

Разработанная методика может быть широко использована для прогнозирования закономерностей формирования тепловых потоков в зоне резания в зависимости от свойств инструментальных материалов, геометрических параметров инструментов, режимов резания для любых видов режущих инструментов.

Список литературы: 1. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. - М.: Машиностроение, 1990. –288с. 2. Резников А.Н. Теплофизика резания. - М.: Машиностроение, 1969. –288с. 3. Ивченко Т.Г. Исследование закономерностей формирования тепловых потоков в зоне резания при точении // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Вип.20. – Краматорськ: ДДМА, 2006.- С.88-94. 4. Ивченко Т.Г. Совершенствование методики аналитического определения температуры резания // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2007. Вып. 33. – С.103-110.

Сдано в редакцию 16.01.08

ДОСЛІДЖЕННЯ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ЛЕЗОВОЇ ТА ВІДДІЛОЧНО-ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ

Івченко Т.Г., Петряєва І.О. (ДонНТУ, г. Донецьк, Україна)

On the basis of complex research of intercommunications between the parameters of treatment and their optimization on the criterion of the burst performance the important practical task of development of theoretical government the processes of combined treatment is decided

Вступ

Використання комбінованих методів механічної обробки деталей машин достатньо перспективно для підвищення ефективності сучасного машинобудівного виробництва. Різноманіття методів механообробки визначає широту можливостей по їх комбінуванню. Проте не всі комбінації мають практичну цінність. У багатьох випадках технічні показники комбінованих процесів близькі, частина процесів несумісна і їх поєднання може привести до погіршення якісних характеристик поверхневого шару. Особливе місце серед методів підвищення якості деталей машин займає комбінована обробка, що суміщає лезову і відділочно-зміцнювальну обробки. Такий метод дозволяє не тільки підвищити якість поверхні, але і дає можливість збільшити продуктивність, знизити трудомісткість обробки, що є істотною перевагою комбінованої обробки перед іншими засобами підвищення якості поверхневого шару.

Основні закономірності формування поверхневого шару деталей окремо для лезової та відділочно-зміцнювальної обробки широко представлені в довідково-нормативній літературі у вигляді теоретичних і емпіричних залежностей [1, 2, 3]. Проте відомості про особливості комбінованої обробки практично відсутні, що утрудняє обґрунтування раціональних умов її застосування і прогнозування параметрів стану обробленої поверхні.

В наступний час відомі рекомендації по оптимізації режимів комбінованої обробки точінням і обкатуванням з використанням методу лінійного програмування [4]. Серед методів відділочно-зміцнювальної обробки значне місце займає алмазне вигладжування [5]. Практичний інтерес представляє обґрунтування можливості використання комбінованої обробки точінням та вигладжуванням та визначення

оптимальних режимів комбінованої обробки, що забезпечують максимальну продуктивність для будь-яких заданих умов і вимог до якості оброблених поверхонь.

Мета представленої роботи: підвищення продуктивності механічної обробки і якості поверхневого шару деталей машин за рахунок застосування комбінованої обробки, що суміщає вигладжування з попередньою обробкою точінням.

Основний зміст роботи

Дослідження закономірностей формування параметрів стану поверхневого шару, зокрема шорсткості, під час комбінованої обробки, у тому числі під час одночасної обробки точінням і поверхнево-пластичним деформуванням, має певні особливості. У тому випадку, коли ППД здійснюється як самостійна операція, параметри вихідної шорсткості постійні. При комбінованому точінні й вигладжуванні вихідні параметри шорсткості залежать від умов обробки, що необхідно враховувати при їхньому нормуванні.

Висота профілю шорсткості визначається складовими профілю шорсткості, обумовленими геометричними параметрами інструмента, деформаціями оброблюваного матеріалу, шорсткістю кромки ріжучого інструмента.

Для визначення складової профілю шорсткості, обумовленої геометричними параметрами інструмента, використовуються відомі для кожного з видів обробки теоретичні залежності:

- під час відділочно-зміцнювальної обробки:

$$R_{z\text{ в3}} = S^2 / 8R + R_{z\text{ в}} - h_{\text{пл в3}} + R_{\text{ин в3}}, \quad (1)$$

- під час лезової обробки, що є вихідною для наступної відділочно-зміцнювальної:

$$R_{z\text{ вих}} = \frac{r}{\cos \gamma} - \frac{\sqrt{4r^2 - s^2}}{2 \cos \gamma} + h_{\text{пл лез}} + R_{\text{ин лез}}, \quad (2)$$

де R – радіус індентору; r – радіус при вершині різця; S - подача; $h_{\text{пл в3}}$, $h_{\text{пл лез}}$ - величини пластичних деформацій; $R_{z\text{ в3}}$ – складова профілю шорсткості під час відділочно-зміцнювальної обробки; $R_{z\text{ вих}}$ – вихідна висота шорсткості; $R_{\text{ин}}$ – шорсткість кромки ріжучого інструменту; $R_{\text{ин в3}}$, $R_{\text{ин лез}}$ - висота нерівностей профілю шорсткості інструментів; γ – передній кут різця.

Складова профілю, обумовлена деформаціями оброблюваного матеріалу h_3 , визначається як різниця вихідної висоти шорсткості $R_{z\text{ вих}}$ і величини її пластичних деформацій - $h_{\text{пл}}$:

$$h_3 = R_{z\text{ вих}} - h_{\text{пл}} \quad (3)$$

Фактична площа контакту інструменту та заготовлі з урахуванням вихідної шорсткості визначається наступною залежністю [1]:

$$A_r = A_a \frac{t_{\text{м вих}}}{100} \left(\frac{h_{\text{пл}}}{R_{\text{р вих}}} \right)^{V_{\text{вих}}}, \quad (4)$$

де $t_{m \text{ вих}}$ - відносна довжина опорної лінії вихідного профілю шорсткості на рівні середньої лінії, %; $R_{p \text{ вих}}$ - висота згладжування вихідного профілю шорсткості; $v_{\text{вих}}$ - параметр початкової ділянки кривої опорної лінії вихідного профілю шорсткості.

A_a - номінальна площа контакту інструменту та заготовки, складається з фронтальної площі контакту $A_{a \text{ фр}}$ і площі пружного наслідку $A_{a \text{ пр}}$:

$$A_a = A_{a \text{ фр}} + A_{a \text{ пр}} . \quad (5)$$

Під час контактування індентора із заготовкою складові номінальної площі визначаються за рис. 1:

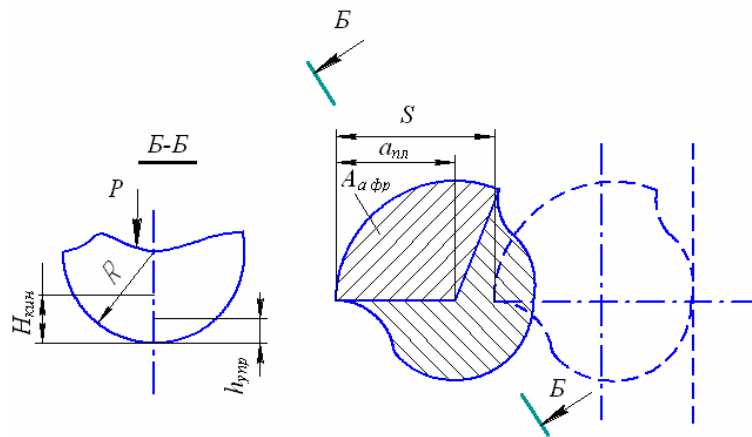


Рис. 1. Вихідна схема для розрахунку номінальної площі контакту індентора та деталі під час обробки ППД

Складні теоретичні залежності доцільно представити в спрощеному вигляді, у вигляді регресійної залежності параметру шорсткості R_a від подачі S під час комбінованої обробки:

$$R_{a \text{ ком}}(S) = A \cdot S^a , \quad (6)$$

де A - постійний коефіцієнт, a - показник ступеня впливу подачі на параметр шорсткості.

Для наступних умов комбінованої обробки точінням і вигладжуванням побудовані графіки залежності параметра шорсткості (рис. 2) : $R_a = 0,2R_z$ від подачі: оброблюваний матеріал - сталь 45; радіус при вершині різця $r = 2$ мм; передній кут різця $\gamma = 5^\circ$; кути в плані $\phi = 45^\circ, \phi_1 = 45^\circ$; глибина різання $t = 1$ мм; діаметр індентора $D = 3$ мм; зусилля вигладжування $P = 100$ Н.

Для наведених умов обробки, з використанням програмного пакету Mathcad 2001 Professional встановлена залежність:

$$R_{a \text{ ком}} = 7,69S^{1,34} . \quad (7)$$

На рис. 2 представлені графіки залежності параметра шорсткості від подачі під час комбінованої обробки точінням і вигладжуванням, отримані за теоретичними та регресійними залежностями.

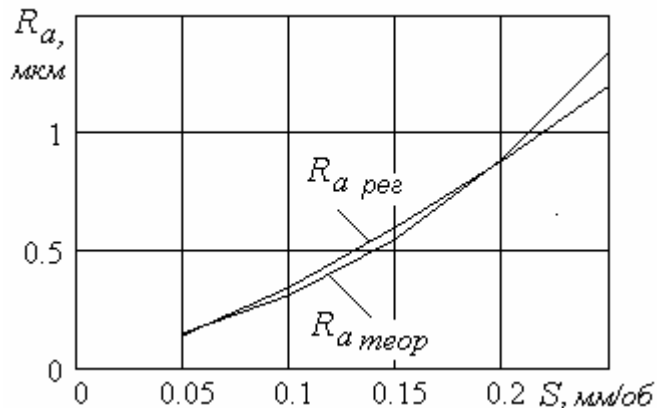


Рис. 2. Графіки залежності регресійних $Ra_{рег}$ і теоретичних $Ra_{теор}$ параметрів шорсткості від подачі S при сумісному точінні і алмазному вигладжуванні

За отриманими графіками може оцінюватися зміна шорсткості при зміні подачі, а також установлюватися значення подачі, що відповідають заданим значенням параметрів шорсткості.

Наведена регресійна залежність дозволяє розрахувати значення шорсткості в залежності від подачі для широкого діапазону умов. В якості прикладу використання наведеної емпіричної залежності представлені значення показників a та A для деяких умов обробки.

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів регресійної залежності шорсткості від подачі

Оброблюваний матеріал, сталь			30	45	40Х	18ХГТ
σ_b , МПа			490	598	630	700
σ_T , МПа			294	353	330	430
Радіус вершини різця, мм	0,8	A	22,97	18,56	19,49	19,01
		a	1,78	1,55	1,61	1,58
	1,2	A	14,18	12,12	12,57	12,34
		a	1,65	1,46	1,51	1,48
	1,6	A	10,47	9,25	9,52	9,38
		a	1,55	1,38	1,44	1,41
	2	A	8,54	7,68	7,87	7,77
		a	1,49	1,33	1,38	1,36
	2,4	A	7,38	6,71	6,87	6,79
		a	1,44	1,3	1,34	1,32

Отримана залежність параметру шорсткості $R_{aком}$ від подачі S використовується для визначення оптимальних режимів комбінованої обробки. Оптимізацію виконуємо методом лінійного програмування [4], що дозволяє здійснювати одночасну оптимізацію швидкості і подачі з урахуванням діючих при обробці обмежень за критерієм максимальної продуктивності.

Як цільову функцію розглядаємо продуктивність обробки, обумовлену основним часом: $t_0 = L/ns$. Максимум продуктивності досягається при мінімумі основного часу, або максимумі добутку $n \cdot s \rightarrow \max$.

Під час комбінованої лезової і відділочно-зміцнювальної обробки розглядаються наступні обмеження:

1) по можливостях лезового ріжучого інструмента, обумовлених швидкістю різання, що відповідає його стійкості.

$$\pi Dn/1000 \leq C_V K_V / T^{m_v} t^{x_v} s^{y_v}, \quad (8)$$

де D – діаметр обробки, C_V, K_V – коефіцієнти і x_v, y_v, m_v – показники, що характеризують ступінь впливу глибини t , подачі s і стійкості T на швидкість різання v , що визначаються в залежності від умов експлуатації;

2) по гранично припустимій потужності різання, обумовленої потужністю електродвигуна приводу головного руху верстата N_{cm} :

$$K_o C_P K_P s^{y_p} t^{x_p} (\pi L n)^{(n_p + 1)} / 6 \cdot 10^3 (n_p + 2) \leq N_{cm} \eta, \quad (9)$$

де C_P, K_P – коефіцієнти, x_p, y_p, n_p – показники, що характеризують ступінь впливу глибини, подачі і швидкості на силу різання P_z , що визначаються в залежності від умов експлуатації, η - коефіцієнт корисної дії передач верстата; K_o - коефіцієнт, що враховує збільшення сил під час комбінованої обробки, приймається в діапазоні 1,2-1,5;

3) по гранично припустимій шорсткості обробленої поверхні R_a :

$$A \cdot S^a \leq R_{a \text{ доп}}, \quad (10)$$

4) по температурі різання:

$$C_t t^{x_t} s^{y_t} v^{n_t} \leq \Theta_{\text{доп}}, \quad (11)$$

де C_t - постійний коефіцієнт для заданих умов обробки, n_t, y_t, x_t – показники ступеню, що відзначають вплив на температуру швидкості різання, подачі і глибини різання;

5) по гранично припустимих діапазонах частоти обертання і подачі, обумовлених кінематичною структурою приводу головного руху і приводу подач:

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}, \quad s_{\min} \leq s \leq s_{\max}. \quad (12)$$

На підставі виконаного аналізу обмежень, для будь-яких умов комбінованої обробки точінням і поверхневим пластичним деформуванням оптимальна подача може бути визначена:

$$S_{opt} = (Ra/A)^{1/a}. \quad (13)$$

Оптимальна швидкість різання:

$$v_{onm} = \begin{cases} \left(\frac{\Theta \cdot S_{onm}^{-yt}}{C_t \cdot t^{xt}} \right)^{\frac{1}{zt}}, & \text{якщо } \Theta_{don} < \Theta_0 \\ \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot s_{onm}^{y_V}}, & \text{якщо } \Theta_{don} \geq \Theta_0 \end{cases}, \quad (14)$$

де Θ_0 , - температура обробки, що визначає вплив температури на оптимальні режими комбінованої обробки:

$$\Theta_0 = C_t t^{x_t} \left(\frac{C_V K_V}{T^{m_v} t^{x_v}} \right)^{n_t} \left[\frac{A}{R_a} \right]^{\frac{(y_v n_t - y_t)}{a}}. \quad (15)$$

За цими формулами можна визначити оптимальні режими комбінованої обробки точінням і вигладжуванням для будь-яких вихідних умов.

Приведена методика визначення оптимальних режимів комбінованої обробки точінням і поверхневим пластичним деформуванням базується на використанні емпіричних залежностей для формування системи обмежень. Такі залежності є показними, математична модель процесу комбінованої обробки визначається в результаті лінеаризації цих обмежень шляхом логарифмування. Однак ці залежності мають обмежену область застосування і можуть бути використані тільки для конкретних заздалегідь обговорених умов: для заданої геометрії інструмента, характеристик оброблюваного матеріалу, режимів обробки.

Для визначення оптимальних режимів комбінованої обробки точінням і вигладжуванням складена табл. 2, що дозволяє знайти оптимальне сполучення швидкості, подачі в залежності від необхідних параметрів шорсткості оброблюваної поверхні і глибини різання при точінні для вказаних умов при обмеженні по температурі $\Theta_{don} = 800^\circ\text{C}$.

Таблиця 2. Оптимальні значення режимів комбінованої обробки точінням і поверхневим пластичним деформуванням.

Глибина, t мм	Шорсткість обробленої поверхні Ra, мкм									
	0.25		0.32		0.5		0.63		1.25	
	S, мм/об	V, м/хв	S, мм/об	V, м/хв	S, мм/об	V, м/хв	S, мм/об	V, м/хв	S, мм/об	V, м/хв
0.5	0,07	140	0,09	125,7	0,1	102	0,15	92	0,25	68
0.8		129		115		94		92,5		62
1		124		111,5		91		82		60
1.5		116		105		85		76		56

Висновки

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено вплив параметрів механічної обробки на шорсткість обробленої поверхні, розроблені рекомендації з вибору оптимальних режимів різання і умов комбінованої обробки, що забезпечують

підвищення продуктивності обробки і якості поверхневого шару деталей машин для будь-яких умов механічної обробки.

Список літератури: 1. Качество машин: Справочник в 2-х т.Т.1/ А.Г.Суслов, Э.Д.Браун, Н.А.Виткевич и др. - М.: Машиностроение, 1995. - 256с. 2. Качество машин: Справочник в 2-х т.Т.2 / А.Г.Суслов, Ю.В.Гуляев, А.М.Дальский и др. - М.: Машиностроение, 1995. - 430с. 3. Суслов А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. - М.: Машиностроение, 1987. 208с. 4. Ивченко Т. Г., Дубоделова О. С. Оптимизация параметров процесса лезвийной и отделочно-упрочняющей обработки // Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. трудов XII Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. – Донецк, ДонНТУ, 2005, Т. 2. – С. 34-36. 5. Упрочнение поверхностей деталей комбинированными способами / А.Г.Бойцов и др. М.: Машиностроение, 1991. 144с.

Сдано в редакцию 16.01.08

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ ОСЕСИММЕТРИЧНОМ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ

Каиров А.С., Каиров В.А. (НУК, г. Николаев, Украина)

The non-stationary vibrations of three-layered composite cylindrical shells under axisymmetrical impulse loads have been examined. The mathematical model of the shells system is based on the theory of Timoshenko's type shells. The numerical results are presented.

Постановка проблемы. Интенсивное развитие машиностроения и других отраслей народного хозяйства обусловило необходимость глубокого изучения динамических процессов в оболочечных конструкциях. Особое место в расчетной практике тонкостенных конструкций занимают задачи о вынужденных колебаниях конструктивно неоднородных многослойных композитных цилиндрических оболочек при импульсном нагружении. Конструктивные особенности и различные физико-механические характеристики составляющих слоев приводят к неоднородности напряженно-деформированного состояния оболочки. В наибольшей степени актуальность данной проблемы сказывается при создании неоднородных композитных оболочечных конструкций, применяющихся в различных отраслях машиностроения.

Анализ последних исследований. Обзоры работ, отражающие состояние исследований динамического поведения таких оболочечных конструкций при действии нестационарных нагрузок приведены в [2, 3, 5]. Из данных работ видно, что методы расчета нестационарных колебаний многослойных композитных цилиндрических оболочек при импульсном нагружении с учетом различных физико-механических характеристик составляющих слоев и новых конструкционных материалов в настоящее время требуют дальнейшего развития и уточнения.

Целью данной работы является разработка уточненной математической модели и исследование динамического поведения трехслойных композитных цилиндрических оболочек при осесимметричном импульсном нагружении для повышения их несущей способности.

Изложение основного материала. Трехслойная оболочка рассматривается как структура, состоящая из гладких внешних ортотропных обшивок и внутреннего слоя –