

УДК 621.9

В. Є. Карпусь, М. С. Іванова, О. В. Котляр

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ У МАШИНОБУДУВАННІ

Розглянуто шляхи підвищення ефективності автоматизованого металорізального обладнання. Запропоновано кількісний інтегральний критерій "інтенсивність формоутворення" для аналізу ефективності технологічних систем. Наведено приклади та результати оцінювання за цим критерієм процесів механічної обробки отворів і валів. Проаналізовано використання комбінованих осьових інструментів та багаторізованих державок як засобів інтенсифікації процесів механічної обробки.

Постановка проблеми. Сучасне машинобудування характеризується скороченням строків виготовлення виробів за незмінними робочими кресленнями та високими вимогами до продуктивності праці і зменшення тривалості етапу технічної підготовки виробництва. Це створює передумови для формування і розвитку багатонаменклатурного виробництва, яке поєднує високий рівень автоматизації та продуктивності праці, характерні для великосерійного виробництва, з гнучкістю одиничного та дрібносерійного виробництва. За таких умов технологічне обладнання необхідно без тривалої зупинки і з мінімальними економічними витратами переводити на випуск нової продукції, задовольняючи головній вимозі – досягненню максимальної економічної ефективності, що відображається системою показників прибутку і рентабельності у взаємозв'язку з іншими економічними показниками. Залежно від обсягу випуску продукції, трудомісткості і технологічних характеристик виробів використовуються універсальні верстати з ручним керуванням і з ЧПК, багатоцільові верстати, верстати-напівавтомати, багатонаменклатурне агрегатне металорізальне обладнання та ін.

Основним видом технологічного обладнання, що використовується в умовах гнучкого автоматизованого виробництва, є універсальні та багатоцільові верстати з ЧПК, які мають високий ступінь гнучкості та повну автоматизацію робочого циклу. Але їх застосування обмежують висока вартість та відносно невелике зростання продуктивності порівняно з універсальними верстатами з ручним керуванням (у 1,5...2,6 рази). Тому для випуску продукції великими серіями необхідно багато верстатів з ЧПК, що значно підвищує економічні витрати і собівартість виробу. У такому випадку ефективним видом металорізального обладнання є багатонаменклатурні агрегатні верстати і агрегатні верстатні системи.

Найдоцільніший шлях підвищення економічної ефективності технологічного обладнання, що гарантує випереджальне зростання продуктивності порівняно зі збільшенням економічних витрат на автоматизацію, – підвищення ступеня концентрації технологічних переходів, у першу чергу, завдяки застосуванню відповідної технологічної оснастки. Форми концентрації визначаються послідовністю та суміщенням технологічних переходів у процесі обробки деталі. Послідовна обробка однакових поверхонь деталі з одного чи різних боків або послідовна обробка різальними інструментами поверхонь деталі з одного і того ж боку, а також поєднання цих двох способів здійснюється при послідовній концентрації технологічних переходів. У випадку одночасної обробки однієї або кількох поверхонь деталі з одного або різних боків здійснюється паралельна концентрація технологічних переходів. У разі поєднання паралельної обробки кількох поверхонь з послідовною обробкою різних боків деталі або при послідовній обробці кожної поверхні деталі з одного боку з одночасною обробкою кількох боків здійснюється паралельно-послідовна концентрація переходів.

Найефективнішим напрямком інтенсифікації процесів механічної обробки є використання паралельної та послідовно-паралельної концентрацій технологічних переходів, які можуть здійснюватися такими способами:

1) застосування комбінованого різального інструмента для обробки кількох поверхонь або послідовної обробки однієї і тієї ж поверхні;

- 2) об'єднання різальних інструментів у багатоінструментну наладку;
- 3) об'єднання кількох багатоінструментних наладок у багатопозиційну технологічну систему;
- 4) об'єднання кількох багатоінструментних одно- і (або) багатопозиційних верстатів у автоматизовану верстатну систему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективність процесів механічної обробки суттєво залежить від собівартості виготовлення деталі, яка складається з кількох компонентів. Один з них – витрати на технологічну оснастку. Розрахунки показують, що витрати, наприклад, на різальний інструмент становлять всього кілька відсотків від собівартості виробу. За даними шведської фірми SANDVIK COROMANT [1] зменшення інструментальних витрат на 30 % або збільшення стійкості інструмента на 50 % знижують собівартість виготовлення деталі всього на 1 %, а підвищення швидкості різання на 20 % зменшує собівартість обробки на 15 %. Правильний вибір технологічної оснастки дозволяє швидко окупити витрати на нове обладнання і значно підвищити продуктивність діючого обладнання. Економія часу на обробку деталей, яка забезпечується завдяки використанню комбінованого різального інструменту і багатоінструментних допоміжних пристроїв – перспективний шлях підвищення ефективності автоматизованого металорізального обладнання, що дорого коштує, пов'язаний з необхідністю глибокого наукового обґрунтування конструктивно-технологічних засад такого підходу.

Для верстатів з ЧПК актуальним є конструктивно-технологічне забезпечення двох перших способів концентрації технологічних переходів шляхом розроблення засобів технологічного оснащення, які здатні суттєво підвищити інтенсивність формоутворення, продуктивність та економічну ефективність механічної обробки.

Метою статті є розроблення класифікаційних основ аналізу та проектування комбінованого осьового інструменту, а також дослідження інтенсивності механічної обробки з використанням запропонованих авторами конструкцій різних видів високопродуктивної технологічної оснастки.

Виклад основного матеріалу. Одним з основних кількісних технічних показників ефективності засобів виробництва і технологічних процесів, що дозволяють об'єктивно аналізувати закономірності технологічного прогресу, а також установлювати причинно-наслідкові зв'язки і залежності у технологічних системах, є продуктивність. Проте суттєвим недоліком найпоширенішого технічного критерію “штучна продуктивність”, який характеризує кількість придатної продукції, виготовленої за одиницю часу, є те, що він не є абсолютним, тобто дозволяє порівнювати продуктивність обробки тільки однакових деталей.

У зв'язку з цим нами запропонований кількісний інтегральний критерій “інтенсивність формоутворення” [2], який: забезпечує співставність оцінок для різних видів металорізального обладнання і систем; враховує у явному вигляді інформацію про параметри обробки і структуру технологічного процесу; забезпечує можливість його використання як для аналізу існуючого технологічного обладнання і процесів з метою виявлення резервів підвищення їх продуктивності, так і для синтезу нових систем на всіх або більшості його етапів; оцінює як розрахункову, так і потенційну продуктивність; забезпечує наочність оцінки та простоту практичного застосування.

Інтенсивність формоутворення – фіктивна швидкість розосередженого технологічного впливу на об'єкти обробки, який здійснюється кінематично або структурно пов'язаними різальними інструментами технологічної системи, визначена з урахуванням технологічних, конструктивних та експлуатаційних факторів.

Інтенсивність формоутворення є системним показником, який має ієрархічну структуру, що відповідає структурі технологічної системи та структурі показника “штучна продуктивність”. Розрізняємо технологічну, циклову та нормативну інтенсивність формоутворення.

Технологічна інтенсивність формоутворення визначає величину технологічної продуктивності і являє собою дійсну швидкість поступального переміщення різального інструмента у напрямку робочої подачі (хвилинна подача).

Циклова інтенсивність формоутворення визначає величину циклової продуктивності обробки і розраховується з урахуванням допоміжного часу у циклі роботи верстата, який витрачається на керування

верстатом, переміщення та зміну інструмента, установлення, закріплення та зняття заготовки тощо.

Нормативна інтенсивність формоутворення визначається з урахуванням норми часу на виконання технологічної операції.

Порівняльний аналіз технологічних процесів виконується за допомогою показників питомої інтенсивності формоутворення, що припадає на один різальний інструмент.

На основі викладеного підходу проведений аналіз ефективності використання комбінованих осьових інструментів (КОІ) для механічної обробки.

Конструктивно-геометричні параметри КОІ залежать від конструктивно-технологічних характеристик отворів, які обробляють, що обумовлює існування великої кількості типорозмірів таких інструментів, які відрізняються між собою за конструктивним виконанням, призначенням, кількістю ступенів, характером роботи ступенів, способом закріплення та наявністю додаткового спрямування. З метою систематизації існуючих КОІ, визначення напрямків і конструктивно-технологічних передумов їх вдосконалення, створення нових конструкцій розроблена класифікація КОІ (рис. 1).

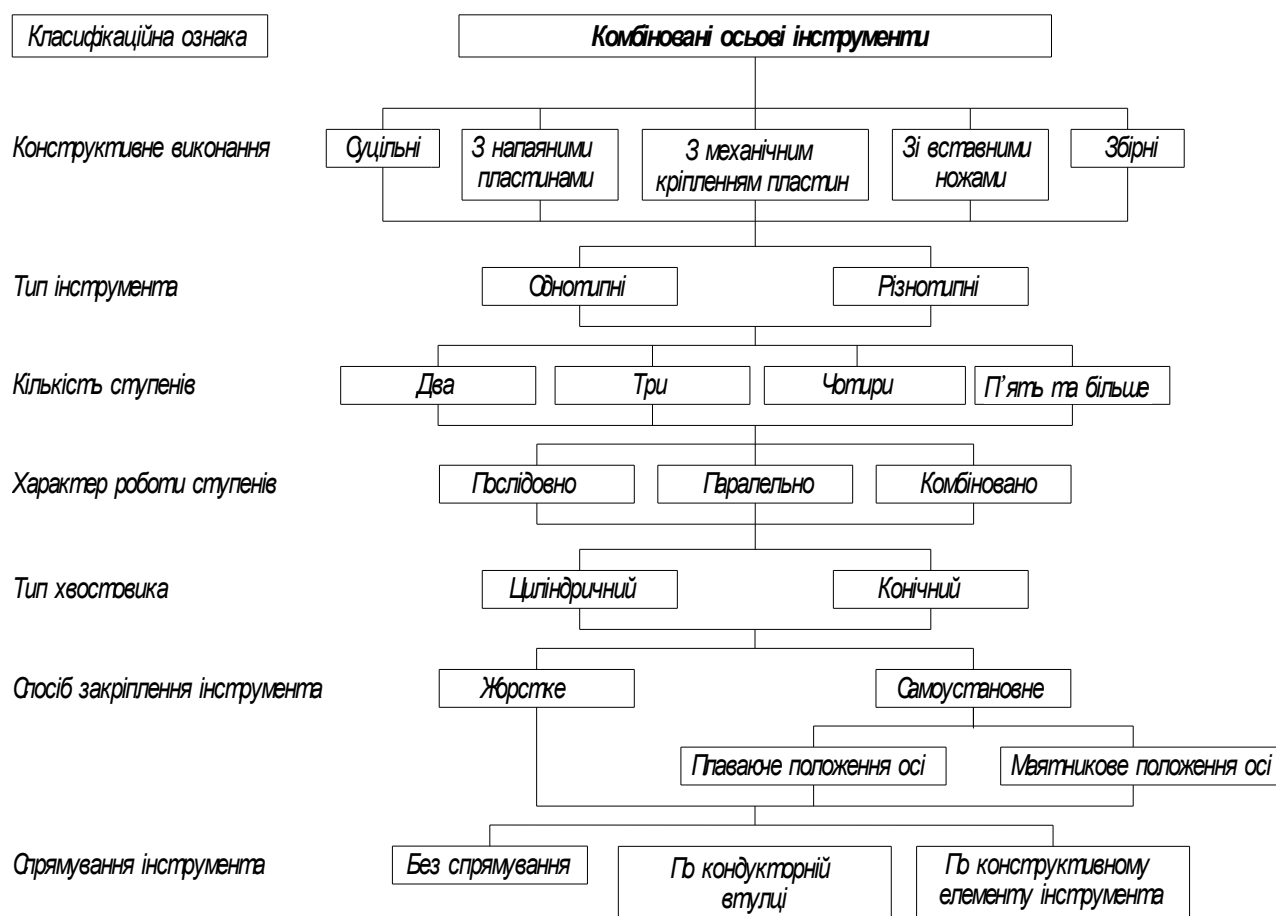


Рис. 1. Класифікація комбінованих осьових інструментів

Нами проведені дослідження інтенсивності процесів механічної обробки отворів стандартними та комбінованими інструментами на Харківському машинобудівному заводі “ФЕД”, результати яких наведено у табл. 1.

Розрахункові формули для визначення показників інтенсивності формоутворення мають такий вигляд:

$$\bar{W}_T = \frac{\sum_{i=1}^{N_{nep}} n_i \cdot S_{oi}}{N_{nep}}; \bar{W}_{Ц} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{nep}} W_{Ti} \cdot \frac{t_{oi}}{t_{ца}}}{N_{nep}}; \bar{W}_H = \frac{\sum_{i=1}^{N_{nep}} W_{Ti} \cdot \frac{t_{oi}}{t_{ум}}}{N_{nep}},$$

де \bar{W}_T , \bar{W}_C , \bar{W}_H – питомі показники технологічної, циклічної та нормативної інтенсивності формоутворення відповідно, мм/хв; n_i , S_{oi} – параметри режиму різання при виконанні i -го переходу; t_{oi} – основний час при виконанні i -го переходу, хв; t_{ca} – час автоматичної роботи верстата за керуючою програмою, хв; t_{umt} – штучний час, хв; $N_{пер}$ – кількість переходів, шт.

Т а б л и ц я 1

Показники інтенсивності формоутворення

Тип інструмента	Матеріал заготовки					
	Алюмінієвий сплав			Магнієвий сплав		
	\bar{W}_T	\bar{W}_C	\bar{W}_H	\bar{W}_T	\bar{W}_C	\bar{W}_H
Стандартний	124	17,5	11,4	78,6	6,6	4,0
Комбінований	100	23	17,8	78,6	39,4	27,0

Отримані результати свідчать про те, що застосування КОІ інтенсифікує процес механічної обробки порівняно зі стандартними різальними інструментами.

Паралельну концентрацію технологічних переходів у процесі обробки валів на токарних верстатах з ЧПК, оснащених револьверними інструментальними головками, можна реалізувати за допомогою багаторіцевої державки [3, 4], призначеної для закріплення на одній позиції револьверної інструментальної головки кількох різців (рис. 2 а), що дозволяє одночасно обробляти кілька поверхонь деталі типу тіла обертання у поздовжньому та поперечному напрямках.

Багато ріцева державка 1 (рис. 2 б) крім базового різця 8 має поздовжній паз, у якому розміщуються різці 2 та 5, що закріплюються болтами 9 за допомогою планок з різьбовими отворами 4 та 7.

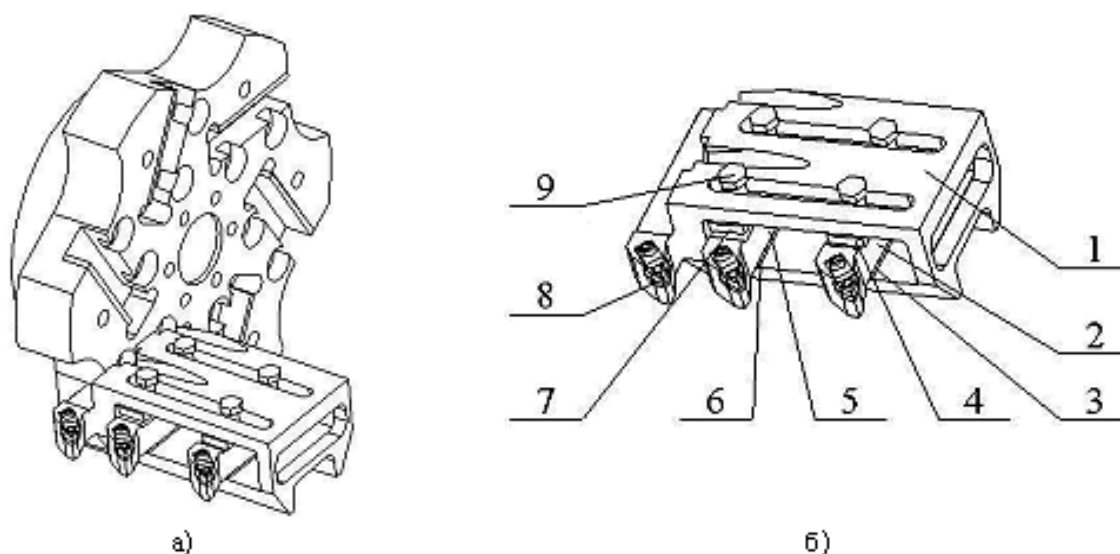


Рис. 2. Багаторіцева державка: а – схема закріплення у пазу револьверної інструментальної головки токарного верстата з ЧПК; б – загальний вигляд багаторіцевої державки

Ріжучі кромки різців 2 та 5 виставляються по висоті відносно ріжучої кромки базового різця за допомогою підкладок 3 та 6. Зміна положення різців 2 та 5 відповідно до нової схеми обробки відбувається шляхом їх переміщення у поздовжньому пазу в необхідному напрямку.

На рис. 3 зображені графіки залежності нормативної інтенсивності формоутворення та трудомісткості обробки валів на токарному верстаті з ЧПК від діаметра оброблюваної поверхні для випадків одноріцевої обробки стандартним ріжучим інструментом та багаторіцевої обробки з використанням багаторіцевої державки. Режими різання призначалися згідно з [5].

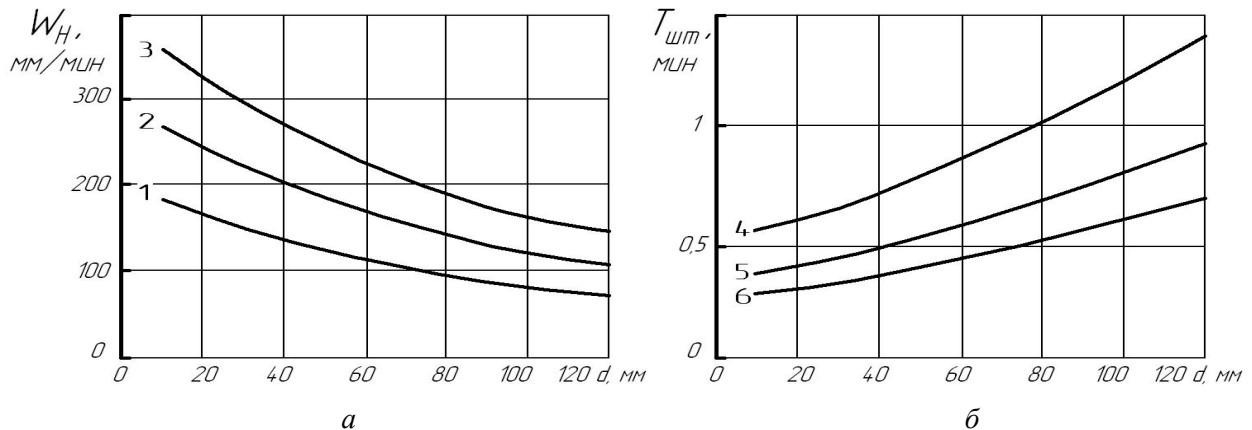


Рис. 3. Залежність нормативної інтенсивності формоутворення (а) та трудомісткості обробки валів (б) на токарному верстаті з ЧПК від діаметра оброблюваної поверхні: 1, 4 – однорізева обробка; 2, 5 – дворізева обробка; 3, 6 – трирізева обробка

Застосування багаторізевої обробки за допомогою багаторізевої державки з дворізевою наладкою дозволяє підвищити інтенсивність формоутворення та зменшити трудомісткість обробки у порівнянні з однорізевою обробкою в середньому на 47 %, а з трирізевою наладкою – на 95 %.

Таким чином, використання багаторізевої державки дозволяє підвищити ефективність обробки деталей типу тіл обертання на токарних верстатах з ЧПК.

Висновок

Проведені дослідження підтверджують ефективність запропонованих конструкторсько-технологічних способів концентрації технологічних переходів на металорізальному обладнанні з метою інтенсифікації процесів механічної обробки.

Список використаних джерел

1. Токарный инструмент: каталог продукции. – Швеция: АВ Sandvik Coromant, 2000. – 226 с.
2. Карпусь В. Е. Интенсивность формообразования технологических систем / В. Е. Карпусь // Вестн. машиностроения. – М. : Машиностроение, 2000. – № 2. – С. 30 – 34.
3. Пат. 24139 Україна, МПКВ23В 29/24. Багаторізецевий тримач / Карпусь В. Є., Котляр О. В.; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т “ХПІ”. – № u 2006 13481; заявл. 19.12.06; опублік. 25.06.07, Бюл. № 9.
4. Karpus V. E. Multicutter machining on numerically controlled lathes / V. E. Karpus, A.V. Kotlyar // Russian Engineering Research. – USA: Allerton Press, Inc., 2007, Vol. 27, № 12, pp. 884 – 887.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ: в 2 ч. – М. : Экономика, 1990. – 208 с.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2010 р.