

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 621.921.91.01

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

Держук В.А., Севериненко О.Л., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

В даній роботі проведено обґрунтування одного з перспективних методів підвищення продуктивності виготовлення деталей приладів шляхом збільшення швидкості обробки. Також виявлений вплив різних факторів на даний процес виготовлення.

Вступ

Підвищення продуктивності виготовлення деталей приладів при зберіганні достатньо високої точності та якості виготовлення – це загальна проблема виготовлення різних елементів приладів та всієї конструкції взагалі. Вона пов'язана з важливими науковими і практичними завданнями технології виготовлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми в машино- та приладобудуванні показані в роботах, які проведені в Німеччині та Франції [1, 2], Росії [3], Білорусії [4] і розпочалося на Україні [5].

Наукове обґрунтування і практичне використання високошвидкісних процесів обробки (ВШО) при виготовленні деталей приладів далеко від досконалості. Українські технологічні школи займаються вивченням ВПО недостатньо і не в повній мірі, тому дана робота є деяким доповненням прогалин цієї проблеми.

Класифікація і розподіл швидкостей

Деталі приладів виготовляються різними процесами механічної обробки. З математичного боку забезпечення максимальної продуктивності лезової обробки є задачею пошуку умовного екстремуму – знайти максимум (мінімум) деякої цільової функції при умовах (обмеженнях), котрі мають вигляд нерівності (або рівності), що з'єднують незалежні змінні (фактори),

$$\Pi = f(V \cdot S \cdot t) = \max$$

а також обробленої поверхні (або шлях різання)

$$F = V \cdot S \cdot T \text{ (або } L = VT)$$

якісно характеризує затрати на використаний різальний інструмент.

При цьому швидкість різання V , подача S і стійкість інструменту T пов'язані з іншими змінними і постійними величинами, які характеризують умови різання.

На підставі цих заключень було розроблено математичну модель максимальної продуктивності з урахуванням умов виготовлення деталей приладів.

Основним параметром інтенсифікації процесу виготовлення деталей є швидкість різання V , де використовуються різні діапазони швидкостей. Проведемо

класифікацію швидкостей різання в залежності від їх призначення (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація діапазонів швидкостей в залежності від їх призначень і величини науки які вивчають та використовують швидкість

Фізика	Авіація	Космонавтика	Астрономія	Обробка різанням
<u>Дозвукова</u> $V < 20000$ м/хв $V < 340$ м/с <u>Звукова</u> $V = 20000$ м/хв $V = 340$ м/с <u>Надзвукова</u> $V > 20000$ м/хв $V > 340$ м/с <u>Світлова</u> $V = 300000$ км/с $V = 18 \cdot 10^9$ м/хв	<u>1. Цивільна</u> $V = 3230-13600$ м/хв <u>2. Військова</u> - бомбардувальники (стратегічні, дальні, фронтові) ТУ-16 – 675 км/год = 14800 м/хв ТУ-16П – 1006 км/год = 17100 м/хв - винищувачі МІГ-29 – коло землі 1500 км/год = 25500 м/хв в повітрі 2450 км/год = 41500 м/хв МІГ-31 – коло землі 1500 км/год = 25600 м/хв, в повітрі 3000 км/год = 50400 м/хв - штурмовики СУ-27 – коло землі 1400 км/год = 23800 м/хв, в повітрі 2450 км/год = 41500 м/хв МІГ-37 – коло землі 1400 км/год = 23800 м/хв, в повітрі 2300 км/год = 39200 м/хв <u>3. Повітряно-космічні</u> - багаторазові повітряно-космічні апарати (БПКА) - ракетні прискорювачі “Спейс-шатл” (США), “Енергія-Буран” (СРСР)	<u>1 космічна швидкість</u> 8,3 км/с = 500000 м/хв (супутники – навколоземні польоти) <u>2 космічна</u> 11,2 км/с = 675000 м/хв (міжпланетні польоти)	<u>Швидкість світла</u> 300000 км/с = $18 \cdot 10^9$ м/хв Відстань вираховується в світлових роках	<u>1. Звичайні умови</u> різання до 600 м/хв, для алюмінієвих сплавів до 1800 м/хв <u>2. Швидкісні умови</u> різання до 1800 м/хв Верстати з підвищеною жорсткістю, потужністю, спеціальними шпиндельними вузлами, системами ЧПУ, частота обертання $n = 60000$ об/хв <u>3. Балістичні умови</u> різання Установки для забезпечення руху різання де використовуються вибухові речовини (рушниці, ..., ракети), електромагнітні поля, прискорення вільного падіння (... установки великої висоти). Більш 10000 м/хв

В таблиці проведена лінія граничних величин використання швидкостей рі-

зними науками, де швидкість визначається та використовується в практичних цілях. Можна зробити висновок, що види діапазонів та їх призначення різні, а процес механічної обробки сягає на сьогодні значних швидкісних діапазонів, що значно виплаває на продуктивність праці. Дотепер ще не відпрацьовані висновки щодо рівнів швидкостей де різання є надшвидкісним.

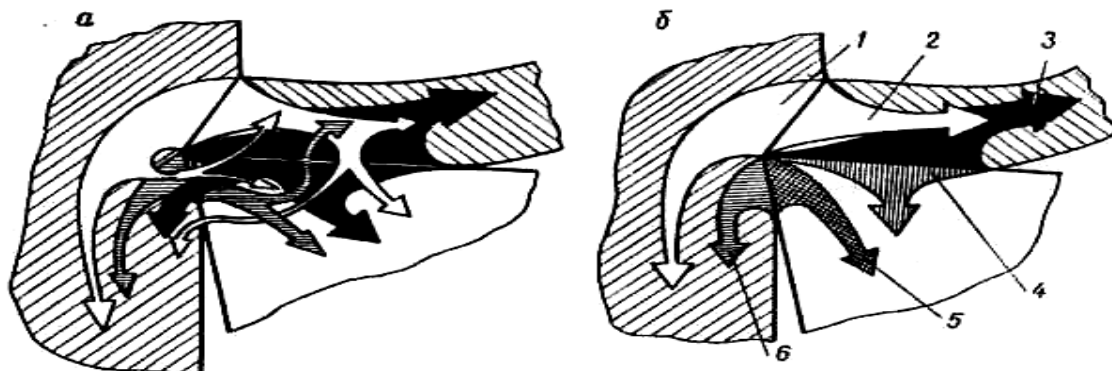
Вплив надшвидкостей на характеристики процесу різання

Основним стримуючим параметром при запровадженні процесів швидкісного і надшвидкісного різання являється температурний фактор.

Теплові явища в зоні різання прямо впливають на:

- характер стружкоутворення;
- наростоутворення;
- усадку стружки;
- сили різання;
- мікроструктуру поверхневого шару;
- затуплення різального інструменту;
- період його стійкості та інше.

Практично в теплоту переходить вся робота різання (більше ніж 99,5%). Розподіл розповсюдження теплових потоків без урахування штучного охолодження інструмента і деталі наведено на рис. 1. Як видно, при різанні спостерігається складне переплетення теплових потоків.



1 – частка теплоти деформації $Q_{\text{деф.д.}}$, яка входить в деталь; 2 – частка теплоти деформації $Q_{\text{деф.с.}}$, яка входить в стружку; 3 – кількість тепла $Q_{\text{т.п.}}$, яке виділяється при терті між стружкою та передньою поверхнею інструменту; 4 – підсумковий потік теплоти $Q_{\text{п.}}$, який виникає в результаті теплообміну на площині дотику над різцевою стороною стружки з передньою поверхнею інструменту; 5 – підсумковий потік теплоти $Q_{\text{з.}}$, який виникає в результаті теплообміну на площині дотику поверхні різання із задньою поверхнею інструменту; 6 – кількість теплоти $Q_{\text{т.з.}}$, яка виникає в результаті тертя між деталлю і задньою поверхнею інструменту

Рисунок 1 - Схеми руху теплових потоків

Дану схему можна значно спростити, якщо ввести поняття підсумкових те-

плових потоків, що проходять через контактні площадки.

Рівняння балансу теплової і механічної енергії при різанні буде мати вид:

$$W_{т.п.п} + W_{деф} + W_{т.т.п} = Q_c + Q_i + Q_d + Q_{з.с},$$

де Q_c , Q_i , Q_d , $Q_{з.с}$ – кількість теплоти, яка переходить відповідно в стружку, інструмент, деталь і зовнішнє середовище.

Експериментальні дослідження доводять:

Швидкості невеликі

$V=30...40$ м/хв

$Q_c \approx 60...70\%$

$Q_i \approx 3\%$

$Q_d \approx 30...40\%$

$Q_{з.с} \approx 1...2\%$

Швидкості великі

$V=400...500$ м/хв

$Q_c \approx 97...98\%$

$Q_i \approx 1\%$

Використання технологічних середовищ дозволяє значно підвищити $Q_{з.с}$ в загальному тепловому балансі. В залежності від умов підводу середовища відповідно зменшуються Q_c , Q_i і Q_d .

Розподіл теплоти залежить від матеріалу. Чим нижча теплопровідність, тим більше теплоти входить в інструмент (табл. 2).

Таблиця 2 - Розподіл теплоти, яка переходить в стружку, деталь і інструмент при точінні різних матеріалів твердосплавним інструментом

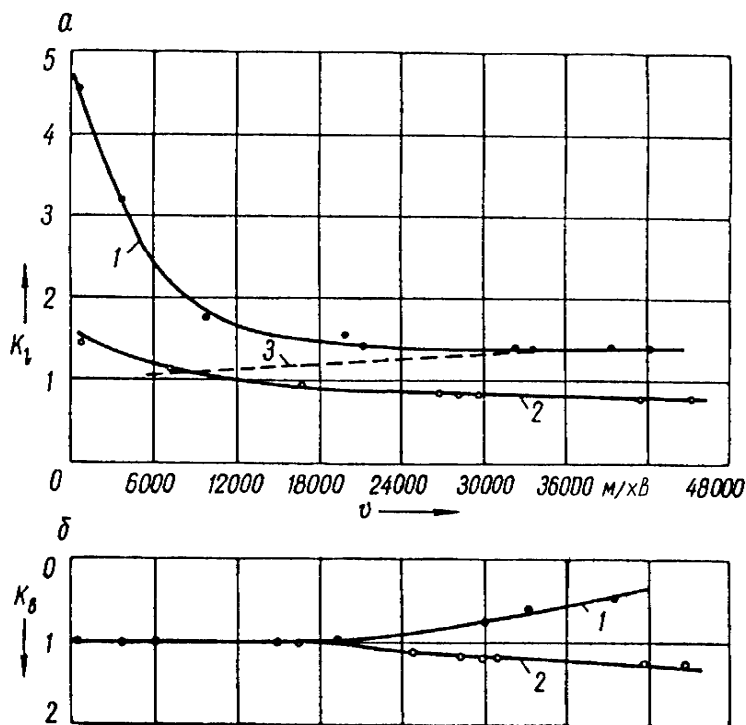
Оброблювальний матеріал	Режим різання	Кількість теплоти в %		
		Q_c	Q_d	Q_i
Алюміній	$V=100$ м/хв $S=0,12$ мм/об $t=1,5$ мм	21	73	2,2
Чавун	$V=100$ м/хв $S=0,12$ мм/об $t=1,5$ мм	42	50	1,5
Сталь 40Х	$V=100$ м/хв $S=0,12$ мм/об $t=1,5$ мм	71	26	1,9
Сталь 45	$V=30$ м/хв $S=0,3$ мм/об $t=4$ мм	69,2	27,4	3,4
Титановий сплав	$V=35$ м/хв $S=0,3$ мм/об $t=4$ мм	73,4	16,8	9,8
Порошковий матеріал 20Х9-П	$V=100$ м/хв $S=0,08$ мм/об $t=0,1$ мм	55	28	17*

*Використовується різець із композиту 10 з теплопровідністю більшою, ніж у твердих сплавів.

При різанні з великими швидкостями V стружка переходить в елемент, а у випадку обробки загартованих сталей у порошковидну. Ця зміна стружки під-

тверджує приведені вище теоретичні положення про крихкість (якість) матеріалу. Стружкоутворення проходить в адіабатичних умовах і на нього впливає не тільки температурно-швидкісний фактор, як при звичайному різанні, а часовий. Він визначає час дії температури, швидкість нагріву, температурний градієнт і інші показники, які характеризують фізичні особливості надшвидкісного різання.

Коефіцієнт укорочення та уширення стружки (рис. 2) для більшості оброблювальних матеріалів значно менше ніж при звичайному різанні. В окремих випадках він може бути менше одиниці при одночасному зменшенні ширини стружки. Кут зсуву більше звичайного, сягає 60° .



Такий характер стружкоутворення обумовлений особливостями умов тертя на передній поверхні, динамічних фізико-механічних властивостей оброблювального матеріалу і протікання мікро деформацій.

1 – алюміній, $\gamma = -15^\circ$; 2 – алюміній, $\gamma = 45^\circ$; 3 – сталь, $\gamma = 0^\circ$.

Рисунок 2 - Залежність коефіцієнтів укорочення K_l (а) і уширення K_b (б) стружки від швидкості різання

Зміна сил різання зі збільшенням швидкості залежить від властивостей оброблювального матеріалу і рівня інерційних сил стружки. В умовах звичайного різання ці сили є незмінними, при надшвидкісному – складають до 30...50% від P_z . Для розрахунків використовується формула:

$$P_z = \rho \cdot V^2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma \cos(\beta - \gamma),$$

де ρ – густина оброблювального матеріалу;

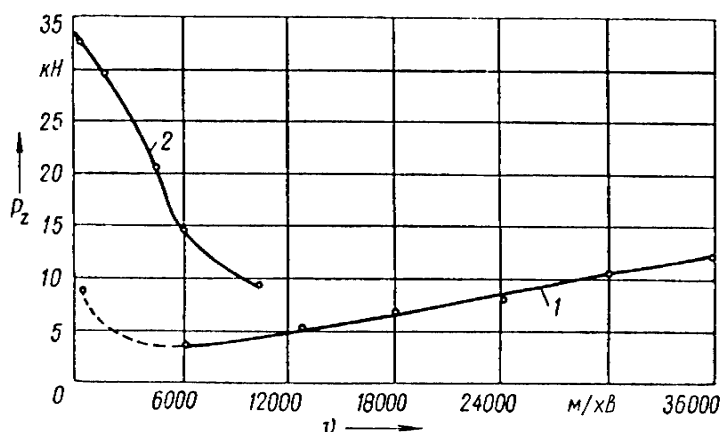
a, b – товщина і ширина зрізу;

β – кут зсуву;

γ – передній кут;

V – швидкість різання.

Наведені на рис. 3 залежності $P_z = f(V)$ підтверджують думку про те, що для більш міцних матеріалів мінімум сили буде зменшуватись в сторону великих швидкостей, тому що в цьому випадку більше рівень сил різання і інерційна складова розпочинає виявлятися при більш високих швидкостях.

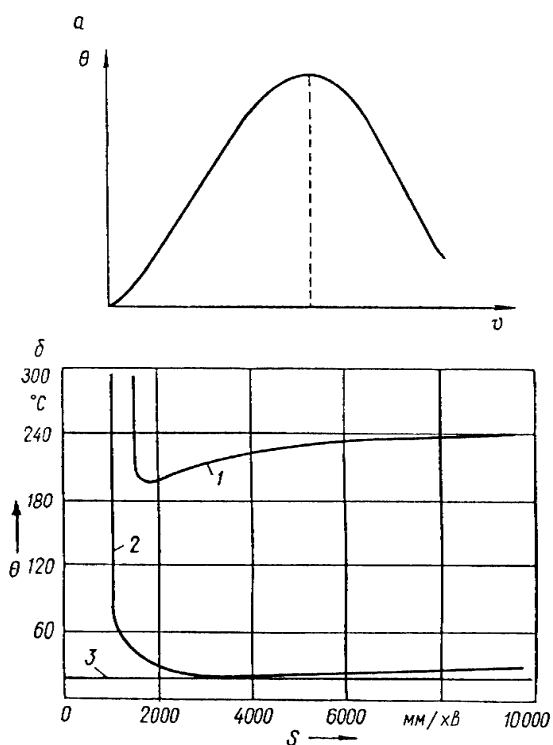


Специфіка механізму зношення інструменту пов'язана з високими температурами на площадках дотику і малим часом контактування.

1 – при різанні алюмінію; 2 – Ст 45

Рисунок 3 - Залежність сили різання від швидкості

Відсутність наросту і застійної зони, зміцнення металу в зоні пластичного контакту підвищує інтенсивність адгезійних і дифузійних процесів, виникає інтенсивне значне зношення контактних площадок близько до ріжучої кромки. Інтенсивність зношення при звичайних і надшвидкісних (більших в 300 разів) швидкостях при других рівних умовах може бути приблизно однаковою або декілька більш високою в останньому випадку.



Залежність $\Theta=f(V)$ має перегин (рис. 4а), положення якого визначається властивостями оброблювального матеріалу і умовами обробки. Після вибору діапазону V де більш низька теплота різання проводиться процес обробки поверхні. На рис. 4б визначені температурні залежності при фрезеруванні при підвищених швидкостях різання.

1 – температура стружки при фрезеруванні; 2 – температура заготовки; 3 – кімнатна температура

Рисунок 4 - Вплив швидкості різання на температуру

Для реалізації процесу надшвидкісного різання необхідно підвищувати потужність верстату. Це доводить вираз: $N_e = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 120)$ (кВт). Так, по даним фірми "Локхід" (США), при обробці сталей 45 при $t=45$ мм; $S=0,3$ мм/об; $V=120$ м/хв потужність різання $N_e=6,47$ кВт, а при $V=1000$ м/хв – $N_e=161$ кВт.

Висновки

З розглянутих особливостей високошвидкісних процесів обробки впливає, що в даній роботі було зроблено наступне:

- створено класифікацію та розподіл діапазонів швидкостей в залежності від їх призначення та галузі науки, що вивчає та використовує швидкість;
- обґрунтовані процеси високошвидкісної обробки на основі аналізу їх фізико-механічних особливостей;
- розглянутий вплив всіх параметрів на продуктивність, температуру, зношення інструменту та інше.

Продуктивність обробки в зв'язку з підвищенням рівня швидкостей різання значно зростає, це може досягати в 3...10 разів. Велика швидкість робить надшвидкісне різання економічно ефективним, особливо при обробці спеціальних матеріалів та деталей. Зростанням темпів виробництва за останні роки в Україні дає привід для подальших розглядів цього перспективного напрямку.

Література

1. Kronenberg M. Gredanken zur Theorie und Praxis der Ultra – Schnellspannung // Tech. Zbl. Prekt Mezallbearb. – 1961. – Bd. 56 – №8 – S. 443 – 446.
2. Kronenberg M. Zweiter Bericht über Vervielfachung heute üblicher Schnittgeschwindigkeiten – Werkstattstechnik. – 1961. – Bd. 51 – №3 – S. 141.
3. Полосаткин Г. Д., Караваева В. Л. Резание металлов сверхвысокими скоростями // Обработка жаропрочных и титановых сплавов. – Куйбышев. -1962. – С. 95 – 103 с.
4. Ящерицин П. И., Еременко М. Л., Фельдштейн Е. Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. – Минск: Высшая школа, 1990. – 512 с.
5. Держук В.А., Діордіца І.Н., Глоба А.В., Пінковський Н.В., Майданюк С.В., Пливак С.В. Аналіз фізических явлений происходящих при високоскоростной обработке // Вісник Українського державного технологічного університету. – 2002. -№2. – С. 68 – 73.

Держук В.А., Севериненко О.Л. Повышение производительности изготовления деталей.
В данной работе проведены обоснования одного из перспективных методов повышения производительности изготовления деталей приборов путем увеличения скорости обработки. Также выявлено влияние разных факторов на данный процесс изготовления.

Derguk V.A., Severinenko O.L. The increase productivity of the details instruments processing
In the given activity the substantiations of one of perspective methods of a raising the productivity of manufacturing of parts of devices are conducted by increase of processing speed. Also influencing of the miscellaneous factors on the given process of manufacturing are detected.

*Надійшла до редакції
24 січня 2003 року*

УДК 621.793

ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛА В ЗАГОТІВЦІ ПРИ НАДШВИДКІСНОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ

Усачов П.А., Іваненко Н.В., Національний технічний університет України “Київський політехнічний Інститут”, м. Київ, Україна

У статті розглядається новий підхід до рішення проблеми прогнозу розподілу тепла в перетинах заготовки при надшвидкісному фрезеруванні.