

Окончание таблицы 2

| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|---------|---|-------|-------------|
| АПП АСО 8 Б1 100 | 15-20 | 0,5-0,8 | - | 10-20 | 0,07-0,01 |
| Надфиль АНП АСО 8 Б1 100 | - | - | - | 10-20 | - |
| АПП АСО 3 Б1 100 | 25-30 | 0,2-0,5 | - | 5-10 | 0,005-0,007 |
| АПП АСО 3 Б1 100 | 25-30 | 0,2-0,5 | - | 5-10 | 0,005-0,007 |

тока подводится к алмазному кругу, а положительного - к обрабатываемой детали. Электролитическое шлифование производится на модернизированном станке. Обработка осуществляется алмазными кругами на металлической связке МВ-1 и М1.

УДК 621.923

В.И.Прибыльский (ИНДМАШ АН БССР),
Е.С.Яцура, канд. техн. наук (БПИ), Г.В.Тилигузов,
канд. техн. наук (ИНДМАШ АН БССР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПИД НА ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

В реальных условиях шлифования система СПИД представляет собой замкнутую динамическую систему. Колебания формообразующих узлов ее имеют сложный спектр, зависящий как от динами-

ческого состояния станка, так и от процесса обработки. Качество динамической системы оборудования определяется тем, насколько выбранное конструктивное решение обеспечивает уменьшение погрешностей формообразующих перемещений, обусловленных различными возмущающими воздействиями, в том числе процессом резания.

При изучении колебаний металлорежущих станков целесообразно использовать методы теории случайных функций. Для анализа различных колебательных процессов с точки зрения качества обрабатываемых поверхностей необходим однозначный критерий. В качестве такого критерия можно использовать дисперсию (среднеквадратическое отклонение) случайного процесса.

Институтом проблем надежности и долговечности машин (ИНДМАШ) АН БССР совместно с Витебским станкостроительным заводом им. XXII съезда КПСС проводятся исследования работоспособности универсально-заточных станков. В качестве одной из решаемых задач рассматривались вопросы количественной оценки и анализа влияния уровня и характера колебаний формообразующих узлов станка на закономерности образования волнистости обработанных поверхностей деталей.

Ввиду случайного характера колебаний системы СПИД при установлении зависимостей волнистости от конструктивных параметров оборудования и режимов шлифования использовались регрессионные модели.

В качестве независимых факторов, обусловленных конструкцией станка, рассматривались: дисбаланс шлифовального круга со шпинделем $\Delta_{ш}$, Н·м; и ротора электродвигателя главного привода со шкивом $\Delta_{э}$, Н·м; величина натяжения приводного ремня $\Delta_{н}$, Н, а также жесткость стыка "каретка - колонна" $\Delta_{с}$, Н/мм. В качестве режимных факторов - скорость шлифования v , м/с, продольная подача s , м/мин и глубина шлифования t , мм.

Экспериментальные исследования проводились на станке мод. ЗМБ42Е с использованием методов математического планирования экспериментов. Изменение относительных колебаний исполнительных органов в процессе работы станка осуществлялось с помощью индуктивных преобразователей. Абсолютные колебания отдельных станочных узлов записывались с помощью виброизмерительной аппаратуры и пьезоэлектрических преобразователей.

Испытания проводились в наиболее тяжелом режиме эксплуатации станков данной модели с использованием удлиненного шпинделя. Диапазоны изменения факторов приведены в табл. 1.

Шлифовались плоские образцы из стали и различных инструментальных материалов (Р18, ВК8, У10). Перед обработкой каждого образца производилась правка круга алмазным каранда-

Диапазоны изменения конструктивных и технологических факторов

| Фактор | Уровень фактора | |
|---|-----------------|----------------------|
| | нижний | верхний |
| Дисбаланс шлифовального круга со шпинделем $\Delta_{ш}$, Н·м | 0 | $81,5 \cdot 10^{-6}$ |
| Дисбаланс ротора электродвигателя главного привода со шкивом $\Delta_{э}$, Н·м | 0 | $83,5 \cdot 10^{-6}$ |
| Величина натяжения приводного ремня главного привода $\Delta_{н}$, Н | 96 | 191 |
| Жесткость стыка "каретка-колонна" $\Delta_{с}$, Н/мкм | 17,8 | 196 |
| Скорость шлифования v , м/с | 20 | 30 |
| Величина продольной подачи s , м/мин | 1 | 9 |
| Глубина шлифования t , мкм | 5 | 60 |

шом с одинаковыми режимами. Частота вращения шлифовального круга – 2240 об/мин, продольная подача алмаза – 1 м/мин, глубина резания – 0,03–0,02 мм/ход, общее число ходов – 4; число ходов без подачи – 2.

Полученные записи колебательных процессов в аналоговой форме, а также профилограммы поверхностей образцов рассматривались как случайные реализации. Информация преобразовывалась в цифровую форму на полуавтоматическом преобразователе Ф001. Расчеты статистических характеристик и построение спектров частот колебаний СПИД выполнялись на ЭВМ ЕС-1020.

При машинной обработке векторов-столбцов результатов факторных экспериментов получены следующие зависимости дисперсий относительных колебаний шпинделя и стола D_a^p , D_a^k , высоты юлны на обрабатываемой поверхности D_n от конструктивных параметров системы и режимов шлифования:

$$D_a^p = -2,78 + 0,227v - 0,0172s - 0,101t; \quad (1)$$

$$D_a^k = 22,20 + 10,9\Delta_{ш} + 0,34\Delta_{э} + 7,25\Delta_{н} - 14,8\Delta_{с}; \quad (2)$$

$$D_n = -1,14 + 0,597v - 0,068s + 0,0035t. \quad (3)$$

Коэффициенты полученных многофакторных зависимостей рассчитывались по методу наименьших квадратов, а оценка их значимости по t -критерию Стьюдента. Адекватность зависимостей проверялась по F -критерию Фишера при 5%-ном уровне значимости.

На рис. 1 представлены спектрограммы дисперсий относительных колебаний формообразующих узлов станка, соответствующих им колебаний сил резания и волнистости по частотам при различных условиях шлифования.

Как видно из приведенных рисунков, колебания имеют сложный спектр, причем в зависимости от условий шлифования вклад

дисперсий колебаний на определенных частотах в общую дисперсию изменяется, а передача колебаний формообразующих узлов на обрабатываемую деталь является не простым геометрическим копированием с учетом телесности шлифовального круга, а имеет более сложную зависимость. Так, при изменении размаха колебаний шпинделя относительно детали от 2,3 до 11,7 мкм высота волнистости возрастает от 0,34 до 2,32 мкм, а шаг ее отличается от расчетного на 10–20%. При этом детерминированной зависимости между колебаниями формообразующих узлов станка и параметрами волнистости не прослеживается.

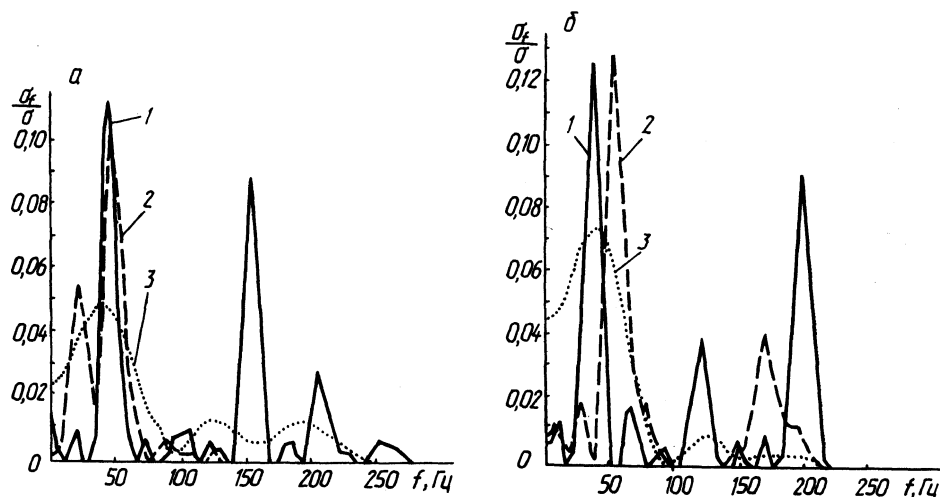


Рис. 1. Спектры реализаций случайных процессов колебаний шпинделя относительно стола 1, вертикальной составляющей силы резания 2 и высоты волнистости 3 при: а – $v = 25,5$ м/с, $s = 9$ м/мин, $t = 60$ мкм; б – $v = 19,7$ м/с, $s = 5$ м/мин, $t = 5$ мкм.

Во время шлифования динамическая система СПИД замыкается и шпиндель получает дополнительную связь, характеристики которой зависят от закономерностей процесса резания и параметров станочной системы, к тому же обработка осуществляется не единичным зерном, а реальной поверхностью, определяемой радиусом шлифовального круга и режимами резания, что и влияет на характер образования волнистости.

Анализ выражений (1), (2) и (3) показывает, что спектры относительных колебаний узлов и волнистости зависят как от режимов шлифования, так и от динамических свойств станка. Так, увеличение значений режимных элементов v и s при частоте вращения шпинделя $n = 2240$ об/мин приводит к уменьшению низкочастотных составляющих спектров и возрастанию колебаний

на частоте 200–210 Гц. В то же время от глубины резания t наблюдается обратная зависимость.

При частоте вращения шпинделя $n = 3150$ об/мин увеличение значения v приводит к уменьшению составляющей спектра на частоте 190–200 Гц, а увеличение подачи s – к уменьшению составляющих спектра на частотах 50–60 Гц и 205–215 Гц. Аналогичная зависимость наблюдается и от глубины резания.

Спектр колебания сил резания повторяет некоторые зависимости спектров колебаний формообразующих узлов станка, но на него уже значительно влияет динамическое состояние системы СПИД.

УДК 621.9.019:620.191

С.С.Довнар (БПИ)

ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Трещинообразование в металлах, подвергаемых обработке резанием, изучено недостаточно. В большинстве работ резание описывается как своеобразный вид объемной пластической деформации. Однако при таком подходе не удается объяснить, каким образом у режущей кромки металл разделяется на стружку и деталь. Действительно, если перед режущей кромкой выделить тонкий слой металла, перпендикулярный направлению резания (рис. 1), то при внедрении в него резца толщина слоя на границе припуск – тело детали должна уменьшиться до нуля, что означает

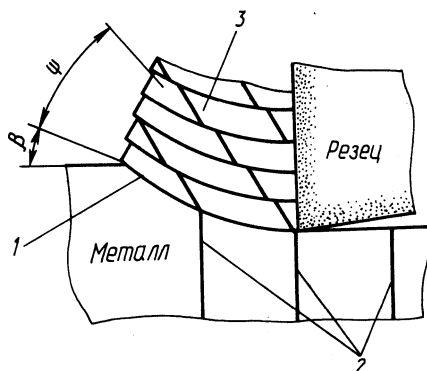


Рис. 1. Модель разделения металла фронтами сдвига: 1 – фронт сдвига; 2 – условно выделенный слой металла; 3 – пластинка стружки; β – условный угол сдвига; Ψ – угол текстуры.

бесконечно большую степень деформации. Однако известно, что реальные металлы не допускают неограниченной деформации даже в условиях горячей пластической обработки. Поэтому необходимо выяснить, каким образом при конечных деформациях и напряжениях обеспечивается разделение металла режущей кромкой.