

© В.М. Рубан¹, С.Т. Пацера¹, К.В. Андрющенко¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

© V. Ruban¹, S. Patsera¹, K. Andriushchenko¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

MATHEMATICAL MODELING OF TITANIUM ALLOY TURNING PROCESS

Мета. Розв'язання науково-технічної задачі, пов'язаної з технологічним забезпеченням високопродуктивної механічної обробки деталі з титану шляхом оптимізації та управління її оброблюваністю інструментом з твердих сплавів на верстатах з ЧПК, за умов вирішення задач оптимізації.

Методика. Методологічною основою роботи є системний підхід та аналіз вивчення об'єкта досліджень для вирішення поставленого завдання нелінійного програмування застосовується ефективні чисельні методи оптимізації – це методи наближеного або точного рішення математичних задач оптимізації, що зводяться до виконання кінцевого числа елементарних операцій над числами.

Результати. Одержані чисельні результати досліджень для науково-обґрунтованого підходу у розв'язанні технічної задачі високопродуктивної токарної обробки деталей з титану на верстатах з ЧПК, що містить сукупність скорегованих методик та алгоритмів для прогнозування їхньої оброблюваності із забезпеченням надійності різального інструменту з твердих сплавів. Отримані результати дають можливість побудувати графіки і збільшити стійкість інструменту, визначити оптимальну глибину різання, потужність верстату, величину головного кута в плані різця.

Наукова новизна. Рішення задачі нелінійного програмування полягає у виборі таких невід'ємних значень змінних, підпорядкованих системі обмежень у формі нерівностей, при яких досягається максимум (або мінімум) даної функції. Встановлення повного і системного зв'язку параметрів оброблення з властивостями оброблюваного матеріалу, геометрією інструменту на раціональне використання оптимізованої технології управління на верстатах з ЧПК. Опрацювання експериментальних даних дало змогу вперше одержати комплексні залежності, які дають наочне уявлення про вплив кожного параметра процесу точіння на період стійкості інструменту при складанні оптимальної технології механічної обробки.

Практична значимість. Полягає в обґрунтуванні оптимальних параметрів різання, установленні характеру впливу умов токарної обробки титанового сплаву на основні показники процесу, стійкість інструменту, потужності різання, головного кута в плані.

Ключові слова: точіння, верстат, титановий сплав, інструментальний матеріал, технологія, стійкість інструменту, різучий інструмент, оптимальні режими різання.

Вступ. Титан та його сплави за оброблюваністю значно відрізняються від конструкційних легированих сталей і займають проміжне положення між нержавіючими сталями та жароміцними сплавами.

Титановий сплав BT22 — важко оброблюваний матеріал, що містить 35 % β -фази та 16 % легуючих елементів. Мікротвердість – 4400 МПа, твердість – 37 HRC, ударна в'язкість – 3 Дж/м² [1].

Розробка математичної моделі процесу різання є найважливішим етапом створення алгоритму оптимізації.

Для випадку обробки поздовжнім точінням за один прохід з постійною глибиною різання, яка дорівнює припуску на обробку (ідеальний випадок), режим різання буде оптимальним при такому поєднанні подачі і швидкості різання, коли основний технологічний час буде мінімальним. Таке оптимальне рішення знаходять, відшукуючи таке позитивне значення керуючих впливів (подачі S і частоти обертання n шпинделя) при задоволенні всіх обмежень, які доставляють мінімум критерію оптимальності – технологічного часу [2].

Основна частина. Для випадку поздовжнього точіння оптимізаційна математична модель може бути виражена такою системою рівнянь і нерівностей.

Вихідні дані для розрахунку параметрів:

- твердість оброблюваного матеріалу – HB;
- глибина різання – t , мм;
- оброблюваний діаметр – D , мм;
- стійкість інструменту – T , хв;
- необхідна шорсткість – R_a , мкм;
- шлях різця в напрямку робочої подачі – L , мм;
- потужність електродвигуна приводу головного руху верстата – $N_{эл}$, кВт;
- ККД кінематичного ланцюга від електродвигуна до інструменту – η ;
- головний і допоміжний кути в плані різця – φ , φ_1 , град;
- радіус при вершині інструменту – r , мм;
- коефіцієнти для розрахунку швидкості різання – K_v , x_v , m_v , y_v ;
- коефіцієнти для розрахунку складової сили різання – N_{pz} , x_{pz} , y_{pz} , n_{pz} ;
- допустима сила по міцності найслабшої ланки механізму подачі – P_x ;
- товщина ріжучої пластини – N_p , мм;
- допустима напруга на вигин – $\sigma_{изг}$, МПа;
- розміри перетину різця - висота H , ширина B , мм;
- виліт різця – l_p , мм;

Цільова функція має вигляд:

$$f(x_1, x_2) = x_1 + x_2, \quad (1)$$

де $x_1 = \ln(100S)$, $x_2 = \ln(n)$ – оптимізуючі параметри.

Введення ряду обмежень:

Обмеження I

Обмеження по стійкості інструмента, має вигляд:

$$V_\phi \leq V_p. \quad (2)$$

Дане обмеження встановлює взаємозв'язок між швидкістю різання, обумовленою прийнятою стійкістю інструменту, глибиною різання, подачею, з одного боку, і швидкістю різання, що визначається кінематикою верстата, з іншого боку. Схема розрахунку наведена на рис. 1.

Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, (\text{м/хв}) \quad (3)$$

Швидкість різання при розрахунку за емпіричною формулою:

$$V_{em} = \frac{C_V}{T^{m_v} \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_V, (\text{м/хв}) \quad (4)$$

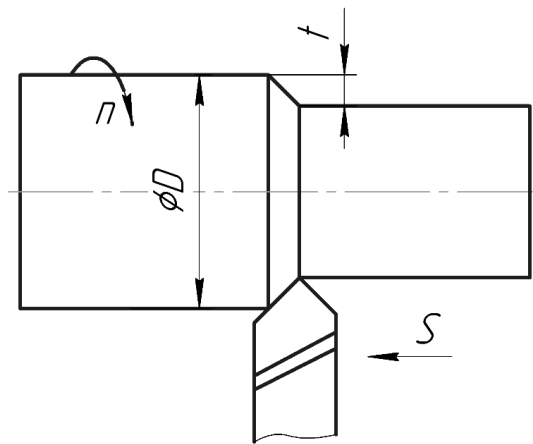


Рис. 1. Схема до розрахунку на стійкість різця

Підставивши швидкості різання в обмеження, отримаємо:

$$\frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \leq \frac{C_V \cdot K_V}{T^{m_v} \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}}, \quad (5)$$

де: n – частота обертання шпинделя, об / хв; S – поздовжня подача інструменту, мм/об.

Після логарифмування і підстановки

$x_1 = \ln(100S)$, $x_2 = \ln(n)$, отримаємо такі вирази:

$$y_v \cdot x_1 + x_2 \leq b_1, \quad (6)$$

$$b_1 = \ln \left(\frac{1000 \cdot C_V \cdot K_V \cdot 100^{y_v}}{\pi \cdot D \cdot T^{m_v} \cdot t^{x_v}} \right). \quad (7)$$

Обмеження 2

Обмеження по потужності привода головного руху, має вигляд:

$$N_{ef} \leq N_{ov} \cdot \eta. \quad (8)$$

Обмеження (8) встановлює взаємозв'язок між ефективною потужністю, що витрачається на процес різання, і потужністю електроприводу головного руху верстата.

Ефективна потужність різання [3] залежить від швидкості різання і складової сили різання (схема до розрахунку приведена на рис. 2):

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102} \cdot (\text{кВт}) \quad (9)$$

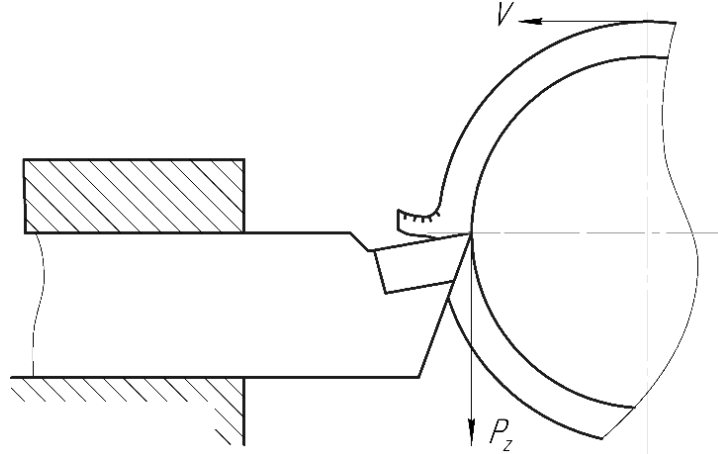


Рис. 2. Схема до розрахунку на потужність головного руху

Якщо виразити швидкість різання V через частоту обертання n , підставити отриманий вираз, в формулу ефективної потужності (9), то отримана залежність буде містити оптимізуючі параметри S і n .

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}}$$

Після логарифмування та підстановки $x_1 = \ln(100S)$, $x_2 = \ln(n)$ отримаємо наступні вирази:

$$y_{pz} \cdot x_1 + (n_{pz} + 1) \cdot x_2 \leq b_2, \quad (10)$$

$$b_2 = \ln \left[\frac{612 \cdot 1000^{(n_{pz}+1)} \cdot N_{ог} \cdot \eta \cdot 100^{y_{pz}}}{C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot (\pi D)^{(n_{pz}+1)}} \right]. \quad (11)$$

Обмеження 3

Обмеження по міцності механізму подачі. За силою допустимої міцності найслабшої ланки механізму подачі, має вигляд:

$$P_x \leq [P_x]. \quad (12)$$

Сила P_x залежить від елементів ріжучої частини різця і режимів різання (t , S , V), від властивостей оброблюваного матеріалу і зносу різця, від умов різання і інших чинників. Так як параметрів для визначення сили P_x немає, то розрахунок ведемо з співвідношення залежності сил $P_z : P_y : P_x$. В середньому співвідношення складових сил різання можна прийняти $1:0,45:0,35$. Тоді сила $P_x = P_z \cdot 0,35$. А допустима сила P_x на токарному верстаті з ЧПК С830ВЕ дорівнює 10 кН. Схема до розрахунку приведена на рис. 3.

$$10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{x_{Pz}} \cdot S^{y_{Pz}} \cdot V^{n_{Pz}} \cdot 0,35 \leq [P_x]. \quad (13)$$

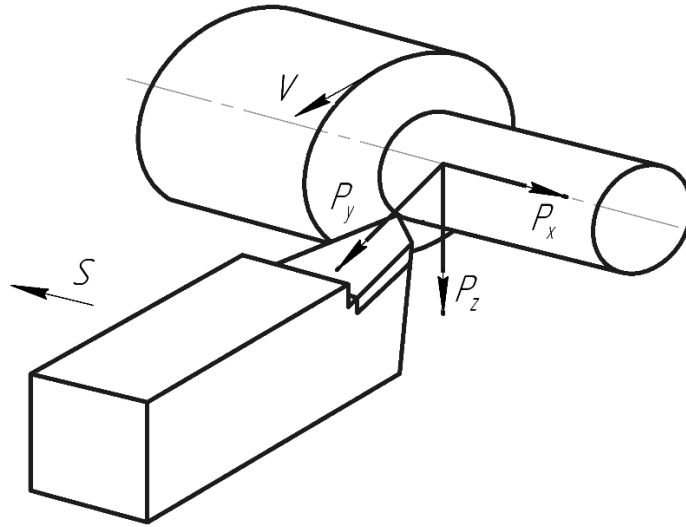


Рис. 3. Схема до розрахунку на міцність механізму подачі

Якщо виразити швидкість різання V через частоту обертання n , підставити отриманий вираз, в формулу сили, то отримана залежність буде містити оптимізуються параметри S і n [4, 5].

Після логарифмування і підстановки S і n .

$x_1 = \ln(100S)$, $x_2 = \ln(n)$ отримаємо такі вирази:

$$y_{pz} \cdot x_1 + n_{pz} \cdot x_2 \leq b_3, \quad (14)$$

$$b_3 = \ln \left[\frac{[P_x] \cdot 1000^{n_{pz}} \cdot 100^{y_{pz}}}{3,5 \cdot C_{Pz} \cdot t^{x_{Pz}} \cdot (\pi D)^{n_{pz}}} \right]. \quad (15)$$

Обмеження 4

Обмеження по міцності державки різця, має вигляд:

$$\sigma_\sigma \leq [\sigma_\sigma]. \quad (16)$$

Дане обмеження встановлює взаємозв'язок швидкості різання і подачі з допустимими параметрами по міцності ріжучого інструменту.

Допустиме напруження на вигин залежить від згинального моменту і моменту опору перерізу різця, МПа:

$$\sigma_\sigma = \frac{M_3}{W}, \quad (17)$$

де, M_3 – згинальний момент, W – момент опору перерізу різця,

Якщо виразити згинальний момент M_3 через розрахункову формулу сили різання P_z , підставити отриманий вираз в формулу напруги на вигин σ_σ , то отримана залежність буде містити оптимізуються параметри S и n . Ескіз обробки наведено на рис. 4.

$$\frac{P_z \cdot l_p}{W} \leq [\sigma_s]. \quad (18)$$

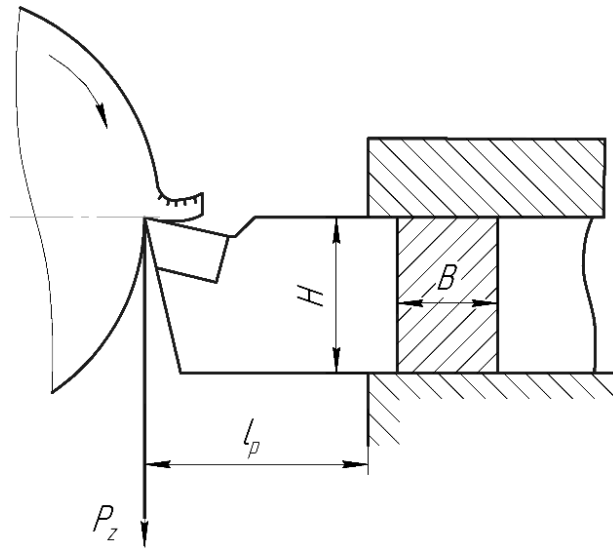


Рис. 4. Схема до розрахунку на міцність перетину різця

Момент опору перетину різця розраховується з виразу:

- для прямокутного перерізу:

$$W = \frac{B \cdot H^2}{6}, (\text{Нм}) \quad (19)$$

— для квадратного перерізу:

$$W = \frac{B^3}{6}, (\text{Нм}) \quad (20)$$

— для круглого перерізу:

$$W = 0,05d^4 (\text{Нм}). \quad (21)$$

Після логарифмування і підстановки $x_1 = \ln(100S)$, $x_2 = \ln(n)$ отримаємо такі вирази:

$$y_{pz} \cdot x_1 + n_{pz} \cdot x_2 \leq b_4, \quad (22)$$

$$b_4 = \ln \left[\frac{W \cdot [\sigma_u] \cdot 1000^{n_{pz}} \cdot 100^{y_{pz}}}{10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot (\pi d)^{n_{pz}} \cdot l_p} \right]. \quad (23)$$

Обмеження 5

Обмеження по міцності пластини ріжучої частини різця, має вигляд:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p], \quad (24)$$

де: σ_p – напруга, що виникає в ріжучої пластині в момент дії на неї сили P_z , МПа;
 $[\sigma_p]$ – допустима напруга, здатна витримати пластина без руйнувань, МПа.

Дане обмеження встановлює взаємозв'язок подачі з допустимими параметрами, що впливають на міцність ріжучої пластини. Тангенціальна сила впливає на ріжучу пластину як сила вигину [6].

$$y_{pz} \cdot x_1 \leq b_5, \quad (25)$$

$$b_5 = \ln \left[\frac{34 \cdot C_m^{1,35} (\sin 60 / \sin \phi)^{0,8} \cdot 100^{y_{pz}}}{C_{Pz} \cdot t^{(x_{pz}-0,77)}} \right], \quad (26)$$

де C_m – товщина пластини, мм.

Обмеження 6

Обмеження по шорсткості оброблюваної поверхні.

Подача і швидкість різання, що допускається необхідної шорсткістю Ra обробки, може бути визначена за детермінованою складової профілю шорсткості обробленої поверхні. Шорсткість визначається за геометричними залежностями формування мікронерівностей поверхневого шару деталі. І залежить від геометричних параметрів різця (головного ϕ та допоміжного ϕ_1 кутів в плані та радіуса r округлення вершини різця в плані), твердості матеріалу HB , глибиною зрізаного шару, подачі і швидкості різання.

Шорсткість поверхні не повинна перевищувати необхідну:

$$Ra = \frac{0,85 \cdot t^{0,31} \cdot S^{0,58} \cdot \phi^{0,4} \cdot \phi_1^{0,4}}{V^{0,06} \cdot r^{0,65} \cdot HB^{0,05}}. \quad (27)$$

Після логарифмування і підстановки $x_1 = \ln(100S)$, $x_2 = \ln(n)$ отримаємо такі вирази:

$$0,58 \cdot x_1 - 0,06 \cdot x_2 \leq b_6, \quad (28)$$

$$b_6 = \ln \left[\frac{Ra \cdot (\pi \cdot D)^{0,06} \cdot r^{0,65} \cdot HB^{0,05} \cdot 100^{0,58}}{0,85 \cdot 1000^{0,06} \cdot t^{0,31} \cdot \phi^{0,4} \cdot \phi_1^{0,4}} \right]. \quad (29)$$

Обмеження 7

Величина подачі не може бути менше, ніж мінімальна подача, яку може забезпечити кінематика верстата ($S_{\min}$) [7]. Також подача повинна бути не менше 0,07 мм / об, в зв'язку з тим, що малий перетин зрізаного шару титанового сплаву може привести до самозаймання стружки. Тобто має виконуватися нерівність:

$$0,07 \leq S \leq S_{\min}. \quad (30)$$

Обмеження 8

Величина подачі не може бути більше, ніж максимальна подача, яку може забезпечити кінематика верстата ($S_{\max}$). Так само при чорновій обробці титанових сплавів, подання не може бути більше 0,6 мм/об, з тієї причини, що зі

збільшенням подачі збільшується і сила різання. Яка в свою чергу негативно впливає на процес обробки титанових сплавів. Тобто має виконуватися нерівність:

$$0,6 \geq S \leq S_{\max}. \quad (31)$$

Так як при обробці титанових сплавів використовуються сучасні токарні верстати з ЧПУ, діапазон подач яких коливається від 0,001 мм до декількох міліметрів, то для оптимізації слід застосовувати обмеження за даними подач – $S_{\max} = 0,6$ мм/об, $S_{\min} = 0,07$ мм/об.

Обмеження 9

Розрахункова величина швидкості різання не може бути менше, ніж можлива, виходячи з найменшого числа оборотів верстата, тобто має виконуватися нерівність:

$$n \geq n_{\min}. \quad (32)$$

Обмеження 10

Розрахункова величина швидкості різання [7, 8] не може бути більше, ніж можлива, виходячи з максимальної кількості оборотів верстата, тобто має виконуватися нерівність:

$$n \leq n_{\max}. \quad (33)$$

Після логарифмування і підстановки $x_1 = \ln(100S)$, $x_2 = \ln(n)$ отримаємо такі вирази:

$$\ln(100 \cdot 0,07) \leq x_1 \leq \ln(100 \cdot 0,6), \quad (34)$$

$$\ln(5) \leq x_2 \leq \ln(1500). \quad (35)$$

Лінеаризація рівнянь технологічних обмежень і цільової функції. Зводимо нерівності технологічних обмежень і рівняння цільової функції в одну систему.

Перехід до лінійної системи здійснюється логарифмування. Цільова функція може бути представлена в наступному вигляді:

$$f = (n \cdot S) \longrightarrow \max \quad (36)$$

Виконавши логарифмування виразу (41), отримаємо:

$$\ln(f) = \ln(n) + \ln(S) \longrightarrow \max. \quad (37)$$

Для оптимізації параметрів механічної обробки при точінні титанових сплавів доцільно використовувати алгоритм, блок-схема якого представлена на рис. 5.



Рис. 5. Блок-схема програми оптимізації параметрів механічної обробки титанових сплавів

Визначення впливу параметрів механічної обробки титанових сплавів на її ефективність.

Для проведення аналізу оптимального режиму різання від зміни параметрів обробки, слід визначити:

- залежність оптимального режиму різання від періоду стійкості інструменту T ;
- залежність оптимального режиму різання від глибини різання t ;
- залежність потужності різання і складової сили від глибини різання t ;
- залежність оптимального режиму різання від головного кута в плані різця;
- залежність продуктивності і швидкості формоутворення від глибини різання при оптимальному режимі

1) Аналіз залежності оптимального режиму різання від періоду стійкості інструменту T .

Щоб визначити цю залежність, слід провести оптимізацію режиму різання і титанового сплаву з період стійкості рівним від 30 до 60 хвилин.

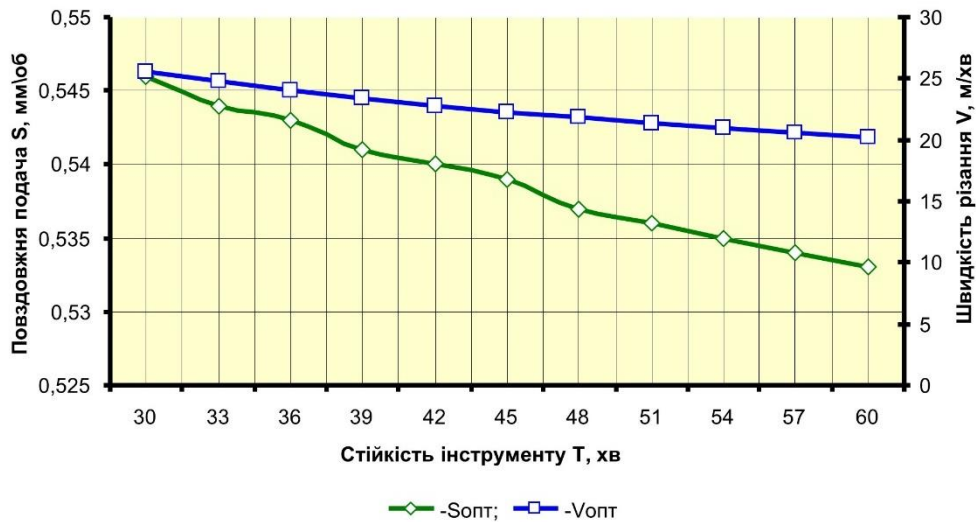


Рис. 6. Залежність оптимального режиму різання від стійкості інструменту

Аналіз отриманих результатів на графіку по рис. 6 свідчить, що при збільшенні стійкості інструменту T [9], швидкість різання знижується по лінійної залежності.

Аналіз залежності оптимального режиму різання від глибини різання t .

Для проведення аналізу цієї залежності, слід провести оптимізацію режиму різання титанового сплаву з глибиною різання від 3 до 10 мм (чорнова обробка). Аналіз отриманих результатів на графіку по рис. 7 свідчить, що закон оптимального управління процесом точіння має дві зони:

- оптимальна обробка до глибини різання 4 мм відбувається з постійною поздовжньої подачею на оборот заготовки (рівній 0,6 мм/об), тим не менше, швидкість різання знижується по лінійної залежності;
- оптимальна обробка з глибиною різання, яка перевищує 4 мм, виконується з практично постійною швидкістю різання (вона трохи збільшується), тим не менше, поздовжня подача на оборот заготовки знижується також по лінійної залежності.

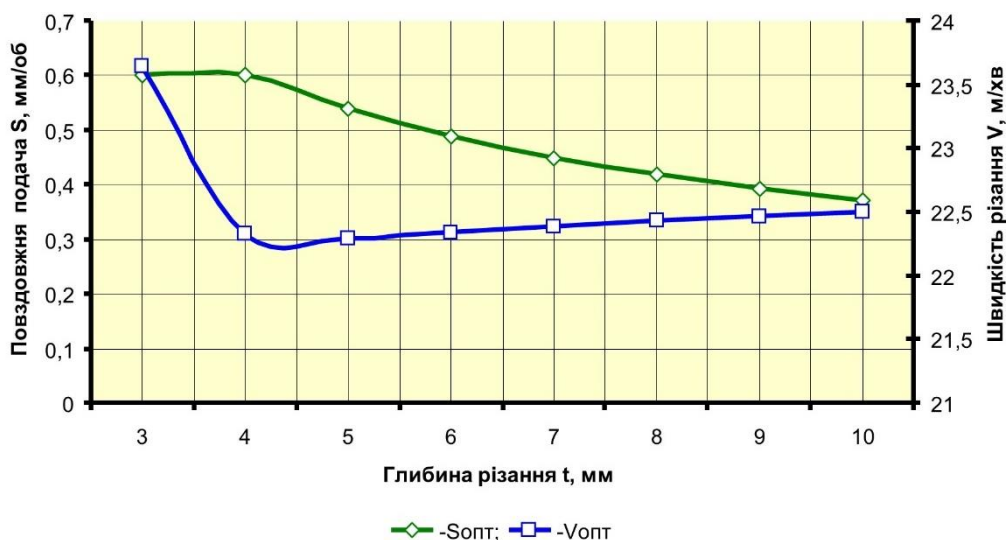


Рис. 7. Залежність оптимального режиму різання від глибини різання

Аналіз залежності потужності різання і складової сили від глибини різання при оптимальному режимі.

Для проведення аналізу цієї залежності, слід провести оптимізацію режиму різання титанового сплаву з глибиною різання від 3 до 10 мм.

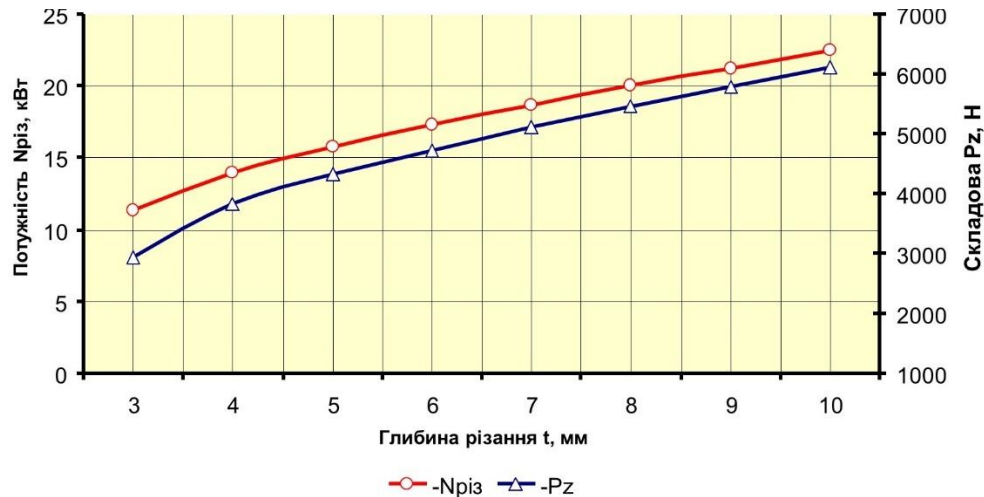


Рис. 8. Залежність потужності та сили P_z від глибини різання t

Щодо енергетичних характеристик оптимального процесу різання, можна зробити висновки з аналізу графіка по рис. 8. При підвищенні глибини різання, потужність різання збільшується. Це відбувається через те, що глибина різання безпосередньо впливає на підвищення складової сили. Для підвищення продуктивності з великими глибинами різання (чорнова обробка) необхідно використовувати більш потужний верстат. Такий результат свідчить про певну оптимальності конструктивного рішення вибору параметрів верстата.

Аналіз залежності оптимального режиму різання від головного кута в плані різця.

Для проведення аналізу цієї залежності, слід провести оптимізацію режиму різання титанового сплаву з головним кутом в плані різця від 20° до 90° .

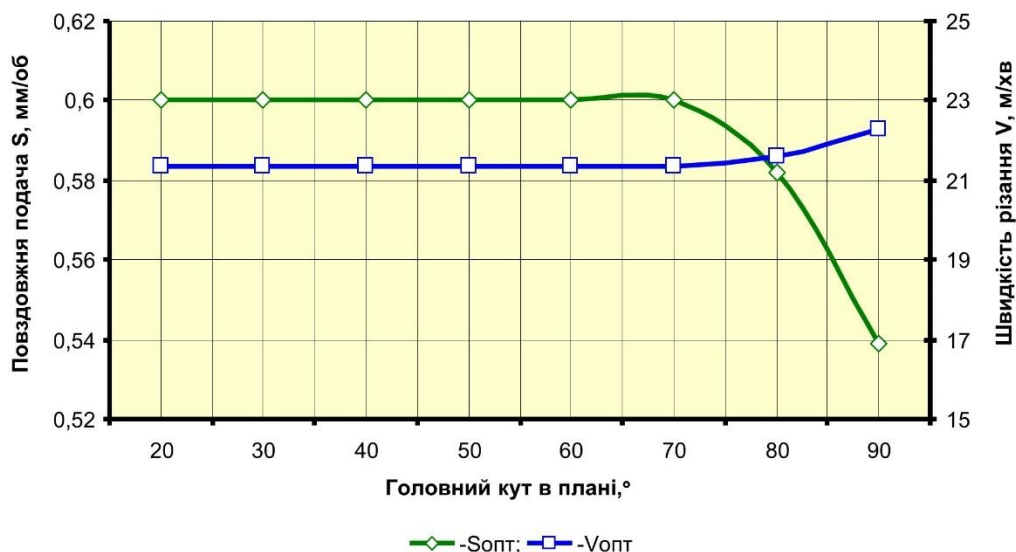


Рис. 9. Залежність оптимального режиму різання від головного кута в плані різця

Аналіз отриманих результатів з графіка по рис. 9 свідчить, що оптимальна обробка титанового сплаву при збільшенні головного кута в плані ϕ різця до 70° йде з постійною подачею на оборот заготовки і постійною швидкістю різання [5]. А в діапазоні від 70° до 90° подача зменшується, а швидкість різання збільшується. Такий результат пояснюється тим, що при куті, меншому 70° обмеження по стійкості різця не утворює оптимальної вершини області можливих значень режиму різання.

Аналіз залежності продуктивності і швидкості формоутворення від глибини різання при оптимальному режимі.

Для проведення аналізу цієї залежності, слід провести оптимізацію режиму різання титанового сплаву з глибиною різання від 3 до 10 мм.

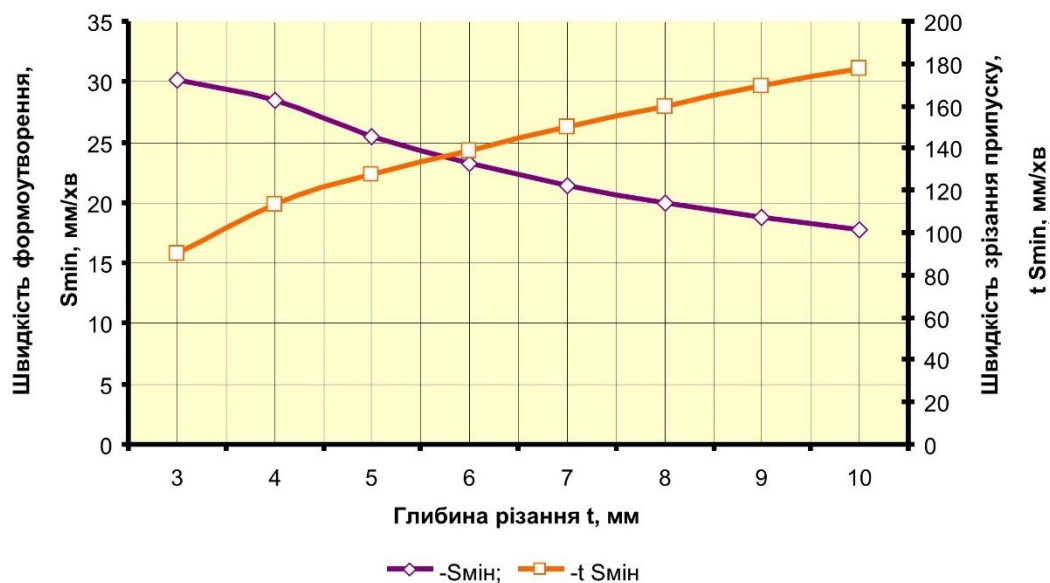


Рис. 10. Залежність продуктивності і швидкості формоутворення від глибини різання при оптимальному режимі

З аналізу результатів досліджень, які представлені на рис. 10, можна зробити наступне:

Висновки:

- продуктивність верстата [10], оцінюється часом обробки поверхні деталі, тобто за величиною поздовжньої подачі, поступово знижується при збільшенні глибини різання, отже, при чистовій обробці слід призначати якомога менший припуск;
- продуктивність верстата, що оцінюється обсягом зрізаного припуску за хвилину зі збільшенням глибини різання збільшується.

Перелік посилань

1. Рижов, Ю.Е., Бурикін, В.В., & Абрамова, С.Л. (2010). *Оброблюваність титанових сплавів при фрезеруванні із використанням ПНТМ та алмазного хонінгуванні. Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. пр., 9.* 113–121.

2. Яковенко, І. Е., Пермьяков, О. А., & Фесенко, А.В. (2022). *Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування*. Харків: НТУ «ХП».
3. Добрянський, С.С., & Малафєєв, Ю.М. (2020). *Технологічні основи машинобудування : підручник для студентів спеціальностей 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування*. КПІ ім. Ігоря Сікорського.
4. Будяк, Р.В., Гіосвягенко, Е.К., Швець, Л.В. & Жученко, Г.А. (2020). *Конструкційні матеріали і технології: навч. посіб.* Вінниця: ФОП Т.П. Барановська.
5. Kravchenko, Y., & Derbaba, V. (2020). Empirical definition of the shearing angle and chip-edge contact length when cutting. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 63, 123–133. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/63.123>
6. Кравченко, Ю.Г., & Дербаба, В.А. (2022). *Спосіб визначення кута зсуву при стружкоутворенні*. (Patent No 126198).
7. Дербаба, В.А., Пацера, С.Т., & Григоренко, В.У. (2022). Особливості механічної обробки зносостійких чавунів. *Збірник наукових праць НГУ*, 71, 217–230. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/71.217>
8. Кравченко, Ю.Г., Дербаба, В.А., & Смагін, Д.В. (2020). Визначення і взаємозв'язок кутів зсуву і тертя при стружкоутворенні. *Збірник наукових праць НГУ*, 61, 193–201. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/61.193>
9. Щербина, Є.Ю., Дербаба, В.А., & Козечко, В.А. (2022). Критерії стійкості ріжучого інструменту для висошвидкісної обробки. *Збірник наукових праць НГУ*, 67, 77–95. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/67.077>
10. Дербаба, В.А., Носачов, В.С., & Різо, З.М. (2021). Дослідження і удосконалення методики випробувань верстата на геометричну і кінематичну точність. *Збірник наукових праць НГУ*, 71, 198–212 <https://doi.org/10.33271/crpnmu/64.198>

ABSTRACT

Objective. To solve a scientific and technical problem related to the technological support of high-performance mechanical processing of titanium parts by optimizing and controlling their machinability with hard alloy tools on CNC machines, under the conditions of solving optimization problems.

Methodology. The methodological basis of the work is a systematic approach and analysis of the research object to solve the set task of nonlinear programming. Effective numerical optimization methods are used – these are methods of approximate or exact solutions to mathematical optimization problems, which boil down to performing a finite number of elementary operations on numbers.

Results. The numerical results of the research obtained for a scientifically based approach to solving the technical problem of high-performance turning of titanium parts on CNC machines, which contains a set of adjusted methods and algorithms for predicting their machinability while ensuring the reliability of cutting tools made of hard alloys. The results obtained make it possible to construct graphs and increase tool stability, determine the optimal cutting depth, machine power, and the value of the main angle in the cutter plane.

Scientific novelty. The solution to the nonlinear programming problem consists in selecting such non-negative values of variables subject to a system of constraints in the form of inequalities at which the maximum (or minimum) of a given function is achieved. Establishing a complete and systematic relationship between the processing parameters and the properties of the material being processed, the geometry of the tool for the rational use of optimized control technology on CNC machines. The processing of experimental data made it possible for the first time to obtain complex dependencies that give a clear idea of the influence of each parameter of the turning process on the stability period of the tool when compiling the optimal technology for mechanical processing.

Practical significance. It consists in substantiating the optimal cutting parameters, establishing the nature of the influence of the conditions of turning titanium alloy on the main indicators of the process, tool stability, cutting power, and main angle in the plane.

Keywords: *turning, machine tool, titanium alloy, tool material, technology, tool stability, cutting tool, optimal cutting conditions.*