

ОПТИМІЗАЦІЯ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЗА РІЗНИМИ КРИТЕРІЯМИ

Використання багатошпиндельних токарних автоматів в технологічних процесах виготовлення деталей машин та приладів не завжди є ефективним, у зв'язку з відсутністю відпрацьованих систем технологічної підготовки, методик призначення та оптимізації параметрів механообробних операцій і проектування інструментальних налагоджень, що забезпечували б максимальну продуктивність з мінімальними енергетичними затратами.

Критерії оптимізації операцій механічного оброблення умовно можна розділити на економічні та фізичні. Встановлено, що фізичні критерії враховують механічну складову процесу оброблення і базуються на законах взаємодії інструменту та заготовки, результати оптимізації за фізичними критеріями не залежать від економіки виробництва. Застосування питомої енергоємності дозволяє порівняти процеси, які різноманітні за фізичною природою і встановити оптимальний маршрут виготовлення деталі.

Ключові слова: критерій, оптимізація, продуктивність, токарний автомат, питома енергосність.

Основним завданням машинобудування в умовах ринкової економіки являється виготовлення продукції високої якості з найменшими енергозатратами.

В процесі проектування конкретної технологічної операції механооброблення необхідно призначати конструкцію і геометричні параметри ріжучого інструменту, тип і модель верстата, параметри технологічних режимів оброблення, оснащення, змащувально-охолоджувальні рідини (ЗОР) тощо. Від вибору перерахованих факторів залежить якість і вартість майбутнього виробу. Науково обґрутований підхід до вибору цих чинників може бути забезпечений процедурою оптимізації, в процесі якої призначення параметрів оброблення відбувається у відповідності з прийнятым критерієм оптимальності та з виконанням заданих обмежень. В цьому випадку критерій оптимальності визначає ціль оптимізації, а технологічні обмеження – реалізацію необхідних вимог до процесу механооброблення.

З математичної точки зору задача оптимізації є варіаційною, вирішення якої заключається в пошуку експериментального значення цільової функції $f(x)$, змінні $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ повинні належати деякій області S допустимих значень ($x \in S$). Тому ефективність управління процесом різання залежить від якості теоретичної моделі механооброблення і прийнятого критерію оптимальності.

З метою покращення, стабілізації параметрів якості оброблюваних деталей застосовуються значна кількість різноманітних критеріїв оптимальності. Всі ці критерії умовно можна розділити на дві групи: економічні та фізичні (рис. 1). Величина критеріїв, що відноситься до першого класу, розраховується на основі економічного аналізу. Результати оптимізації за фізичними критеріями не залежать від економіки виробництва. Вони базуються на фізичних законах взаємодії інструменту та заготовки.

В умовах ринкової економіки також знайшли застосування економічні критерії оцінки ефективності технологічних процесів в цілому та механообробних операцій зокрема. До переваг таких критеріїв оптимальності можна віднести достатньо повний облік економічних аспектів оптимізації процесу різання, екстремальний характер їх зміни від факторів оброблення. Остання перевага, однак, не завжди, реалізується на практиці, якщо задані жорсткі вимоги до продуктивності і якості оброблення, коли екстремум критерію виходить за межі області оптимізації.

До недоліків економічних критеріїв можна віднести труднощі формалізації експлуатаційних показників. Точність оцінки економічних критеріїв залежить від точності розрахунків стійкості інструменту, що вимагає розроблення високоточних стійкісних моделей. Також слід відмітити, що економічні критерії оптимальності прямим чином не враховують якість оброблення: точність, шорсткість оброблюваної поверхні та властивості поверхневого шару деталі, що сильно звужує діапазон їх ефективного використання.

Повний облік економічних аспектів являється суттєвим недоліком цих критеріїв з точки зору продуктивності процесу. Економічні критерії в якості вихідних даних для розрахунку використовують затрати на інструмент, вартість матеріалу заготовки, верстатний час, заробітну плату працівників і період стійкості інструменту. Всі перераховані параметри напряму пов'язані з економічною ситуацією в країні.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Більшість машинобудівних підприємств використовують імпортний ріжучий інструмент. Його вартість пов'язана з курсом валют. Рівень інфляції впливає на заробітну плату працівників. На теперішній час спостерігається постійний ріст цін на енергетичні ресурси, в зв'язку з чим постійно зростає собівартість оброблення, а зниження швидкості різання з метою підвищення стійкості інструменту призводить до зростання вартості виробництва деталей, оскільки збільшується машинний час оброблення заготовок.

У зв'язку з цим, можна зробити висновок, що економічні критерії не відображають реальну ефективність режимів різання, оскільки основні параметри розрахунку постійно змінюються. Режими різання призначенні на основі економічних критеріїв не дозволяють повністю використовувати ресурс обладнання та інструменту, тому в реальному виробництві призначення режимів різання за даним критерієм є недоцільним.



Рис. 1. Класифікація критеріїв оптимальності технологічних процесів

Необхідним для забезпечення повноти картини є врахування механічної складової, тобто технологічних режимів оброблення. Оптимізація режимів різання на основі характеристик стійкості інструмента розглянута в роботах С.Е. Бельського, Р.Л. Тоффенеца [3]. Суть такої оптимізації полягає в призначенні швидкості різання, за якої розмірна стійкість інструменту максимальна. В основі даного критерію оптимізації лежать емпіричні залежності, що являють собою систему лінійних алгебраїчних рівнянь і нерівностей, які описують період стійкості інструменту, а також силу і потужність різання. Основним недоліком такого критерію являється складність розрахунків. Для різних умов оброблення різанням необхідно змінювати параметри систем рівнянь і проводити розрахунки заново, а це потребує значних затрат часу. Даний критерій ефективно застосовувати для крупносерійного та масового виробництва, де рідко відбувається зміна номенклатури оброблюваних деталей.

Перевагою даного критерію є скорочення простою обладнання внаслідок поломки інструменту, а також зниження браку викликаного зносом інструменту.

Оптимізація режимів різання за термічним критерієм забезпечує призначення оптимальної швидкості різання для визначені температури. Суть цього критерію полягає в керуванні термічним режимом процесу механічного оброблення, тобто підтримання визначені температури в зоні різання, який відповідає мінімальній інтенсивності розмірного зносу інструменту [1, 5].

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Порівняльний аналіз відомих критеріїв точності та якості поверхні був виконаний Л.С. Мурашкіним і А.М. Гільманом, і показав, що зниження або підвищення швидкості різання в порівнянні з оптимальною призводить до значного збільшення інтенсивності зносу інструменту, що здійснює суттєвий вплив на параметри якості поверхневого шару і точність оброблення.

Процес оптимізації за стійкісними характеристиками інструменту полягає в призначенні швидкості різання, за якої ресурс інструменту є максимальним. Стійкість інструменту визначається емпіричними залежностями, це часто призводить до того, що розрахункова стійкість інструменту виявляється завищеною.

Недоліком даного критерію являється висока ймовірність помилки в процесі визначення стійкості інструменту, а це призводить до призначення неправильних режимів різання. Тому розглянутий критерій оцінки режимів різання не підходить для застосування у виробничих умовах.

Головним недоліком критеріїв заснованих на емпіричних залежностях являється те, що вони не враховують взаємозв'язки різноманітних факторів процесу різання. Фактори, що впливають на процес різання, розглядаються окремо один від одного хоча їх вплив у багатьох випадках проявляється спільно або у визначених комбінаціях.

Якість розрахункового режиму суттєво залежить від точності визначення емпіричної залежності. Проте, точність цих залежностей на сьогоднішній день не достатня. Вони в тій чи іншій мірі містять в собі похибки, припущення що спрощують їх апроксимацію.

З вище сказаного можна зробити висновок, що на сьогоднішній день немає критерію оцінки ефективності механічного оброблення, який би враховував ряд перерахованих складових. Отже розробка нового ефективного критерію оптимізації є актуальною науково-практичною проблемою.

В умовах сучасного виробництва критерій оцінки ефективності механооброблення повинен базуватися на принципі мінімуму енергії та відповідати наступним вимогам: оперативно корегувати режими; проводити комплексну економіко-технологічну оптимізацію; можливість застосування для будь-яких типів виробництва; простота застосування і мінімум вхідної інформації [2].

Застосування енергетичних критеріїв оптимальності повинно бути реалізовано для практичних задач оптимального призначення технологічних умов різання заготовок, що виготовляються з важкооброблюваних матеріалів, або мають складні поверхні.

Для різних способів лезового оброблення застосовується оперативне визначення раціональних технологічних параметрів з застосуванням емпіричних залежностей, що пов'язують елементи режиму різання з стійкістю інструменту, силою та потужністю різання; вони розроблені для широкої різноманітності матеріалів і покладені в основу більшості математичних моделей процесу різання. Наприклад, тангенціальну складову сили різання P_z, H , що вносять найбільший вклад в енергозатрати токарної оброблення, визначають за наступною формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot v^{q_p} \cdot K_p = \left(\frac{10 \cdot \pi^{q_p}}{1000^{q_p}} \cdot C_p \cdot K_p \right) \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot D^{q_p} \cdot n^{q_p}, \quad (1)$$

де C_p, x_p, y_p, q_p – коефіцієнти, що враховують особливості оброблення [6] t – глибина різання, мм; s – подача на оберт, мм/об; $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ – швидкість різання, м/хв; D – діаметр заготовки або інструменту, мм; n – частота обертання привода, хв^{-1}

В.К. Старков вказав на перспективність енергетичних критеріїв, тому що різноманітні способи оброблення базуються на єдиних енергетичних принципах: реалізація будь-якого з них полягає в отриманні кінцевого продукту шляхом ціленаправленої трансформації одних видів енергії в інші. В якості енергетичних критеріїв застосовуються оптимальна температура [5], енергетичний критерій A [6] і мінімальна питома енергоємність [8].

В. Рейхелем [6] сформулював принцип, згідно якого оптимальному періоду стійкості інструменту для заданої пари «конструкційний матеріал — інструментальний матеріал» відповідає одна і таж температура різання θ_0 , яка не залежить від комбінації параметрів різання. При температурі θ_0 створюються умови, за яких забезпечується мінімум інтенсивності зношування інструменту, а поверхневий шар деталі після оброблення має найменшу шорсткість і наклепування. А.Д. Макаров [5] обґрунтував положення про постійність

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

оптимальної температури різання θ_0 ; робота за такої температури забезпечує мінімальне значення сил і найкращі властивості поверхневого шару.

В роботах С.С. Сіліна [7] вказується, що оптимальна температура θ_0 , змінюється під час переходу від одної пари «інструмент заготовка» до іншої зберігає своє постійне значення. Так для оброблення сталі 40Х різцем з пластинкою з твердого сплаву Т15К6 оптимальна температура становить $\theta_0 = 750^{\circ}\text{C}$. Незалежність величини θ_0 від різноманітних технологічних параметрів, структури, і властивостей матеріалу заготовки дозволяє вважати температуру θ_0 узагальненою технологічною константою пари «конструкційний матеріал — інструментальний матеріал».

Особливістю роботи [7] є застосування методу подібності для розрахунку сил P_z, P_x, P_y , діючої θ і оптимальної θ_0 температур різання. Проте, складність запропонованих методик обмежила їх розповсюдження. Наближено оптимальну температуру різання θ_0 можна визначити за формулою А.І. Белоусова [9]:

$$\theta_0 = 0,43k_0\theta_T, \quad (2)$$

де $k_0 = \sqrt{\frac{(\lambda C_p \rho)_{зae}}{(\lambda C_p \rho)_{PH}}}$ при $k_0 > 1$ і $k_0 = \sqrt{\frac{(\lambda C_p \rho)_{PH}}{(\lambda C_p \rho)_{зae}}}$ при $k_0 < 1$; $(\lambda C_p \rho)_{зae}$ — добуток коефіцієнта тепlopровідності λ питомої вагової теплоємності C_p і густини ρ матеріалу заготовки; $(\lambda C_p \rho)_{PH}$ — теж саме для матеріалу інструмента; θ_T — температура термостійкості інструментального матеріалу.

С.С. Сілін запропонував формулу оптимальної температури різання θ_0 для інструментів з твердосплавною ріжучою пластинкою:

$$\theta_0 \approx 0,6\theta_K \left(\frac{\lambda_{зae}}{\lambda_{PH}} \right)^{0,13} \left[\frac{(c\rho)_{зae}}{(c\rho)_{PH}} \right]^{0,2} \frac{m^{0,27}}{(1+\delta)^{0,05}} \quad (3)$$

де θ_K — температура плавлення кобальту; m — коефіцієнт, що залежить від марки оброблюваного матеріалу; δ — відносне лінійне збільшення оброблюваного матеріалу.

Прямої залежності між оптимальною температурою θ_0 і роботою різання не виявлено. Не зрозуміло також, чи відповідає $\theta \rightarrow \theta_0$ мінімізації енергозатрат в технологічній системі.

Для розрахунку оптимальних режимів різання, що задовольняють умову $A \rightarrow A_0$, С.С. Сіліним складена комплексна програма, яка визначає оптимальне значення частоти обертання шпинделя n і хвилинної подачі s_{x8} фрези з врахуванням вимог точності шорсткості поверхні деталі. Застосування розрахункових режимів дозволило підвищити продуктивність фрезерних робіт на 15% зі збереженням нормативної стійкості інструменту.

В.В. Швець [9], відмічає, що питома витрата енергії в процесі механічного оброблення зростає під час переходу до менших площ січення шару, що зрізується (табл. 1).

Таблиця 1
Енергетична характеристика деяких операцій механічного оброблення

Операція	Площа січення шару металу, що зрізується, мм	Енергія, що затрачується на знімання шару металу, $\times 10^{-3}, \text{Дж} / \text{см}^3$	Швидкість різання $\text{м}/\text{с}$	Продуктивність $\text{см}^3 / \text{с}$
Точіння	1,0	0,5-0,7	1,5-7,5	$5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10$
Протягування	0,5	2,5-3,7	0,01-0,1	$4 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-1}$
Фрезерування	0,3	5,0-7,5	2-6	$5 \cdot 10^{-3} - 1,0$
Розгортання	0,1	12-30	0,15-0,16	$5 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-1}$
Шліфування	0,00005	55-70	25-60	$5 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2}$

Найбільш енергоємними, в питому вираженні, є чистове оброблення. Застосування питомої енергоємності, вважає В.В. Швець, дозволяє порівняти процеси, різноманітні за фізичною природою, і встановити оптимальний маршрут виготовлення деталі. В цьому і є

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

перспективність енергетичних критеріїв для оцінки ефективності технологічних маршрутів.

Енергоємність деталі разом з трудоємністю і матеріалоємністю є одними з основних показників технологічності її конструкції. Загальна питома енергоємність E_n виробу рівна:

$$E_{num} = E_{num,n} + E_{ekc,num}, \quad (4)$$

де $E_{num,n} = \frac{E_{np}}{P\tau}$ – питома енергоємність продуктивності; $E_{ekc,num} = \frac{E_{ekc}}{P\tau}$ – питома експлуатаційна

енергоємність; E_{np} – витрата енергії на виготовлення виробу; E_{ekc} – витрата енергії на експлуатацію виробу за повний час його експлуатації τ ; P – корисний ефекти від експлуатації виробу. Параметри, що входять в (4) не дозволяють використовувати дану модель для визначення енергетичних затрат, на виконання окремих технологічних операцій, переходів, робочих ходів.

R. Reeber (Німеччина) в [10] порівнює різноманітні технологічні процеси за критерієм питомої ефективної енергії. Для лезового оброблення питома енергія W_{sp} , $\frac{Bm \cdot c}{mm^3}$, представляє собою роботу перетворення в стружку одиниці об'єму припуску. Для аналізу W_{sp} автор скористався наступною формулою

$$F_s = Ak_s, \quad (5)$$

де F_s – миттєва сила різання, H ; A – площа січення стружки, mm^2 ; k_s – питома сила різання, MPa , що залежить від миттєвої товщини зрізу h_1 , mm :

$$k_s = k_{so} h_1^{-z}, \quad (6)$$

де k_{so} – питома сила різання, MPa при $h_1 = 1mm$; h_1 – фактична товщина зрізу, mm ; z – емпіричний показник степені. Під час переміщення ріжучої крайки на відстань Δl , mm , інструмент здійснює роботу W , $Dж$, рівну

$$W = F_s \Delta l = Ak_s \Delta l, \quad (7)$$

де $V = A \Delta l$ – об'єм припуску, mm^3 . Питома енергія W_{sp} складає

$$W_{sp} = \frac{W}{V} = \frac{F_s \Delta l}{A \Delta l} \left[\frac{H \cdot mm}{mm^2 \cdot mm} \right] = k_s \cdot 10^{-3} \left[\frac{Bm \cdot c}{mm^3} \right]. \quad (8)$$

Отже, енергоємність оброблення W_{sp} рівна питомій силі різання і зменшується зі збільшенням товщини шару знятого стружки.

В.К. Старков [8] пропонує в якості критерію оптимальності для попередніх і чорнових операцій питому енергоємність η_1 , що рівний відношенню повної енергії стружкоутворення U до об'єму припуску, що видаляється (рис. 2)

$$\eta_1 = \frac{U}{tsv} \rightarrow \min. \quad (9)$$

За допомогою показника питомої енергоємності η_1 можна призначити такі технологічні параметри, за яких знімання металу буде проходити з мінімальними затратами енергії U і, відповідно, мінімальною динамічною і тепловою напруженістю зони різання.

Проте, внаслідок інтенсифікації режимів різання зростає поглинання енергії деформації поверхневого шару деталі. Тому на чистових операціях автор пропонує використовувати енергетичний критерій якості η_2 – відношення прихованої енергії деформації U_n до поверхневої продуктивності (sv)

$$\eta_2 = \frac{U_n}{sv} \rightarrow \min. \quad (10)$$

Зменшуючи рівень U_n , можна покращити тонку структуру поверхневого шару деталі, створюючи його оптимальне фізико-хімічний стан, стійкий до дії знакозмінних напружень, високих температур, корозії.

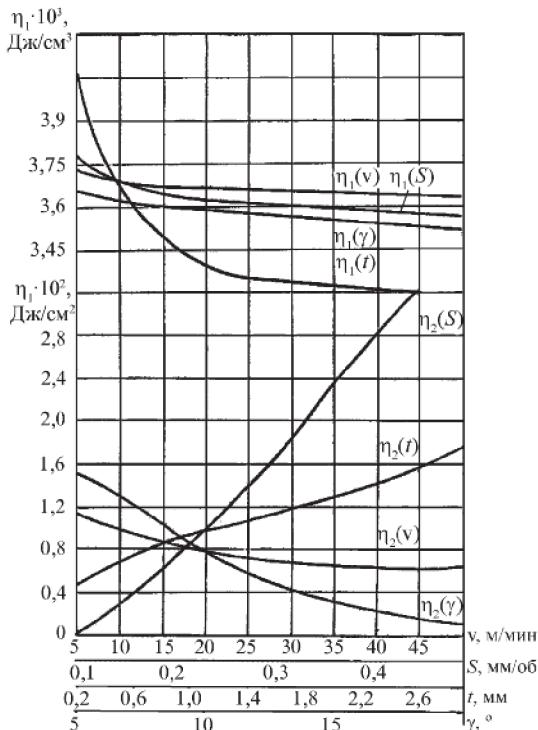
Перевагами оцінки енергоємності процесу за технологічними характеристиками чорнового та чистового оброблення є наступне:

- питома енергоємність служить фізичним показником ефективності, та визначає

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

умови роботи ріжучого інструменту;

- за допомогою такого критерію оптимізуються фізичні умови різання, а відповідно і економічна складова;
- даний критерій є залежним лише від властивостей оброблюваного матеріалу та перебігу технологічного процесу;



Проте, є ряд недоліків. По-перше, для розрахунку прихованої енергії деформації В.К. Старков запропонував емпірично-теоретичні вирази, засновані на дислокаційному уявленні і характеризуються високою складністю. По-друге, отримані моделі характеризують процес токарного оброблення жаростійких сплавів на стальних режимах.

Першопричиною теплових процесів, що відбуваються в зоні різання є механічні явища. Механічна енергія пружно-пластичного деформування поверхневого шару та стружки, а також явища тертя на контактних поверхнях інструменту практично повністю перетворюється в теплову енергію, від якої залежать температурні поля в стружці, на поверхні заготовки, інструменті та інших складових технологічної системи. Температури, в свою чергу, змінюють механічні і теплофізичні властивості оброблюваного та інструментального матеріалу інтенсивність перебігу пружних і пластичних деформацій рівень напруженість і сил різання. Все це свідчить про взаємний зв'язок механічних і теплових явищ в процесі механічного оброблення.

Спільне вивчення цих явищ реалізується через баланс механічної та теплової енергії згідно закону збереження енергії.

$$P_z v = A_p = q + W_\delta = q_c + q_\delta + q_i + q_{n.c.} + W_\delta, \quad (11)$$

де P_z – тангенціальна складова сили різання, H ; v – швидкість різання, m/c ; A_p – робота різання, $Дж$; q – загальна теплота різання, що виділилась, $Дж$; W_δ – прихована енергія деформації об’ємів стружки, поверхневих шарів деталі і робочих поверхонь інструменту, $Дж$; $q_c + q_\delta + q_i + q_{n.c.}$ – кількість теплоти, що переходить з зони різання в стружку, деталь, інструмент, і навколоишнє середовище, $Дж$.

Представлення теплового балансу в критеріальній формі [6] для оброблення різанням вводить енергетичний критерій A , що характеризує собою теплову активність стружки відносно всієї теплоти, що виділилась в зоні різання або відношення кількості теплоти, що виходить з зони різання з стружкою, до загальної теплоти, що виділились

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

$$A = \frac{a_1 \cdot b_1 \cdot c \rho \cdot \Theta}{P_z}, \quad (12)$$

де a_1 – ширина різання (подача різання, $\text{мм}/\text{об}$); b_1 – глибина різання, м ; Θ – температура різання, $^{\circ}\text{C}$;

Для процесу шліфування Н.С. Рикунов пропонує критерій подібності, який характеризує теплову активність деталі відносно інтенсивності загального тепловиділення [6]

$$A = \frac{P_z \cdot V_k}{s \cdot \lambda \cdot \Theta_m}, \quad (13)$$

де V_k – швидкість обертання шліфувального круга, $\text{м}/\text{с}$; s – швидкість подачі стола верстата, $\text{м}/\text{с}$; λ – тепlopровідність оброблюваного матеріалу, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}}$; Θ_m – температура шліфування на поверхні металу, $^{\circ}\text{C}$.

Цікавим є встановлення зв'язку між енергетичними критеріями A і η , який розглянутий в А.В. Барановим та С.С. Сіліним [6]. Виконані авторами розрахунки для різних видів механооброблення показують, що зростом швидкості різання частина тепла, що виносиеться стружкою з зони різання, зростає в порівнянні з загальною кількістю теплоти, що виділяється під час оброблення. І на основі аналізу рівнянь (1.26) і (1.27) вводиться характеристика

$$\omega = \frac{P_z v - q_c}{v \cdot s}. \quad (14)$$

Характеристика ω представляє кількість енергії, яка не виносиеться стружкою з зони різання і розподіляється між деталлю і інструментом до площини поверхні, обробленої за одиницю часу. Результати розрахунків, для сталі 40Х з застосуванням твердосплавного різца Т15К6, показано на рис. 1.5.

Аналіз залежності критеріїв ω і η від швидкості різання показує, що зі зростанням останньої кількість невинесеної стружкою енергії з зони різання різко зменшується, і величина ω наближається до η . Якщо ж швидкості досить високі то їх значення практично вирівнюються. Як відмічає В.К. Старков, чим менше енергії накопичується в поверхневому шарі деталі, тим вищі її експлуатаційні показники, менші параметри шорсткості і розмірна стабільність деталей [8]. Тому можна зробити висновок, чим більше енергії виносиеться стружкою з зони різання ω , тим більш сприятливі умови створюються для якості і точності оброблення.

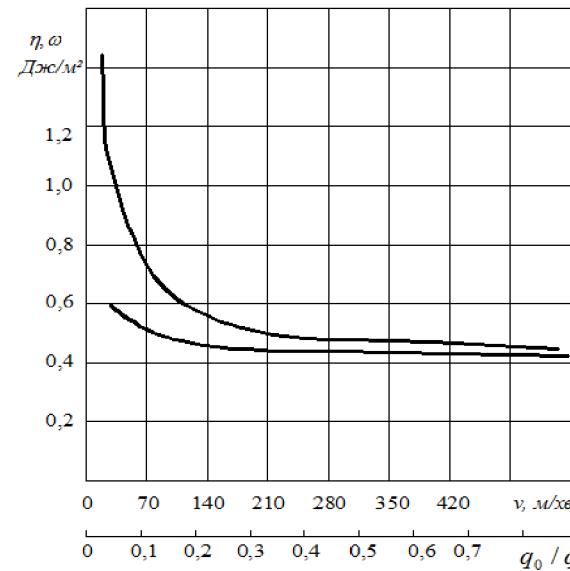


Рис. 2. Вплив швидкості різання на значення η, ω

Для більш широкого застосування енергетичних критеріїв якості необхідна методика його розрахунку для різання практично любого матеріалу.

Ю.Г. Кабалдін під час розроблення енергетичних принципів керування процесами механічного оброблення в автоматизованому виробництві на основі закону збереження енергії

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

пропонує енергетичний критерій якості оброблюваної поверхні K [4].

$$K = \frac{W}{A_p}, \quad (15)$$

де W – прихована енергія деформації поверхневих шарів деталі, Дж; A_p – робота різання (робота пластичного деформування), Дж.

Даний критерій K розглядає відношення прихованої енергії деформації до загальної енергії, що витрачається на деформацію і характеризує здатність матеріалу запасати енергію.

Таким чином, енергетичні критерії дозволяють більш обґрунтовано підходити до питань оптимізації процесів різання (по якості і точності оброблення) і на основі цього вести науково-обґрунтоване нормування операцій механічного оброблення.

Про практичне застосування енергетичних критеріїв A , і η слід відмітити наступне:

- енергетичний критерій A використовується для керування якістю поверхневого шару в системі автоматичного керування токарного оброблення;
- енергетичний критерій η дозволяє в системі автоматизованого проектування токарного оброблення в якості критерію оптимізації чистового оброблення.

Висновки. Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталей машин можливе за рахунок інтенсифікації режимів різання та за умов застосування комбінованих методів формоутворення. Процес різання є складним комплексом фізико-хімічних явищ, які супроводжуються взаємодією інструменту з оброблюваним металом в умовах високих контактних тисків і температур, тому доцільна оцінка операцій механічного оброблення з енергетичної точки зору. На формоутворення нової поверхні деталі в процесі токарного оброблення затрачається близько 30% від загальних енергетичних затрат на формоутворення поверхні, решта енергії припадає на теплові процеси. Виявлено, що зв'язки основних параметрів багатоінструментальної операції і налагодження з ефективністю та енергоємністю технологічного процесу досліджені не в повному обсязі, що обмежує практичне застосування методик призначення режимів токарно-автоматних операцій і вибору конструкторсько-геометричних параметрів ріжучого інструменту за критеріями енергоефективності. Встановлено, що вдосконалення багатоінструментальної операції механічного оброблення можливе за рахунок оптимізації процедури проектування інструментального налагодження. На підставі аналізу літературних джерел зроблено висновок про те, що не існує комплексного підходу до оцінки енергетичної ефективності методів механічного оброблення і розроблені математичні моделі не дають адекватних значень енергетичних затрат в технологічній системі під час токарного оброблення деталей машин.

Інформаційні джерела

1. Алексин В.П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов Текст. / В.П. Алексин. М.: Наука, 1983. - 280 с.
2. Армарего И.Дж.А. Обработка металлов резанием. / И.Дж.А. Армарего, А.Х. Браун; пер. с англ. В.А. Пастунова. – М. :Машиностроение, 1977. — 325 с.
3. Волчкович Л.И., Усубаматов Р.Н. Оптимизация структурных параметров автоматических линий. В сб. Повышение эффективности обработки на металлорежущих станках. Фрунзе. ФПИ, 1977, в. 101, С. 103-109.
4. Кабалдин Ю.Г. Синергетика. Управление процессами механообработки в автоматизированном производстве / Ю.Г. Кабалдин, А.М. Шпилев. – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во КГТУ, 1997, – 215 с.
5. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущего инструмента / А.Д. Макаров. – М.: Машиностроение, 1978. – 264 с.
7. Радзевич С.П. Формообразование поверхностей деталей. Основы теории. Монография / Радзевич С.П. – К.: Растан, 2001. – 592 с.
6. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов / С.С. Силин. – М.: Машиностроение, 1979.– 175 с.
8. Старков В.К. Физика и оптимизация резания металлов / В.К. Старков. – М.: Машиностроение, 2009. – 640 с.
9. Швец В.В. Некоторые вопросы теории технологии машиностроения / В.В. Швец. – М.: Машиностроение, 1967. – 63 с.
10. Reeber R. Der Energie bedarf bei trennenden Fertigungsverfahren // Werkstatt und Betr. 1980. 113, 109-113.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Приступа С.А., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ОПТИМИЗАЦІЯ МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧЕСКОЇ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПО РАЗЛИЧНИМ КРИТЕРІЯМ

Использование многошпиндельных токарных автоматов в технологических процессах изготовления деталей машин и приборов не всегда является эффективным, в связи с отсутствием отработанных систем технологической подготовки, методик назначения и оптимизации параметров механообрабатывающих операций и проектирования инструментальных настроек, которые обеспечивали бы максимальную производительность с минимальными энергетическими затратами.

Критерии оптимизации операций механической обработки условно можно разделить на экономические и физические. Установлено, что физические критерии учитывают механическую составляющую процесса обработки и базируются на законах взаимодействия инструмента и заготовки, результаты оптимизации по физическим критериям не зависят от экономики производства. Применение удельной энергоемкости позволяет сравнить процессы, различные по физической природе и установить оптимальный маршрут изготовления детали.

Ключевые слова: критерий, оптимизация, производительность, токарный автомат, удельная энергоемкость.

S. Prystupa

Lutsk National Technical University

OPTIMIZATION OF OPERATIONS BAHATOINSTRUMENTALNYH MACHINING MACHINE PARTS TO DIFFERENT CRITERIA

Using multi turning machines in the process of manufacturing machine parts and devices are not always effective due to the lack of exhaust systems technology training, appointment procedures and optimization of machining operations and tool design adjustments that would ensure maximum performance with minimal energy cost.

Criteria optimize machining operations can be divided into economic and physical. It was established that the physical criteria take into account the mechanical component of the treatment and are based on the laws of interaction between tool and workpiece, the physical results of optimization criteria are not dependent on the economy of production. The application allows you to compare specific energy processes a variety of physical nature and establish the best route manufacturing parts.

Keywords: criterion, optimization, performance, lathe machine, specific energy consumption.