

К.С. Барандич, аспір.

О.В. Волошко, аспір.

С.П. Вислоух, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України, "КПІ"

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

В статті наведено методику визначення оброблюваності конструкційних матеріалів та раціональних режимів різання, що не вимагає значних експериментальних досліджень. Для цього запропоновано використовувати методи багатовимірного статистичного аналізу (факторний, кластерний та дискримінантний аналіз). Наведено приклад використання запропонованої методики при визначенні відносної оброблюваності сталі 70.

Вступ. Сучасне приладобудування характеризується використанням значної кількості різноманітних конструкційних матеріалів, які відрізняються один від одного своїми специфічними властивостями. Тому перед виробниками виникає потреба визначення режимів обробки кожного із цих матеріалів.

В даний час основним методом призначення режимів різання, як і раніше, залишається нормативно-довідковий. Кваліфікований технолог призначає режими обробки на підставі власного професійного досвіду. Однак подібний підхід стає неефективним з появою на виробництві нових, ще не апробованих матеріалів. При цьому строки, що відводяться на їхнє освоєння, вимагають використання нових методів роботи технолога з розв'язання даних питань.

В роботах Д.В. Виноградова [1], В.Ф. Без'язичного [2] і С.В. Грубого [3, 4] розглядаються питання визначення раціональних параметрів механічної обробки деталей в машинобудуванні. Але в цих роботах та в роботах інших авторів пропонується визначати оброблюваність матеріалів та режими різання шляхом проведення довготривалих експериментальних досліджень і за складною методикою, що вимагає також значних витрат часу, споживаної енергії, та матеріалів. Крім того, при визначенні режимів обробки не враховуються особливості конкретного конструкційного матеріалу.

Постановка задачі. Відомо, що оброблюваність матеріалу в основному визначається його хімічним складом, фізико-механічними властивостями та структурою. Пропонується визначати

оброблюваність конструкційного матеріалу не шляхом проведення тривалих експериментальних досліджень, що пов'язані з його деформуванням, наприклад різанням, а математичною обробкою інформації про склад та властивості досліджуваного матеріалу, тобто неруйнівними методами.

Тому для визначення раціональних режимів обробки нових матеріалів зазвичай виконують шляхом порівняння характеристик досліджуваного матеріалу з відповідними характеристиками відомих конструкційних і інструментальних матеріалів. Але кожний матеріал характеризується власною сукупністю таких характеристик як структура, хімічний склад, фізико-механічні властивості тощо. І тому таке порівняння традиційними методами виконати надто складно. Для вирішення цієї задачі пропонується методика, яка базується на використанні багатовимірного статистичного аналізу, що включає методи зменшення розмірності масивів початкових даних без втрати їх інформативності, методи класифікації, групування, розпізнавання образів тощо.

Вирішення поставленої задачі. Застосування методів багатовимірного статистичного матеріалу дозволяє без проведення значних, витратних експериментальних досліджень визначити як відносну оброблюваність, так і раціональні режими обробки нового конструкційного матеріалу, а також оброблювані можливості нового інструментального матеріалу.

Зазвичай вибір режимів обробки конструкційного матеріалу та інструментального матеріалу, визначаються шляхом проведення експериментів над досліджуваним та еталонним матеріалами при визначених однакових умовах (наприклад з однаковою швидкістю різання). Такий метод потребує значних витрат часу, коштів та електроенергії на приведення досліджень.

Встановлення реальної оброблюваності різанням конструкційного матеріалу полягає в визначенні режимів (швидкості різання та подачі), які є близькими до оптимальних і враховують особливості конкретного матеріалу. В нашому випадку такими характерними особливостями є його хімічний склад та фізико-механічні властивості, що відрізняють даний матеріал від інших матеріалів даної класифікаційної групи.

Можливості сучасної обчислювальної техніки та новітні економіко-математичні методи в вигляді методів багатовимірного статистичного аналізу дозволяють по-іншому підійти до розв'язання задачі визначення режимів обробки. Для цього треба знати дійсні значення параметрів хімічного складу та фізико-механічних властивостей досліджуваного матеріалу.

Згідно з запропонованою методикою всі конструкційні та інструментальні матеріали попередньо поділяються на класифікаційні групи за сукупністю фізико-механічних властивостей, хімічних складом та структурою. Для цього можна використати наявний в довідковій літературі класифікаційний поділ матеріалів на групи (наприклад, вуглецеві, якісно-вуглецеві, леговані, жаростійкі, жароміцні сталі тощо, алюміній на сплави на його основі, мідь і мідні сплави, чавуни, титан і титанові сплави тощо) Більш точний поділ оброблюваних і інструментальних сталей на класифікаційні групи можна отримати використовуючи методику кластерного аналізу, а саме – автоматичну класифікацію [5].

Для визначення класифікаційних груп матеріалів для кожної із них методами дискримінантного аналізу доцільно отримати класифікаційну функцію [6]. Тоді, використовуючи класифікаційні функції для близьких за властивостями класифікаційних груп матеріалів на основі інформації про характеристики досліджуваного матеріалу, можна однозначно і об'єктивно встановити групу, до якої відноситься даний матеріал. Методи та умови обробки матеріалів даної класифікаційної групи, а також рекомендовані нормативними матеріалами режими різання цих матеріалів є початковими для визначення відносної та реальної оброблюваності досліджуваного матеріалу.

З метою виключення експериментальних досліджень з процесу дослідження оброблюваності, що дозволить значно скоротити час на дослідження, зменшити матеріальні та енергетичні витрати, необхідно стиснути масиви початкової інформації про характеристики матеріалів класифікаційної групи, до якої віднесено досліджуваний матеріал. Це доцільно виконати методами факторного або компонентного аналізу [7]. Отримавши таким чином, невелику кількість латентних змінних (або головних компонентів) можна їх використати для визначення відносної та реальної оброблюваності будь-якого конструкційного матеріалу.

На наступному етапі досліджень здійснюється визначення узагальненого коефіцієнта оброблюваності, що враховує особливості досліджуваного матеріалу. При цьому в розрахунковій формулі кожна латентна змінна (головна компонента) задається з ваговим коефіцієнтом, що вказує на її вклад в загальну інформативність всіх змінних (компонент).

Для визначення узагальненої відносної оброблюваності конструкційного матеріалу, як і оброблюваних властивостей інструментального матеріалу, необхідно вказати еталонний матеріал,

відносно якого вона визначається. Відношення узагальнюючих коефіцієнтів досліджуваного та еталонного матеріалу вказує на оброблюваність даного конструкційного матеріалу. З метою встановлення рекомендованих режимів його обробки, необхідно визначити нові режими шляхом корегування рекомендованих режимів для даної класифікаційної групи з використанням отриманого узагальнюючого коефіцієнта, що враховує параметри (хімічний склад та фізико-механічні характеристики) досліджуваного матеріалу.

Наведемо приклад застосування наведеної методики для визначення оброблюваності конструкційної сталі. Зазвичай відносну оброблюваність конструкційних матеріалів виконують шляхом порівняння параметрів обробки досліджуваного і еталонного матеріалів при однаковій швидкості різання. При цьому в якості еталону вибрано сталь 45. Як уже було вказано раніше, традиційний спосіб визначення оброблюваності вимагає довготривалих та вартісних експериментальних досліджень. Цей процес можна значно спростити й зменшити витрати часу, матеріалів та енергії шляхом використання запропонованої методики, що базується на використанні методів багатовимірного статистичного аналізу. Для реалізації даної методики виконано стиснення початкової інформації про хімічний склад та фізико-механічних властивостей якісних вуглецевих сталей, до групи яких відноситься досліджуваний матеріал. Масив початкової інформації цієї класифікаційної групи сталей включає 29 найменувань матеріалів, що характеризуються 12 параметрами, а саме: вміст вуглецю C, марганцю Mn, кремнію Si, фосфору P, сірки S, хрому Cr та значення фізико-механічних характеристик σ_t , σ_b , δ , ζ , a_n й НВ. Засобами факторного аналізу встановлено, що вказані параметри можна представити двома латентними змінними (факторами) з інформативністю в 79,316 % (табл. 1). При цьому власні значення кореляційної матриці початкових даних не перевищують 1, що вибрано в якості критерію кількості використовуваних факторів.

Таблиця 1.

Значення власних векторів кореляційної матриці початкових даних та відповідні їм індивідуальні й накопичені дисперсії групи вуглецевих сталей

Фактор D	Початкове власне значення та відповідні дисперсії	Дисперсії значимих компонент
-------------	---	------------------------------

	всього	дисперсії кожної компоненти, %	накопичена дисперсія, %	дисперсії залишених компонент, %	накопичена дисперсія, %
1	7,519	75,188	75,188	73,988	73,988
2	1,024	10,238	85,425	5,327	79,316
3	0,614	6,145	91,570		
4	0,409	4,091	95,661		
5	0,383	3,829	99,490		
6	0,022	0,224	99,714		
7	0,017	0,169	99,883		
8	0,006	0,062	99,945		
9	0,004	0,039	99,985		
10	0,002	0,015	100,000		

В результаті обробки отриманих значень латентних змінних отримано коефіцієнти оброблюваності для кожного матеріалу групи якісних вуглецевих сталей. В таблиці 2 наведено значення латентних змінних та відповідні їм значення узагальнених коефіцієнтів оброблюваності.

Таблиця 2

Значення латентних змінних та узагальнених коефіцієнтів для матеріалів вуглецевої групи сталей

Найменування матеріалу	Латентна змінна (фактор)		Значення коефіцієнта оброблюваності
08кп	-1,51763	-1,60530	1,375067
08пс	-1,35058	-0,65279	1,374647
08	-1,19497	0,05984	1,370652
10кп	-1,21183	-1,27198	1,307125
10пс	-1,13828	-0,33615	1,329766
10	-0,98768	0,38090	1,329395
15кп	-1,00184	-0,40884	1,262673
15пс	-0,86491	0,40027	1,262329
15	-0,71431	1,11731	1,261955
20кп	-0,88656	-0,52769	1,208749
20пс	-0,74963	0,28142	1,208405
20	-0,59903	0,99847	1,208034
25	-0,36875	1,27017	1,147961
30	-0,21247	1,11142	1,094176

35	0,03006	0,88347	1,031523
40	0,17445	0,72658	0,985746
45	0,40476	0,52278	0,975724
50	0,56234	0,37088	0,863986
55	0,70650	0,24297	0,81795
58	0,27481	-2,67515	0,809085
60	0,77167	0,15511	0,783299
65	0,89918	0,04143	0,73736
70	0,98471	-0,03769	0,696976
75	1,50802	-1,20505	0,530052
80	1,57263	-1,30773	0,497911
85	1,68689	-1,48115	0,454227
60Г	0,91434	0,69885	0,760821
65Г	1,11619	1,17832	0,705445
70Г	1,19192	1,06934	0,666964

Таким чином, використовуючи узагальнені коефіцієнти оброблюваності можна визначити відносну оброблюваність будь якого конструкційного матеріалу даної групи відносно іншого (еталонного) матеріалу. Так, відносна оброблюваність сталі 70 відносно сталі 45 буде дорівнювати 0,714.

Висновки. Запропонована методика дозволяє визначити відносні оброблювані властивості конструкційних та інструментальних матеріалів.

Подана методика визначення оброблювальних властивостей базується на дійсних значеннях параметрів оброблюваних та інструментальних матеріалів (хімічний склад та фізико-механічні властивості).

Подана методика дає можливість встановити раціональні режими обробки конкретного матеріалу з врахуванням його властивостей.

Використання методики визначення оброблюваності та раціональних режимів різання дозволяє значно зменшити час при проведенні експериментальних досліджень, витрати матеріалів та електроенергії.

Алгоритми та програми визначення раціональних режимів обробки конструкційних матеріалів можна використовувати автономно та в якості модуля підсистеми розрахунку режимів різання та нормування робіт в системі автоматизованого проектування технологічних процесів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Виноградов Д.В.* К вопросу определения обрабатываемости материалов // Инженерное образование [Электронный ресурс]. – 2005. – Режим доступа : www.techno.edu.ru.
2. *Безъязычный В.Ф.* Автоматизированная система назначения технологических условий механической обработки деталей общего машиностроения / *В.Ф. Безъязычный* // Инженерный журнал. – № 2. – 2001. – С. 29–33.
3. *Грубый С.В.* Многофакторная аппроксимация полиномиальными моделями экспериментальных зависимостей резания металлов / *С.В. Грубый* // Вестник машиностроения. – 2000. – № 9. – С. 29–35.
4. *Грубый С.В.* Оптимизация режимных параметров на операциях механической обработки / *С.В. Грубый* // Технология металлов. – 2002. – № 11. – С. 33–37.
5. *Выслоух С.П.* Применение методов кластерного анализа при проектировании технологических процессов / *С.П. Выслоух* // Вестник Сев. ГТУ. – Вып. 36 : Автоматизация процессов и управление : сб. научн. трудов Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь, 2002. – С. 103–108.
6. *Выслоух С.П.* Применение методов дискриминантного анализа при технологическом проектировании / *С.П. Выслоух* // Резание и инструмент в технологических системах : межвед. научн.-техн. сборник. – Харьков : ХГПУ, 2001. – Вып. 60. – С. 26–35.
7. *Выслоух С.П.* Факторный анализ технологической информации / *С.П. Выслоух* // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Вып. 100. Машиностроение. – Харьков, 2000. – С. 26–29.

БАРАНДИЧ Катерина Сергіївна – аспірант кафедри виробництва приладів Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– обробка матеріалів різанням.

Тел.: 063-433-29-33.

E-mail: barandichk@ukr.net

ВОЛОШКО Оксана Вячеславівна – аспірант кафедри виробництва приладів Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– обробка матеріалів різанням;

– неруйнівні методи дослідження конструкційних матеріалів.

Тел.: 050-637-14-95.

Е-mail: volosko_o@ukr.net

ВИСЛОУХ Сергій Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри виробництва приладів Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- моделювання та оптимізація технологічних параметрів і систем;
- автоматизоване проектування технологічних процесів.

Тел.: 067-392-60-89.

Е-mail: vsp1@ukr.net

Подано 14.06.2011

