolyte acidity and temperature. Until recently, the studies of these factors were carried out by methods of one-factor or sequential experiments, by

the results of which it is difficult to determine their numerical values for a new combination of the factors. Therefore now, during the conceptual studies of complex technical objects, the systemological approach is used, which initial preconditions are in trying to maximally take into account the input and output characteristics of the object. To the most designed and effective methods of the systemological approach implementation should be considered the mathematical planning of experiment. In this case, it means as the choice of the number and the conditions of the conducting experiments, as it is necessary and sufficient for the problem solving. The mathematical theory of the experiment, in general case, does not limit, neither the number of investigated factors, nor the number of parameters, which are evaluated and optimized. Consequently, during practical implementation of those theory methods, in order to increase their capacity and efficiency, there is the tendency to reduce both: the number of investigated factors and optimization parameters (output indicators). For this purpose it is widely used: a priori information of the object behavior, the specially designed methods of the non-significant factors isolating (ranking method, expert estimation method, random search, etc.), the transition to a generalized optimization parameter and the consideration some of the optimization parameters as constraints. Therefore, in the article provides a plan for a complete factor experiment for three factors (current density, acidity and electrolyte on the two levels temperature). Working out of the matrix, make it possible to estimate the mutual influence of the above factors on internal stresses in the different thicknesses surface layers of the steel hardened car's parts. According to the results of the regression equations analysis, of the numerical values estimates and of their coefficients signs, it has been established that the nature of such influence and its intensity are qualitatively different in the case of different thicknesses of the coating. This will make possible to improve the technological processes of car's parts restoring by the electrolytic augmentation.

Keywords: electric current density; electrolyte temperature and acidity; coating thickness; regression equation.