

Эти данные изображаются в координатах $\text{Im}W_p$, $\text{Re}W_p$ и по ним строится кривая, аппроксимирующая АФЧХ процесса резания. В примере, показанном на рисунке 2, $\omega_{\text{min}} = 2000 \text{ с}^{-1}$; $k_p k_{2p} = 0,65 \text{ Н/мкм}$; $k_p k_{3p} / T_p = -0,15 \text{ Н/мкм}$, откуда

$$T_p = 5 \cdot 10^{-4} \text{ с}; k_p = 0,69 \text{ Н/мкм}; k_s = -2,2 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{с/мкм}$$

(при $\varphi_a = 70^\circ$).

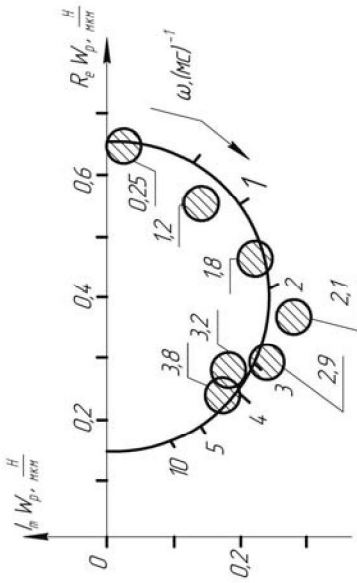


Рис. 2 - АФЧХ процесса точения стали 45 при $b = 0,5 \text{ мм}$; $s = 0,02 \text{ мм}$; $v = 50 \text{ м/мин}$; кружки – данные эксперимента; линия – расчетная аппроксимация

Сопоставление данных, полученных при тонком точении стальных и чугуновых образцов, показывает подобие динамических характеристик процессов резания при обработке пластичного и хрупкого материалов. В этом проявляется присущее всем процессам обработки отставание во времени изменений сил от порождающих их перемещений [2]. Соответствие наблюдается, однако, лишь в среднем, так как интенсивные случайные изменения параметров процесса резания при обработке чугуна приводят к широкому рассеиванию значений амплитуды колебаний силы резания. Изменения режима обработки одинаковым образом влияют на частотные характеристики процессов тонкого точения стали и чугуна в соответствии с общими закономерностями:

- при увеличении скорости резания и толщины срезаемого слоя постоянная стружкообразования уменьшается;
- коэффициент резания k_p возрастает пропорционально ширине срезаемого слоя;
- при скоростях резания 100-150 м/мин скоростной коэффициент резания k_s принимает близкие к нулю значения, и становится применимой простейшая форма динамической характеристики процесса резания [1]

$$W_p = k_p k_{2p} / (1 + T_p p). \quad (2)$$

Список литературы:

1. Кудишов В.А. Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с.
2. Липовский П.А., Джугурян Т.П., Оргиян А.А. Обработка деталей на отделочно-расточных станках. – Киев: Техника, 2001. – 300 с.

УДК 621.952

Баланюк А. В аспирант, **Минчев Р. М.** аспирант, **Оргиян Анд.** аспирант
ОНПУ «Одесский национальный политехнический университет», г. Одесса, Украина.

ВОЗМУЩЕНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОНКОМ РАСТАЧИВАНИИ

Возмущения процесса резания практически неустраняемы, так как они связаны с физико-механическими свойствами обрабатываемого материала и динамикой стружкообразования. С целью получения качественных и количественных характеристик возмущений процесса резания, необходимых для прогнозирования точности обработки и износа режущего инструмента, сравнивались колебания при обработке чугуна с колебаниями при обработке других материалов.

С целью уменьшения роли внешних воздействий на УДИС и повышения точности измерений борштанги закреплялись на жесткой стойке, установленной на столе станка, а образцы – в жестком патроне на фланце шпинделя расточной головки.

В первой серии опытов растачивались резцы с напаянным алмазом типа 2146-0003 и с СЧ 16 и бронзы ОЦС 6-6-3. Применялись резцы с напаянным алмазом типа 2146-0003 и с пластинкой из твердого сплава ВКЗМ ($\varphi = \varphi_1 = 45^\circ, \gamma = 0^\circ, r = 0,5 \text{ мм}$). При одинаковых режимах обработки уровень колебаний алмазного реза ниже, чем твердосплавного. Однако уровень колебаний при переходе от твердосплавного реза к алмазному изменяется различно для двух исследованных материалов образцов: для бронзы он уменьшается в 20 раз, а для чугуна – всего лишь в 1,5 раза. Эти данные показывают значительную роль неоднородности обрабатываемого материала в формировании случайного возмущения, возникающего в зоне резания.

Во второй серии опытов были исследованы флуктуации силы резания при растачивании отверстия диаметром 80 мм в образцах из стали 45 и чугуна СЧ 21. Твердосплавный резец точной реза ($\varphi = 60^\circ, \varphi_1 = 20^\circ, \lambda = 6^\circ, \gamma = 5^\circ, \alpha = 6^\circ, r = 0,2 \text{ мм}$) опирался на встроенный в борштангу лезь датчик, от которого сигнал подавался на анализатор спектра.

Спектры флуктуаций силы резания показаны на рисунке 1.

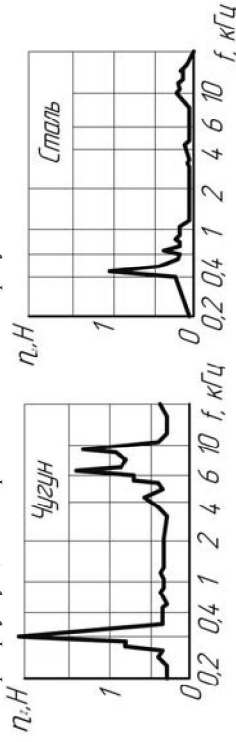


Рис. 1 - Спектры флуктуаций главной составляющей силы резания при тонком растачивании

Максимумы в спектрах расположены вблизи собственных частот колебаний борштанги (0,4 кГц) и реза (10 кГц). Форма спектров свидетельствует о широкополосном характере возмущений, действующих в зоне резания. Основная закономерность, установленная по данным эксперимента, состоит в том, что среднее значение спектральной плотности при обработке чугуна в 2-3 раза больше, чем для мягкой стали примерно той же твердости. Слабые изменения спектральной плотности вне резонансных областей позволяют рассматривать возмущения процесса резания как белый шум [1].

Различие в уровнях флуктуаций силы резания при обработке стали и чугуна связано прежде всего с различиями в процессах стружкообразования. Дискрегность процесса струж-

кообразования при резанні чугуна несомненно является причиной увеличения уровня возмущений процесса резания. Источники недетерминированности процесса резания, по-видимому, могут быть обнаружены при исследовании процесса стружкообразования, в частности, размеров стружки. При визуальном анализе внешнего вида чугунной стружки, полученной при подрезке свободного торца, обнаруживается большой разброс размеров ее элементов. Крупные элементы имеют форму завитков, а с уменьшением размеров определенность формы исчезает. В качестве статистического метода наблюдения размеров было применено разделение чугунной стружки на фракции просеиванием через набор сит с уменьшившимся размером квадратного элемента сетки. Стороны b квадратов набора: 1; 0,8; 0,63; 0,56; 0,4; 0,32; 0,2; 0,15; 0,056 мм. Определялось отношение массы m_k каждой фракции к массе M всей стружки с точностью 0,5%. На рисунке 2 показано распределение чугунной стружки по фракциям при $t = 0,1$ мм, $s = 0,04$ мм/об, $v = 110$ м/мин.

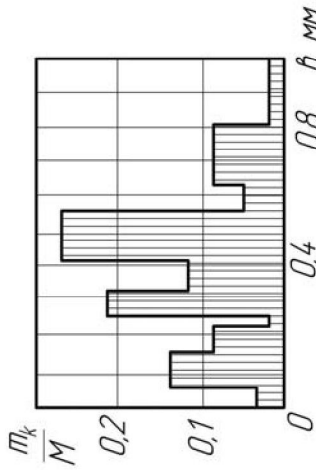


Рис. 2 – Относительные массы фракции чугунной стружки.

Обнаружено, что при изменении ширины срезаемого слоя от 0,5 до 2 мм, скорости резания от 20 до 160 м/мин и подачи от 0,01 до 0,07 мм/об отношения масс фракций могут заметно изменяться, однако распределение размеров элементов остается сплошным, что является одной из причин образования сплошного почти равномерного спектра возмущений силы резания при обработке чугуна. При широкополосных случайных изменениях коэффициента резания представляется в виде $k_p [1 + \eta(t)]$, где k_p – среднее значение, а спектральная плотность $S_{\eta}/2\pi$ случайной функции $\eta(t)$ может быть определена по данным рисунка 1.

Полученные результаты позволяют рассчитать колебания в динамической системе УДИС. Например, уравнения движения при возмущениях коэффициента резания

$$m d^2 u / dt^2 + h du / dt + cu = k_1 P,$$

$$T_p dP / dt + P = k_p k_{2,p} [1 + \eta(t)] (a - u).$$

с учетом соотношения $|\eta| \ll |\eta|$ приводятся к виду уравнений вынужденных колебаний при случайных внешних воздействиях [2].

Список литературы:

1. Личевский П.А., Джуруян Т.Л., Ортиян А.А. Обработка деталей на отделочно-расточных станках. – Киев: Техника, 2001. – 300 с.
2. Колелес Ю.Ф., Ортиян А.А., Кобелев В.М. Параметрические колебания металлорежущих станков. Одесса: «Печатный дом» ОНПУ, 2007. – 352 с.

УДК 621.9.048.4

Носуленко В.І. д.т.н., проф., **Шмельов В.М.** к.т.н., доц., **Юр'єв В.В.** аспірант
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОДІВ-ІНСТРУМЕНТІВ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОГО КОНТУРУ

Процес розмірної обробки електричною дугою (РОД) відрізняється високою економічною ефективністю і отримує помітне практичне застосування [1], зокрема для обробки листових деталей складного контуру.

За умов, обробки деталей складного контуру способом РОД не забезпечується рівномірний рух рідини в зоні обробки, утворюються застійні зони, де горять видовженні дуги. Як наслідок, не забезпечується відповідна якість обробки. Отже, за цих умов є необхідним забезпечити рівномірну течію робочої рідини по периметру обробки зокрема, за рахунок геометрії та виконавчих розмірів електродів-інструментів (ЕІ). Тому, рішення даної проблеми і обумовлене актуальністю роботи.

В основу поставлена задача оптимізації процесу за рахунок вдосконалення ЕІ шляхом зміни геометрії та елементів робочої його кромки (рис.1), а саме: кути робочої кромки ЕІ, за умови, якщо їх розглядати в послідовності, що відповідає напрямку руху робочої рідини в міжелектродному зазорі, приймають в межах: передній кут $\alpha \geq 0^{\circ}30'$; задній кут $\beta = 3 \dots 5^{\circ}$; внутрішній кут $\gamma = 1^{\circ}$; радіус закруглення робочої кромки $R \geq 0,5$ мм.

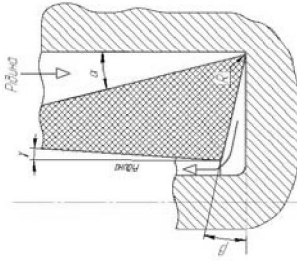


Рис. 1 – Элементы та геометрія робочої кромки ЕІ

Запропонований ЕІ забезпечує такі переваги.

Робоча рідина подається в напрямку від периферії ЕІ до його центру. Нахил бічної поверхні під кутом $\alpha \geq 0^{\circ}30'$ забезпечує течію робочої рідини в звужуючу щілину, що стабілізує потік та забезпечує ламінарний рух робочої рідини. Для забезпечення стабільності потоку безпосередньо на робочій кромці ЕІ, передбачають радіус закруглення $R = 0,5$ мм, який формує поверхню отвора за рахунок розмірного випаровування та плавлення. Радіус заокруглення попереджує відрив потоку від стінки ЕІ і отже забезпечує стабільність процесу, відповідно якість обробленої поверхні, а саме шорсткість та регульовану зону термічного впливу. Щоб забезпечити рівномірну течію робочої рідини на торці ЕІ і отже забезпечити енергетично економічне плавлення метала видовженими дугами, передбачають нахил робочої кромки ЕІ в межах кута $\beta = 3 \dots 5^{\circ}$. Надалі на внутрішній бічній поверхні ЕІ передбачають технологічний отвір під кутом $\gamma = 1^{\circ}$, що забезпечить рівномірну течію робочої рідини.

Проте, за умов обробки деталей складного контуру [2], коли ЕІ має по периметру виступаючі елементи з розмірами 10...15 мм, поставлена задача вдосконалення ЕІ за рахунок того, що виступаючі назовні елементи робочої торцевої поверхні за умов обробки по внутрішньо-