

УДК 621.914:004.94

О.А. Соколова, студентка гр. ПБ-61, к.т.н, доц. Вислоух С.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ЖАРОСТІЙКОЇ СТАЛІ ЗАСОБАМИ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Анотація. В статті розглядаються питання дослідження оброблюваності легованих сталей при їх механічній обробці. Наведено результати торцевого фрезерування жаростійкої сталі при різних режимах різання. Засобами пакету MatLab створено штучну нейронну мережу, що моделює досліджуваний процес. Вибрано ефективний метод навчання мережі і надано результати прогнозування потужності обробки при різних режимах різання.

Ключові слова: конструкційні матеріали, процес фрезерування, моделювання, штучні нейронні мережі, пакет MatLab.

ВСТУП

В сучасному приладобудуванні для виготовлення деталей широко використовуються сталі та сплави з високими показниками твердості, жароміцності, жаростійкості, а також стійкості проти корозії. Жаростійкі сталі та сплави відносяться до важкооброблюваних матеріалів. Вони значно гірше піддаються обробці різанням в порівнянні з іншими конструкційними сталями. Низька оброблюваність даних матеріалів визначається їх фізико-механічними властивостями. Головна структура більшості жаростійких сталей зазвичай є твердим розчином аустенітного класу з гранецентрованою кубічною решіткою. Висока дисперсність структури деяких жаростійких перешкоджає утворенню та розвитку процесів ковзання, при цьому опір повзучості сплаву підвищується [1].

Основними особливостями процесу обробки жаростійких сталей та сплавів є високе зміцнення матеріалу в процесі деформації різанням; мала теплопровідність оброблюваного матеріалу, що призводить до підвищеної температури в зоні контакту, а як наслідок, до активації явищ дифузії та адгезії, інтенсивному зносу ріжучої частини інструменту; здатність зберігати вихідну міцність та твердість при підвищених температурах, що призводить до високих граничних навантажень на контактні поверхні інструменту в процесі різання; знижена вібростійкість руху різання, що обумовлено високою зміцнюванністю жароміцних матеріалів за нерівномірного протікання процесу їх пластичної деформації [1].

Тому поставлена задача виконати дослідження оброблюваності жаростійкої сталі фрезеруванням за різних режимів різання.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для реалізації поставленої задачі проведено експериментальне визначення потужності, що витрачається на фрезерування площинних поверхонь торцевими фрезами різних діаметрів заготовок зі жаростійкої сталі 10X11H20T3P. В таблицях 1, 2 та 3 наведено хімічний склад фізико-механічні характеристики оброблюваного матеріалу [2].

Експериментальні дослідження виконувались на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6M11B торцевими фрезами, що виготовлені з швидкорізальної

сталі Р6М5К5 з охолодженням емульсією. При цьому використано фрези діаметрів 80 мм, 125 мм, 160 мм та 200 мм.

Таблиця 1. Хімічний склад сталі 10X11H20T3P.

Вуглець C	Крем- ний Si	Марга- нець Mn	Хром Cr	Нікель Ni	Титан Ti	Алю- міній Al	Сірка S	Фосфор P
≤0,10%	≤1,0%	≤1,0%	11,0%	20,0%	3,0%	≤0,80%	≤0,02%	≤0,025%

Таблиця 2. Механічні властивості сталі 10X11H20T3P при T=20°C.

Сортамент	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, кДж/м ²	Термо-обробка
Лист холоднокатан.	600		40			Загартування 1100°C, повітря
Пруток, ГОСТ5949-75	800	590	10	15	290	Загартування і старіння

Таблиця 3. Фізичні властивості сталі 10X11H20T3P при T=20°C.

$E \cdot 10^{-5}$, МПа	$\alpha \cdot 10^6$, 1/Град	λ , Вт/(м*град)	ρ , кг/м ³
1,6	-	15,2	7900

При фрезеруванні глибина різання t змінювалась в межах від 1 до 3 мм, подача s – від 75 до 150 мм/хв., а швидкість різання V від 19,0 до 41,5 мм/хв.

В результаті проведених досліджень встановлено, що потужність приводу верстату змінювалась в межах від 0,40 до 4,01 кВт в залежності від режимів різання та діаметра фрези.

Моделювання процесу торцевого фрезерування за результатами проведених експериментальних досліджень виконувалось з метою прогнозування потужності різання при різних умовах обробки.

В [3] встановлено, що використання штучних нейронних мереж є ефективним засобом моделювання технологічних параметрів.

Для прогнозування потужності процесу фрезерування в даній роботі застосовано інструменти програми MatLab, а саме: модуль Neural Network Toolbox. Вбудовані штучні нейронні мережі пакету MatLab дозволили навчити та використати вже існуючу нейронну мережу. Дана програма містить три алгоритми для навчання: алгоритм зворотного розповсюдження Левенберга-Марквардта (Levenberg-Marquardt); алгоритм маштабуємих спряжених градієнтів (Scaled Conjugate Gradient); алгоритм байесової регуляризації (Bayesian Regularization). Порівняємо дані алгоритми застосувавши їх на практиці для вирішення поставленої задачі.

В дослідженнях використано багатошарові мережі передачі вперед із сигмоподібними нейронами та лінійними вихідними нейронами. Тренування проходило на 70% даних, перевірка – на 15%, тестування також на 15%. Кількість прихованих шарів – 40. Нейронна мережа навчалася на 32 вимірах, в

які входять діаметр та ширина фрези, глибина фрезерування, подача, швидкість та потужність фрезерування.

На рисунках 1, 2 і 3 наведено результати навчання штучної нейронної мережі за різними алгоритмами навчання.

Встановлено, що тестування нейронних мереж при використанні різних алгоритмів на однакових даних дало різні значення та діапазон можливих похибок. Найбільш точним виявився алгоритм Bayesian Regularization, що має суттєвий вплив при вирішенні задач. Похибка даного алгоритму варіює в межах від -0,028 до 0,026.

Виконано прогнозування потужності процесу фрезерування за різними режимами різання за допомогою створеної штучної нейронної мережі, результати якого наведено в таблиці 4.

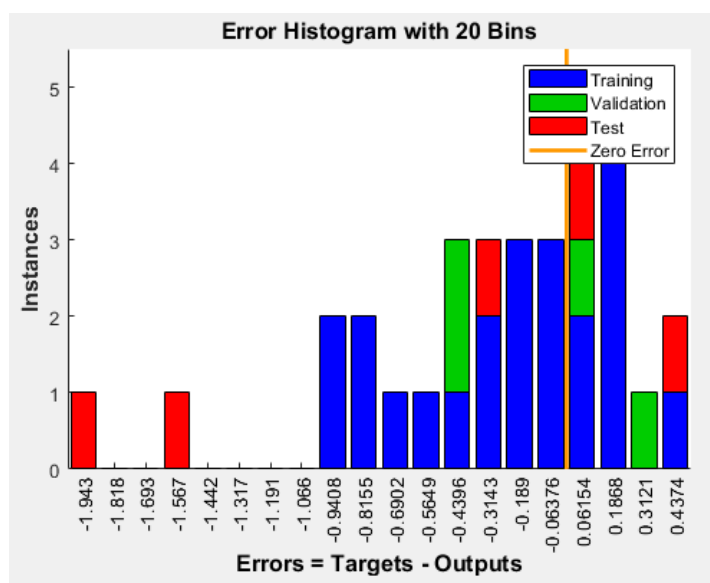


Рис. 1. Гістограма розкиду похибок навчання за алгоритмом Scaled Conjugate Gradient.

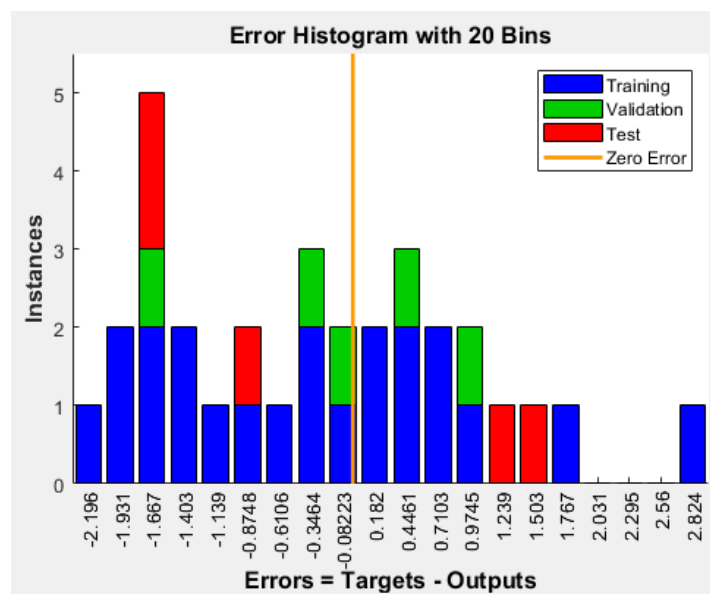


Рис. 2. Гістограма розкиду похибок навчання за алгоритмом Levenberg-Marquardt.

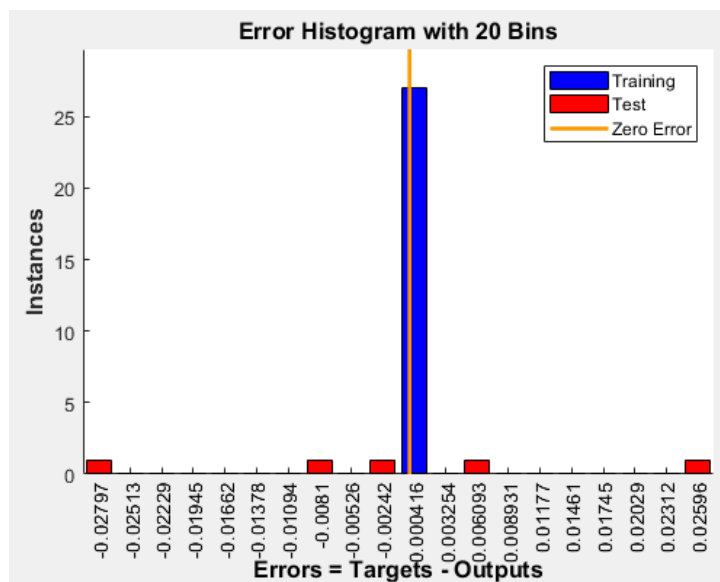


Рис. 3. Гістограма розкиду похибок навчання за алгоритмом Bayesian Regularization.

Таблиця 4. Результати прогнозування потужності процесу фрезерування.

<i>D, мм</i>	<i>B, мм</i>	<i>t, мм</i>	<i>S, мм/хв.</i>	<i>V, м/хв.</i>	<i>N, кВт</i>
160	100	3	115	21	3,4200
80	55	2	165	27,5	1,6300
200	100	3	135	23,3	3,4910
150	60	2,3	75	21	2,1742
160	80	3	150	40	1,5506

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволили створити штучну нейронну мережу, що моделює процес торцевого фрезерування жаростійкої сталі. Встановлено, що ефективним інструментарієм для моделювання є використання модуля Neural Network Toolbox пакету MatLab. Для навчання нейронної мережі при моделюванні процесу фрезерування жаростійкої сталі доцільно застосовувати алгоритм байєсової регуляризації (Bayesian Regularization).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Исследование обрабатываемости резанием нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов / ДонНТУ – Режим доступа: [www.URL:http://masters.donntu.org/2005/mech/tkach/diss/index.htm](http://masters.donntu.org/2005/mech/tkach/diss/index.htm) – 19.04.2005
- [2] Марочник стали и сплавов – Режим доступа: [www.URL:http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=24](http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=24).
- [3] Соколова О. А. Моделювання періоду стійкості твердосплавних різців при обробленні титанових сплавів. / О.А. Соколова, С.П. Вислоух // Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю “ПРОЦЕСИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ, ВЕРСТАТИ ТА ІНСТРУМЕНТ”, 6-9 листопада 2019 р. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка». – 2019. – С. 181-182.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Вислоух С.П.