

Н.С. Равська, д.т.н., проф.

П.Р. Родін, проф.

Національний технічний університет України "КПІ"

**ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МНОЖИНИ ІНСТРУМЕНТІВ  
ДЛЯ ОБРОБКИ ЗАДАНОЇ ПОВЕРХНІ**

*Наведено принципи проектування інструментів, які дозволяють розробляти конкретні їх варіанти на основі аналізу можливої множини конструкцій.*

Задача проектування інструменту для обробки заданої поверхні  $D$  неоднозначна. Можна спроектувати множину інструментів, котрі забезпечать обробку заданої деталі у відповідності до прийнятних технічних умов для їх виготовлення. Аналіз можливої множини інструментів дозволяє знаходити нові прогресивні конструкції та на їх основі розробляти доцільні варіанти для конкретних виробничих умов.

Загальна схема проектування множини інструментів для обробки заданої поверхні включає:

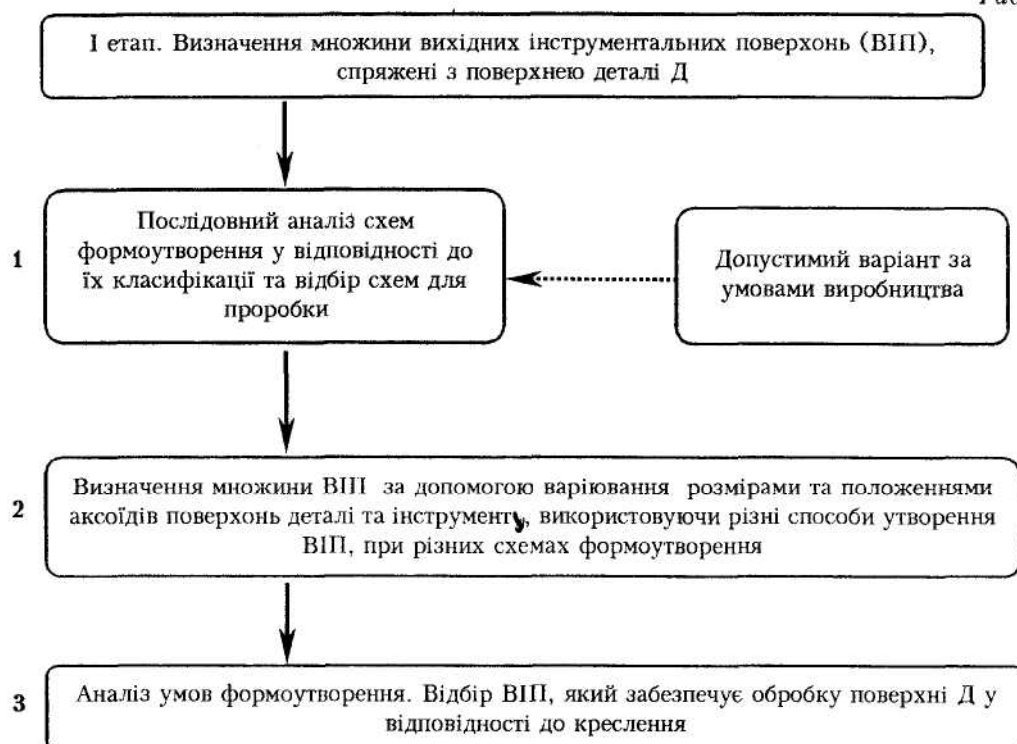
- визначення множини вихідних інструментальних поверхонь (ВІП), спряжених з поверхнею деталі  $D$ , при вибраних схемах формоутворення;
- перетворення тіла, обмеженого ВІП, у працездатний інструмент.

Таблиця 1

Клас схеми	Тип схеми	Складові рухи виробу та інструменту, що враховуються при профілюванні	Сумарний миттєвий рух	Уявлення відносного руху за допомогою аксоїдів	Аксоїди	
					інструменту	виробу
I	1	Прямолінійно-поступальний	поступальний		пряма	пряма
I	2	Обертовий	обертовий		пряма	пряма
I	3	Гвинтовий	гвинтовий		пряма	пряма
II	1	Обертовий та поступальний, швидкість яких перпендикулярна до осі обертання	обертальний	кочення циліндра по площині	площина	циліндр
					циліндр	площина
II	2	Два обертових навколо паралельних осей, виключаючи пару обертання	обертовий	кочення циліндра по циліндру	циліндр	циліндр
II	3	Два обертових навколо осей, що перетинаються (кут між віссю миттєвого відносного обертання та віссю одного із складових обертів – прямий)	обертальний	кочення конуса по площині	конус	площина
					площина	конус
II	4	Два обертових навколо осей, що перетинаються	обертовий	кочення конуса по конусу	конус	конус
II	5	Пара обертань	поступальний	ковзання кільця по кільцю	кільце	кільце
III	1	Обертовий і поступальний, швидкість яких направлена під кутом до осей обертання	гвинтовий	кочення з ковзанням циліндра по площині	площина	циліндр
					циліндр	площина
III	2	Два оберти навколо схрещуваних осей (кут між однією з осей обертання віссю, що є результатом гвинта прямої. Вісь миттєвого гвинта і вісь обертання прямої, що перетинаються)	гвинтове	кочення з ковзанням конуса по площині	конус	площина
					площина	конус
III	3	Два оберти навколо схрещуваних осей	гвинтове	кочення з ковзанням гіперболоїда по гіперболоїду	гіперболоїд	гіперболоїд

Можливі типи вихідних інструментальних поверхонь можуть бути знайдені шляхом послідовного розгляду різних схем формоутворення, класифікація яких базується на рівномірних прямолінійно-поступальних та обертальних рухах, наведених в табл. 1. Аналіз показує, що широко розповсюджені поверхні, які допускають ковзання "самі по собі", можна обробляти при будь-яких схемах формоутворення. Складні фасонні поверхні з твірними змінного виду можуть бути оброблені тільки при схемах формоутворення другого та третього класів. Послідовність утворення множини ВІП включає ряд позицій (табл. 2). По-перше, у відповідності до допустимих варіантів умов виробництва (наявність обладнання, форми та розміри оброблюваної поверхні тощо) відбираються схеми формоутворення для їх проробки (позиція 1). Дані визначають множину ВІП (позиція 2), знаходяться ВІП, які забезпечують обробку заданої поверхні у відповідності до умов формоутворення (позиція 3) і виконується детальна розробка ВІП.

Таблиця 2

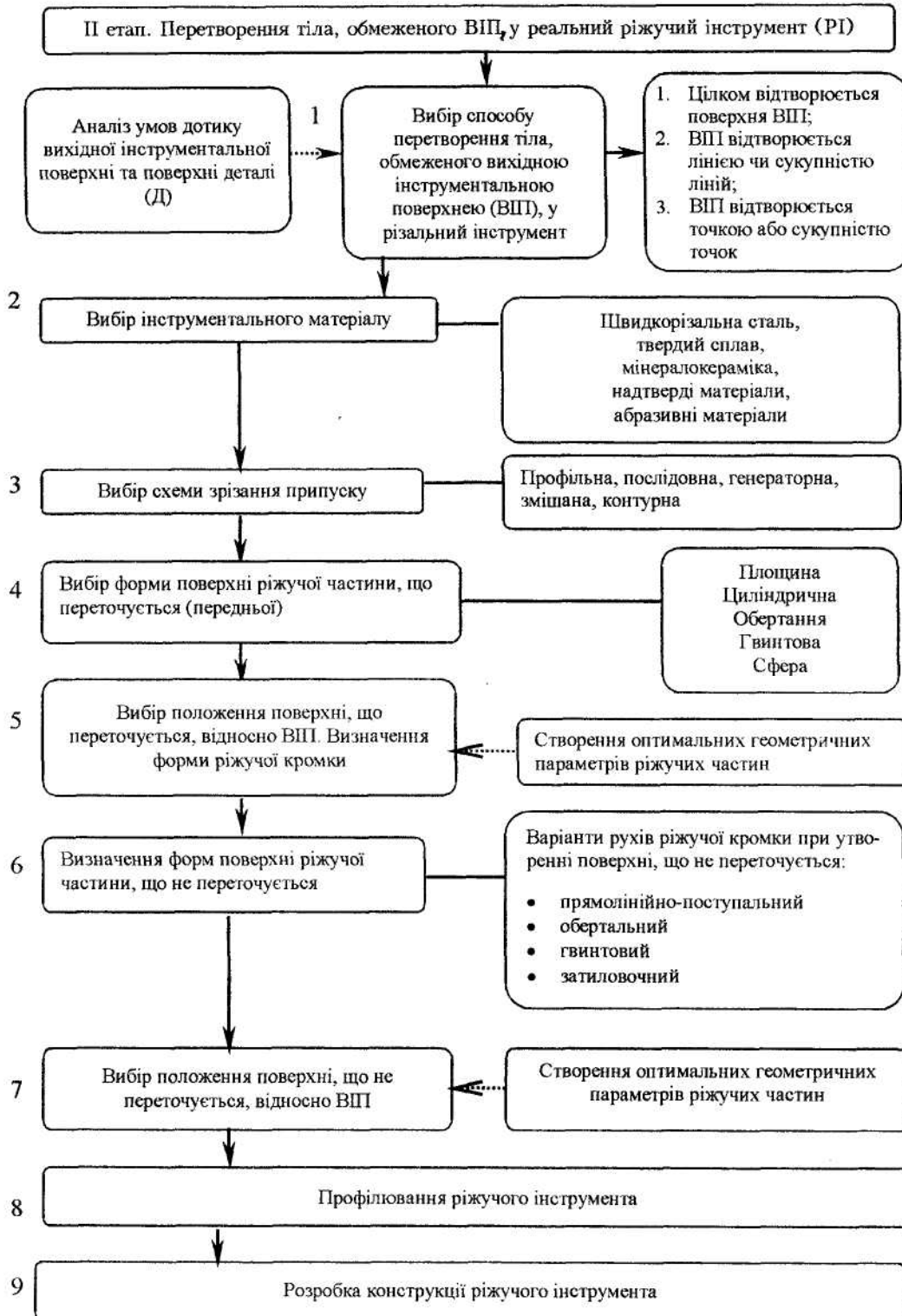


Послідовність етапів перетворення тіла, обмеженого ВІП, у різальний інструмент наведена в табл. 3. Вона містить вибір способів перетворення тіла, обмеженого ВІП, інструмент на основі аналізу умов контакту спряжених поверхонь (ВІП та Д). Перетворюючи тіла обмеженого ВІП в різальний інструмент, можна повністю відтворити її (ВІП) за допомогою шліфувального круга необхідної форми та розмірів. Вихідна інструментальна поверхня може бути також повністю відтворена абразивною стрічкою, яка ковзає на профільному кулаку. Необхідність повного відтворення на інструменті ВІП виникає тоді, коли будь-яка точка поверхні Д стикається з однією спряженою точкою ВІП. Цей випадок має місце при обробці методом обкатки складних фасонних поверхонь із твірними змінного виду. При обробці будь-якої поверхні Д при різних схемах формоутворення можна повністю відтворити ВІП і таким чином забезпечити обробку заданої поверхні деталі у відповідності до креслення. Аналіз умов контракту показує, що в ряді випадків на ВІП можна визначити лінію "L", всі точки якої можуть стикатися з будь-якою точкою спряженої лінії E, розміщеної на поверхні деталі E. Тоді ВІП можна розглядати як сукупність ліній  $L_i$ , а поверхню деталі Д – як сукупність ліній  $E_i$ . Щоб обробити задану поверхню деталі при такому виді контакту спряжених поверхонь, необхідно на інструменті відтворити хоч би по одній точці різальної кромки кожної лінії  $L_i$ . Прикладом таких інструментів є фасонні фрези для обробки фасонних циліндричних поверхонь.

За різальну кромку інструменту в аналогічних випадках можна прийняти відповідну характеристику, тобто лінію контакту поверхні деталі Д та вихідної інструментальної поверхні, яка знайдена в досліджуваній момент часу при визначеному взаємному розташуванні поверхні

деталі Д та вихідної інструментальної поверхні. При цьому форма та розміри вихідної інструментальної поверхні не визначаються, що значно спрощує вирішення задач проектування різальних інструментів, призначених для обробки заданої деталі Д.

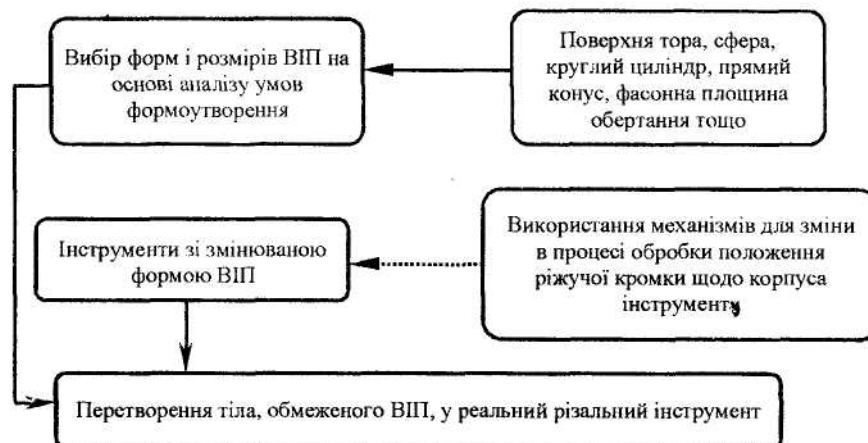
Таблиця 3



При третьому різновиті контакту будь-яка точка ВІП вводиться в контакт із будь-якою точкою поверхні Д та формує її. В цьому випадку на інструменті достатньо відтворити одну профілюючу точку різальної кромки, розташовану на ВІП. Прикладом подібних інструментів є токарні прохідні різці. Послідовність перетворення тіла, обмеженого ВІП, включає також вибір інструментального матеріалу (позиція 2), схеми зрізування припуску (позиція 3). При виборі

схеми зрізування припуску необхідно враховувати, що інструменти з послідовною схемою мають різальні кромки простої форми, у яких тільки граничні точки розміщені на ВІП. Це дозволяє легко обробляти зуби такого інструменту, створювати раціональні величини геометричних параметрів, доцільно завантажувати різальні кромки. Проте, фасонні інструменти з послідовною схемою мають велику кількість зубів, що ускладнює конструкцію. Тому часто фасонні різальні інструменти проектуються на основі профільної схеми різання. Наступним кроком в рішенні задачі знаходження множини інструментів для обробки поверхні Д є вибір форми та положення поверхні, яка переточується, та визначення форми різальної кромки (позиції 4 і 5). Найчастіше замість переточної поверхні береться передня площина, що спрощує виготовлення та експлуатацію інструменту. Як правило, замість не переточної поверхні різальної частини фасонного інструмента береться задня поверхня, яка описується різальною кромкою при вибраному її русі (позиції 6 і 7). Характер руху та його напрямки вибираються так, щоб забезпечити створення на різальній частині оптимальних геометричних параметрів. Множину різальних інструментів можна одержати за рахунок зміни габаритних розмірів, кількості зубів, форми та розмірів стружкових канавок, розмірів та механізмів кріплення пластин та ножів збірних інструментів, розмірів та типу кріпильно-приєднувальної частини, застосування механізмів, які надають різальним інструментам додаткових рухів (позиція 9). Обробку заданої поверхні Д можна вести методом копіювання, зокрема на верстатах із ЧПК (табл. 4). Цей метод широко застосовується при обробці складних фасонних поверхонь із утворюючими змінного виду, типу лопаток реактивних двигунів. У цьому випадку вибирається форма вихідної інструментальної поверхні, що відтворюється або шліфувальним інструментом, або описується ріжучими кромками інструменту при його визначеному русі.

Таблиця 4



У цьому випадку при відомих поверхнях Д і ВІП вирішується задача визначення закону руху відомого інструмента щодо заготовки. Можливі рухи інструмента щодо заготовки визначаються із умови контакту в процесі обробки ВІП і поверхні деталі Д. Ця умова неоднозначно визначає схему формоутворення. Можна по-різному змусити ВІП переміщатися по поверхні деталі Д і робити її обробку. Необхідний рух інструмента і заготовки на верстаті здійснюється за допомогою систем програмного керування.

РАВСЬКА Наталія Сергіївна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою “Інструментальне виробництво” Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.

РОДІН Петро Родіонович – член-кореспондент НАН України, професор кафедри “Інструментальне виробництво” Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.