

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОГО ЗМЦНЮВАЛЬНОГО ТОЧІННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ковалевський С. В., Тулупов В. І., Янюшкін А. С., Лобанов Д. В.

Предложена методика многофакторного исследования влияния режимов электроимпульсного упрочняющего точения на шероховатость поверхности образцов из стали 40ХН. Разработанная методика позволяет провести более точный анализ большого количества параметров технологического процесса при малом количестве опытов, что в свою очередь сокращает время и затраты средств для проведения натурального (полномасштабного) эксперимента. Применение нейросетевого моделирования имеет большую эффективность в сочетании с дробным факторным экспериментом при большом числе переменных факторов для исследования их влияния на функцию отклика с целью оптимизации технологических процессов. Поставленная в работе задача выполнена с достаточной точностью.

Запропоновано методику багатофакторного дослідження впливу режимів електроімпульсного зміцнювального точіння на шорсткість поверхні зразків зі сталі 40ХН. Розроблена методика дозволяє провести більш точний аналіз великої кількості параметрів технологічного процесу при малій кількості дослідів, що в свою чергу скорочує час і витрати коштів для проведення натурального (повномасштабного) експерименту. Застосування нейромережевого моделювання має велику ефективність у поєднанні з дробовим факторним експериментом при великому числі змінних факторів для дослідження їх впливу на функцію відгуку з метою оптимізації технологічних процесів. Поставлена в роботі задача виконана з достатньою точністю.

The method of multivariate studies on the effect of electro-reinforcing lathe turning on the surface roughness of specimens of steel 40ХН is suggested. The developed technique allows a more accurate analysis of a large number of process parameters with a small number of experiments, which in turn reduces the time spent and the means to conduct full-scale of the experiment. Application of neural network modeling is more effective in combination with a fractional factorial experiment with a large number of variables to study their effect on the response function to process optimization. The stated objective of the work is done with sufficient accuracy.

Ковалевский С. В.

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ТиУП ДГМА
sergey.kovalevskii@dgma.donetsk.ua

Тулупов В. И.

ассистент кафедры ТиУП ДГМА

Янюшкин А. С.

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой БрГУ
yanyushkin@brstu.ru

Лобанов Д. В.

канд. техн. наук, доц. БрГУ
mf_nauka@brstu.ru

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск

БрГУ – Братский государственный университет, г. Братск, Россия

УДК 621.787.001.57

Ковалевський С. В., Тулупов В. І., Янюшкін А. С., Лобанов Д. В.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОГО
ЗМІЦНЮВАЛЬНОГО ТОЧІННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Основним напрямком теоретичних та експериментальних досліджень імпульсних методів поверхневого зміцнення деталей машин [1] є вивчення їх технологічних можливостей та вплив технологічних параметрів на якість поверхневого шару робочих поверхонь деталей, що обробляються.

Великими потенціалом в поліпшенні експлуатаційних властивостей поверхонь деталей, які працюють в умовах тертя і контактних навантажень, володіють методи, засновані на застосуванні концентрованих потоків енергії, що пов'язано з локальністю їх дії на поверхню, яка обробляється. Серед них, має місце електроімпульсне зміцнювальне точіння (ЕІЗТ) [2].

Суть методу ЕІЗТ полягає у тому, що одночасно з формоутворенням, проводиться зміцнення, при утворенні в поверхневому шарі регулярних дискретних структур. В процесі електроімпульсного зміцнювального точіння, послідовно зі зняттям припуску при проходженні імпульсу струму через контактний майданчик «різець-деталь», відбувається інтенсивне розігрівання ювенільної поверхні калібрувальною фаскою ріжучої пластини, що приводить до зниження межі текучості і збільшенню пластичності матеріалу.

Метою роботи є дослідження впливу режимів обробки ЕІЗТ: сили струму I ; частоти струму f ; шпаруватості імпульсів струму q ; швидкості різання v ; подачі S і глибини різання t , на шорсткість поверхні зразків зі сталі 40ХН.

Дослідження шорсткості зміцнених поверхонь проводили на профілометрі мод. 170623 з інформаційно-обчислювальним комплексом. Шорсткість обробленої поверхні оцінювалася середнім арифметичним відхиленням профілю Ra за ГОСТ 2789-73. Сканування поверхні виконувалось на трьох ділянках кожного зразка, і за його результатами визначали середню величину.

Експериментальними дослідженнями було встановлено вплив режимів обробки ЕІЗТ, а саме механічних: швидкості різання; подачі та глибини різання; та електричних: частоти; шпаруватості та сили імпульсного струму, на шорсткість поверхні зразків.

Для параметра шорсткості Ra , за результатами статистичної обробки дробового факторного експерименту з планом 2^{6-3} (табл. 1), побудовано графіки поверхонь відгуку (рис. 1-3) та одержані рівняння регресії у кодовому (1) та натуральному (2) виразі:

$$Y = 1,049 - 0,1267X_1 - 0,0517X_2 - 0,065X_3 - 0,0242X_1X_2 - 0,0142X_1X_3; \tag{1}$$

$$Ra = 1,640 - 0,00127I - 0,00207v - 0,00325q - 0,00012f - 0,08875S. \tag{2}$$

Після перетворень виразу (2) отримали ступеневе рівняння:

$$Ra = \frac{11,92}{I^{0.223} \cdot v^{0.155} \cdot q^{0.136} \cdot f^{0.035} \cdot S^{0.026}}, \tag{3}$$

де I – сила імпульсного струму, А;
 v – швидкість різання м/хв;
 q – шпаруватість імпульсного струму, %;
 f – частота імпульсного струму, Гц;
 S – подача, мм/об.

Таблиця 1

Результати експериментальних дослідження впливу режимів ЕІЗТ на шорсткість поверхні

Режими обробки	X1 I , А	X2 v , м/хв	X3 q , %	X4 f , Гц	X5 S , мм/об.	X6 t , мм	\bar{Y} Ra , мкм
P1	100	50	25	500	0,39	0,5	1,25
P2	300	50	25	100	0,07	0,5	1,08
P3	100	100	25	100	0,39	0,2	1,20
P4	300	100	25	500	0,07	0,2	0,93
P5	100	50	65	500	0,07	0,2	1,16
P6	300	50	65	100	0,39	0,2	0,92
P7	100	100	65	100	0,07	0,5	1,09
P8	300	100	65	500	0,39	0,5	0,77

Аналіз рівняння регресії (2) показав, що максимальний вплив на величину мікронерівностей поверхні зразків, що формуються в процесі ЕІЗТ, надають швидкість різання v , сила імпульсного струму I , шпаруватість струму q та його частота f , а глибина різання в області експерименту ($t = 0,2 \dots 0,5$ мм) не робить впливу на шорсткість обробленої поверхні зразків. Збільшення сили струму приводить до зниження висоти мікронерівностей, та зі збільшенням швидкості обробки параметр шорсткості Ra зменшується. Перевірка одержаних математичних моделей на адекватність дала позитивний результат.

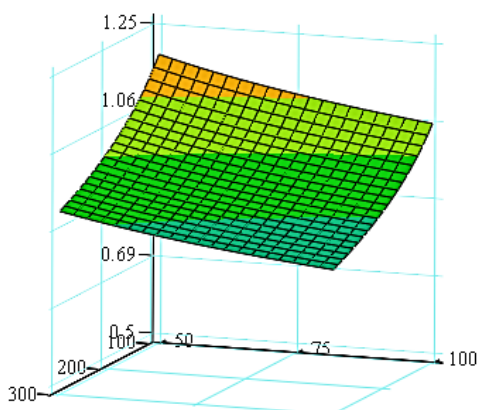


Рис. 1. Графік впливу сили імпульсного струму I і швидкості різання v на шорсткість поверхні Ra

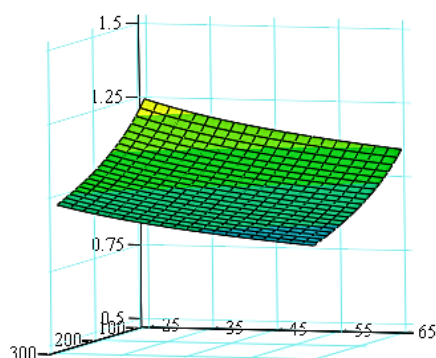


Рис. 2. Графік впливу сили імпульсного струму I і шпаруватості q на шорсткість поверхні Ra

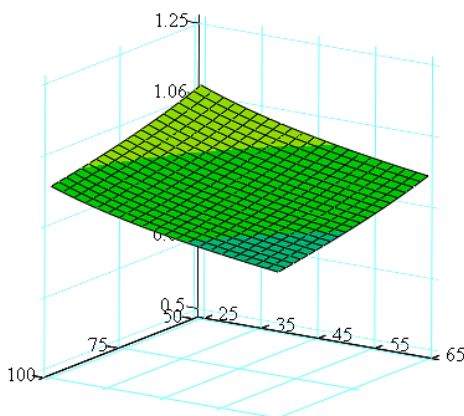


Рис. 3. Графік впливу швидкості різання v і шпаруватості імпульсного струму q на шорсткість поверхні Ra

Для встановлення нелінійності характеристики залежності шорсткості Ra від сили струму було проведено експериментальне дослідження, план якого наведено у табл. 2. Для уникнення систематичної помилки досліджень, у ході виконання плану факторного експерименту, була проведена рандомізація дослідів.

Таблиця 2

План однофакторного експерименту досліджень впливу сили струму на шорсткість поверхні

Режими обробки	t , мм	S , мм/об.	f , Гц	q , %	v , м/хв	I , А	Ra , мкм
P1	0,35	0,23	300	45	75	0	1,21
P2						100	1,16
P3						150	1,08
P4						200	0,98
P5						250	0,91
P6						300	0,94

За результатами досліджень було побудовано графік залежності шорсткості поверхні Ra від сили струму і швидкості різання при незмінних останніх факторах (рис. 4). За аналізом результатів експериментальних досліджень встановлено, що при середніх значеннях глибини різання, подачі, частоті струму та швидкості різання та при шпаруватості струму, спостерігається зниження шорсткості при різних значеннях сили струму. Залежності мають екстремальний характер, з мінімумом шорсткості в інтервалі сили струму від 200 до 300 А.

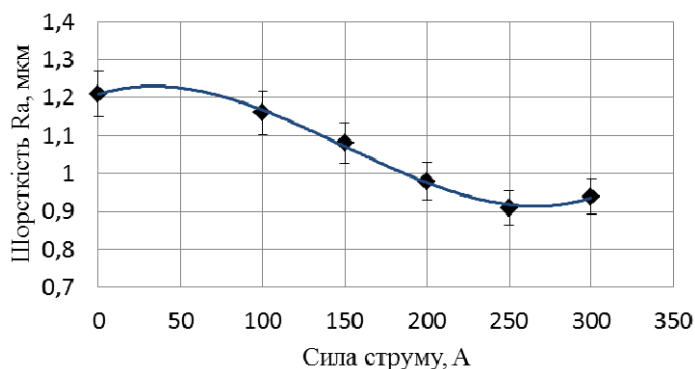


Рис. 4. Графік залежності шорсткості поверхні від сили струму

Таким чином, встановлено, що існує діапазон значень технологічних параметрів (I, v) в якому величина мікронерівностей має найменше значення, тобто $Ra(I)$ та $Ra(v)$ мають екстремум.

Для розкриття більш повної картини впливу режимів обробки на шорсткість поверхні, що обробляється, було застосовано метод нейромережного моделювання. Як входи прийняті технологічні режими (параметри імпульсного струму: сила струму – I ; його частота – f та шпаруватість – q , а також механічні: швидкість різання – v ; подача – S і глибина різання – t), а як вихід – шорсткість обробленої поверхні Ra .

За одержаними експериментальними даними була виконана математична обробка за допомогою програми NeuroPro [3].

У результаті нейромережного моделювання одержано вербальний опис моделі:

Поля бази даних (вихідні симптоми):

- X1
- X2
- X3

Поля бази даних (кінцеві синдроми):

- Y

Попередня обробка вхідних полів БД для подачі мережі:

- $X1 = (X1-200) / 100$
- $X2 = (X2-75) / 25$
- $X3 = (X3-45) / 20$

Функціональні перетворювачі:

Сігмоїда1 (A) = $A / (0,1 + |A|)$

Синдроми 1-го рівня:

Сіндром1_1 = Сігмоїда1 (-0,5806515 * X1 + X3 + 0,3890559)

Сіндром1_2 = Сігмоїда1 (-0,2332927 * X1 - 0,1529804 * X2 + 0,06319178)

Кінцеві синдроми:

$Y = -0,3385174 * \text{Сіндром1}_1 + \text{Сіндром1}_2 + 0,09906421$

Постобробка кінцевих синдромів:

$Y = ((Y * 0,480000019073486) + 2,01999998092651) / 2$.

У результаті нейромережного моделювання отримані значимості входів, які показують, що в процесі зміцнення деталей зі сталі 40ХН найбільший вплив на шорсткість робить сила струму зі значимістю 1, швидкість різання 0,6013418 та шпаруватість імпульсного струму 0,4591422.

Порівняльний аналіз зв'язків технологічних режимів з показником якості поверхні представлені у вигляді графіків (рис. 5–7), побудованих на основі даних моделювання, що дозволило визначити оптимальні режими обробки, при яких досягається задана шорсткість поверхні, що обробляється.

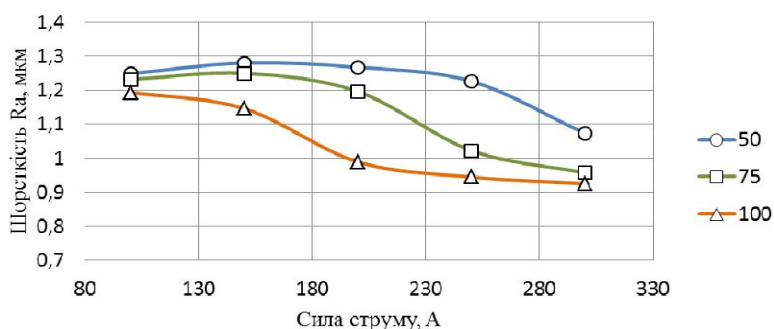


Рис. 5. Графік залежностей шорсткості поверхні від сили струму і швидкості різання при шпаруватості імпульсного струму $q = 25 \%$

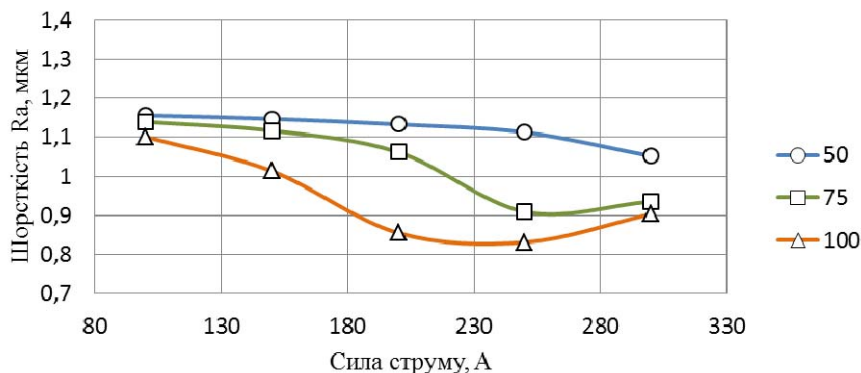


Рис. 6. Графік залежностей шорсткості поверхні від сили струму і швидкості різання при шпаруватості імпульсного струму $q = 45 \%$

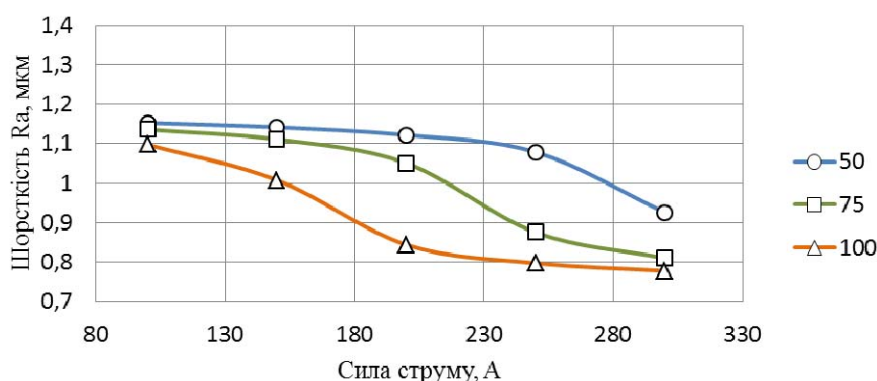


Рис. 7. Графік залежностей шорсткості поверхні від сили струму і швидкості різання при шпаруватості імпульсного струму $q = 65 \%$

Аналіз результатів дослідження показав, що при збільшенні швидкості різання на зниження шорсткості поверхні впливає імпульсний струм, сила якого досягає певного значення. При цьому максимальне зменшення здійснюється при максимальній шпаруватості струму, прийнятій у плані експерименту $q = 65 \%$. При швидкості різання у діапазоні 75...100 м/хв та шпаруватості імпульсного струму 45 %, шорсткість поверхні має екстремальний характер (рис. 6), а при підвищенні шпаруватості імпульсного струму – екстремуму не існує.

ВИСНОВКИ

Запропонована методика багатofакторного дослідження впливу режимів електроімпульсного зміцнювального точіння на шорсткість поверхні зразків зі сталі 40ХН, яка дозволяє провести більш точний аналіз великої кількості параметрів технологічного процесу, при малій кількості дослідів, що в свою чергу скорочує час і затратені кошти для проведення натурного (повномасштабного) експерименту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семенов А. П. Методы и средства упрочнения поверхностей деталей машин концентрированными потоками энергии / А. П. Семенов, И. Б. Ковш, И. М. Петрова и др. – М. : Наука, 1992. – 404 с.
2. Формирование регулярной дискретной структуры при чистовом точении с импульсным током / С. В. Ковалевский, В. И. Тулунов, А. А. Попивненко, Ю. Б. Борисенко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – Вип. 21. – С. 233–237.
3. Бровкова М. Б. Системы искусственного интеллекта в машиностроении : учеб. пособие / М. Б. Бровкова. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. – 119 с.

Стаття надійшла до редакції 07.11.2011 р.