

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХ. И ФИЗ.-ТЕХН. ОБРАБОТКИ

УДК 621.9.02

В. П. КУЗНЕЦОВ

МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ ОПТИМАЛЬНОГО НАТЯГА ВЫГЛАЖИВАТЕЛЯ С УПРУГИМ ДЕМПФЕРОМ ДЛЯ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНОМ ЦЕНТРЕ

Предложена методика настройки натяга упругодемпфирующего элемента выглаживающего инструмента для обеспечения требуемых параметров шероховатости ответственных поверхностей деталей при обработке на токарно-фрезерном центре. *Быстросменный выглаживающий инструмент; упругодемпфирующий элемент; тестовая деталь; многоцелевая обработка*

В высокотехнологичном машиностроении возрастает применение токарно-фрезерных центров с ЧПУ, позволяющих выполнять многоцелевую обработку сложных деталей тел вращения за один установ. Для реализации многоцелевой обработки деталей с ответственными поверхностями ($Ra \leq 0,2$ мкм) основной проблемой является инструментальное обеспечение финишной отделочной обработки. В последнее время для отделочной и отделочно-упрочняющей обработки деталей на станках с ЧПУ наметилась тенденция использования методов поверхностного пластического деформирования (ППД) и, в частности, упругого выглаживания [1].

Отделочная обработка ППД может служить альтернативой абразивным методам финишной обработки. Кроме того, выглаживание деталей на многоцелевом станке позволяет исключить трудоемкие и малопроизводительные процессы притирки, доводки и шаржирование поверхности.

На основе моделирования нелинейной динамики упругого выглаживания поверхностей деталей на станках с ЧПУ [2] создана гамма быстросменного инструмента, обеспечивающего отделочную обработку с достижением шероховатости $Ra \leq 0,1$ мкм. Запатентованные выглаживатели имеют новые конструкции упругодемпфирующих элементов и выполнены со стандартными установочными размерами для резцедержателей и инструментальных оправок станков и токарно-фрезерных центров (рис. 1).

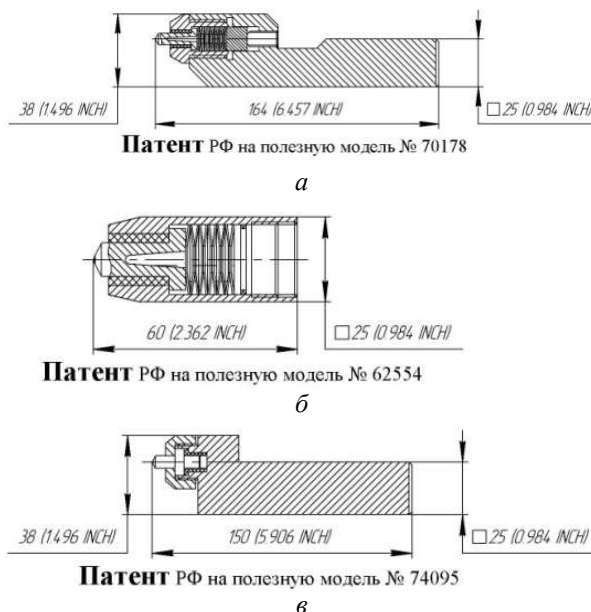


Рис. 1. Выглаживающий инструмент для отделочной обработки деталей на станках с ЧПУ

Инструмент имеет сменный рабочий орган (индентор) и позволяет обеспечить регулируемый натяг.

Важным вопросом применения разработанного выглаживающего инструмента на станках с ЧПУ остается управление натягом упругодемпфирующего элемента для обеспечения заданной силы выглаживания при отделочной обработке поверхности детали.

Данная работа посвящена разработке методики настройки оптимального натяга упругого выглаживателя по критерию требуемого уровня шероховатости обрабатываемой поверхности.

Предложенная методика построена на основе целенаправленного поиска экстремума минимального значения шероховатости Ra при отделочном выглаживании поверхности тестовой детали на токарно-фрезерном центре с силой F , программно управляемой по линейному закону, и состоит из ряда последовательных этапов:

1. Подготовка тестовой детали. Тестовая деталь выполняется на основе изделия-прототипа. В тестовой детали выделяется поверхность, для которой выполняется отделочная обработка.



Рис. 2. Тестовая деталь. Сталь 30X13 ($\sigma_{0,2} \geq 440$ МПа, $\sigma_B \geq 650$ МПа, $\delta_s \geq 16\%$, $\psi \geq 55\%$, 27 HRC_{max})

Тестовая деталь должна соответствовать прототипу по механическим свойствам материала, способу базирования и закрепления при многоцелевой обработке на станке с ЧПУ. Длина тестовой детали определялась суммарным значением размеров выглаживаемого участка, установочной базы и переходного участка для выхода инструмента. Диаметр тестовой детали равен диаметру заготовки изделия-прототипа перед чистовым точением под последующее отделочное выглаживание.

Инструмент и режимы чистового точения определяются в соответствии с технологией изготовления изделия-прототипа. Например, для изделия-прототипа шпинделя задвижки высокого давления ЗМС-65x14.00.003-01 в качестве тестовой детали использовался цилиндрический образец длиной 80 мм (рис. 2).

2. Определение тарировочной зависимости натяга $\Delta = f(F)$ для упругодемпфирующего элемента выглаживающего инструмента. Зависимость натяга $\Delta = f(F)$ от силы выглаживания строится с использованием динамометра (диапазон 0–500Н) и измерителя перемещений (диапазон 0–5 мм) с классами точности не ниже 1,0.

Зависимость $\Delta = f(F)$ для выглаживателя с резиновым упругодемпфирующим элементом коаксиального типа (рис. 1, а), приведена на рис. 3.

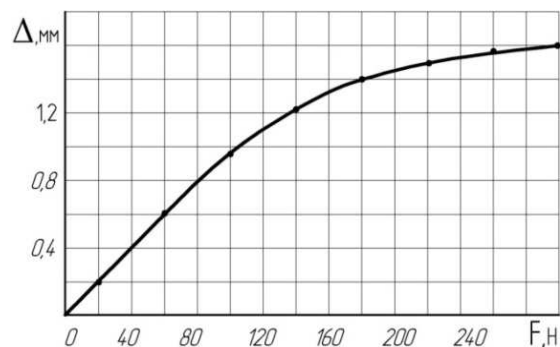


Рис. 3. Тарировочная зависимость натяга $\Delta = f(F)$ выглаживателя

3. Построение зависимости натяга в функции величины перемещения инструмента $\Delta = f(L)$. Зависимость натяга $\Delta = f(L)$ от величины перемещения индентора L необходима для составления программы обработки поверхности тестовой детали отделочным выглаживанием с управляемой по линейному закону силой $F = kL$. Величину перемещения индентора инструмента целесообразно записать в относительных единицах, поскольку это позволит использовать полученные зависимости применительно к обработке изделий различных типоразмеров:

$$L_i = \frac{z_i}{l} 100\%, \quad (1)$$

где z_i – текущая координата индентора вдоль оси детали l – длина выглаживаемого участка тестовой детали.

Построение зависимости $\Delta = f(L)$ выполняется в следующем порядке (рис. 4):

шаг 1: По линейной зависимости $F = kL$ для координаты индентора z_i (точка 1) определяют значения относительного перемещения индентора L_i и силы F_i (точка 2);

шаг 2: Для силы F_i (точка 3) по тарировочной зависимости $\Delta = f(F)$ определяется требуемый натяг Δ_i (точка 3);

шаг 3: По значениям относительных перемещений L_i и в соответствии с найденными значениями натяга Δ_i определяется искомая зависимость $\Delta = f(L)$.

4. Обработка тестовой детали и определение профилограмм микрорельефа обработанной поверхности. Обработка тестовой детали выполняется по технологии изделия-прототипа последовательно чистовым точением и отделочным выглаживанием на токарно-фрезерном центре фирмы OKUMA с программно управляемой по линейному закону силой $F = f(L)$.

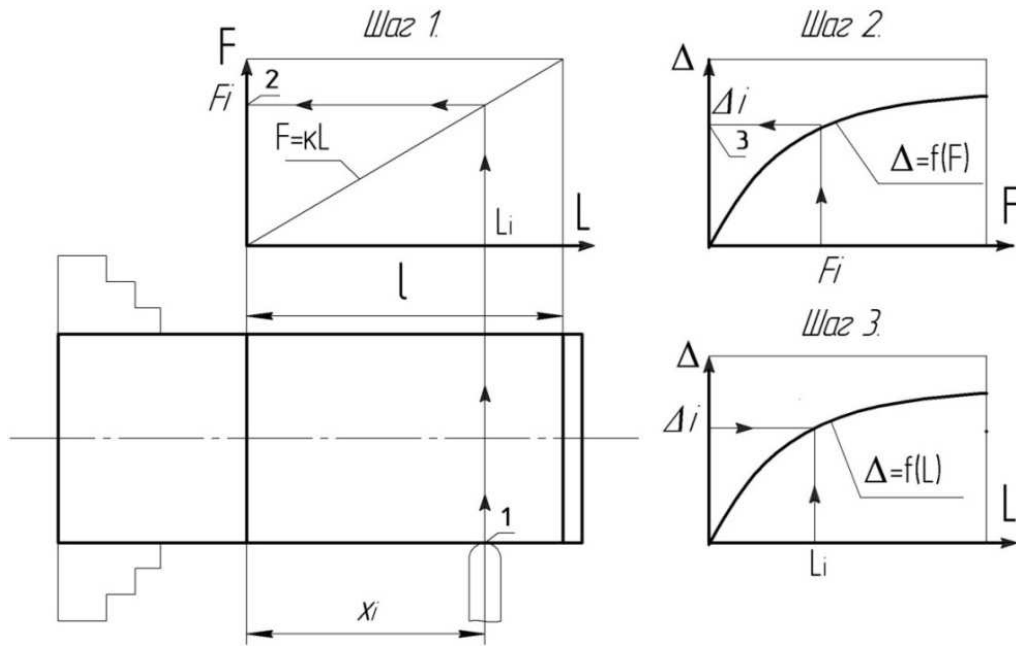


Рис. 4. Схема к построению зависимости натяга Δ от относительной величины перемещения индентора L по поверхности тестовой детали

Для чистовой обработки уплотнительной поверхности тестовой детали использована технология Wiper фирмы Sandvik Coromant. При этом на динамически жестком токарно-фрезерном центре стабильно достигается уровень шероховатости $R_a = (1,2-0,6)$ мкм.

Реализация линейной зависимости $F = f(L)$ осуществляется на основе управляющей программы, составленной в соответствии с построенной зависимостью $\Delta = f(L)$.

Отработка методики измерения шероховатости поверхности тестовой детали проводилась на компьютеризированном профилографе-профилометре 170623 ОАО «Калибр» (рис. 5).

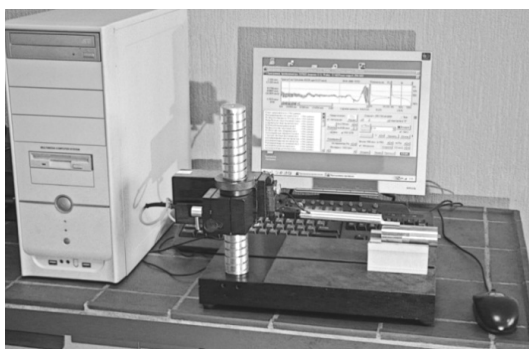


Рис. 5. Измерение шероховатости поверхности тестовой детали на профилографе-профилометре 170623 ОАО «Калибр»

Фрагменты профилограмм, показывающие характер изменения микрорельефа поверхности тестовой детали после отделочного выглаживания с управляемой по линейному закону силой приведены, на рис. 6 для значений натяга $\Delta = 1,2$ мм и $\Delta = (1,3-1,6)$ мм.

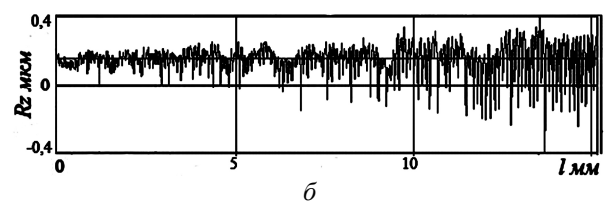
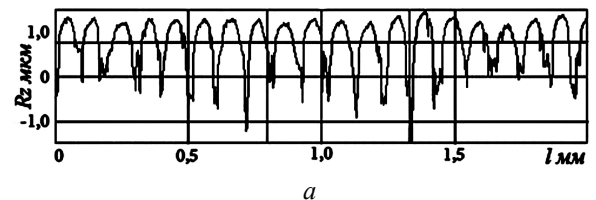


Рис. 6. Фрагменты профилограмм микрорельефа участков поверхности тестовой детали при изменении натяга упругодемпфирующего элемента выглаживателя: а – натяг $\Delta = 1,2$ мм; б – натяг $\Delta = (1,3-1,6)$ мм

При выглаживании с переменным натягом уменьшение шероховатости обрабатываемой поверхности происходит лишь в определенных пределах. Первоначально увеличение натяга вызывает сглаживание вершин микрорельефа при частичном сохранении профиля обрабаты-

ваемой поверхности, и лишь при достижении определенного значения натяга происходит полное сглаживание исходных микронеровностей (рис. 6, б).

Оперативное измерение и оценка параметров шероховатости Rz , Ra , и опорной поверхности t_p микрорельефа тестовой детали, обработанной чистовым точением и выглаживанием, может выполняться, например, с использованием портативного микропроцессорного профилографа-профилометра MarSurf PS21 фирмы Mahr GmbH (Германия) имеющего разрешающую способность измерения Ra не более 32 нм (рис. 7).

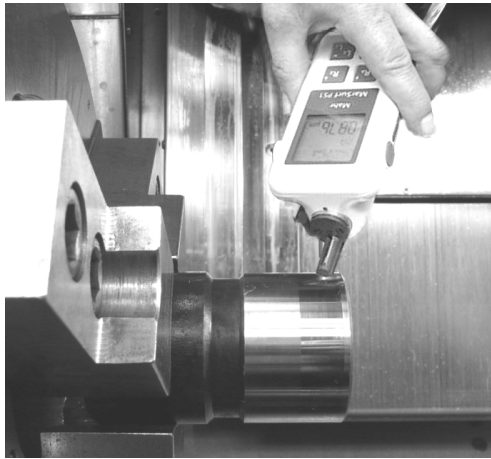


Рис. 7. Оперативное измерение параметров шероховатости поверхности прибором MarSurf PS21

5. Определение оптимального натяга $\Delta_{\text{опт}}$ упругодемпфирующего элемента инструмента по критерию заданной шероховатости Ra .

Значение оптимального натяга упругодемпфирующего элемента быстросменного выглаживателя определяется на основе построения графической зависимости параметра шероховатости $R_a = f(\Delta)$.

Кроме того, возможно построение зависимости величины опорной поверхности $t_p = f(\Delta)$ и других зависимостей параметров шероховатости от натяга Δ .

Полученные зависимости приведены на рис. 8. Здесь приняты следующие обозначения: D_Δ – диапазон допустимых значений натяга, D_{Ra} – диапазон допустимых значений шероховатости Ra ; D_{t_p} – диапазон требуемых значений опорной поверхности.

Далее для определения оптимального натяга $\Delta_{\text{опт}}$ выглаживающего инструмента устанавливаются предельные значения натяга $\Delta_{\text{мин}}$ и $\Delta_{\text{макс}}$. Предельное значение натяга $\Delta_{\text{мин}}$ назнача-

ется по точке $R_{a\text{макс}} = R_{a\text{зад}}$ зависимости $Ra = f(\Delta)$, которая соответствует максимально допустимому уровню шероховатости ответственной поверхности (для изделия-прототипа $R_{a\text{макс}} = 0,2\text{мкм}$). Предельное значение натяга $\Delta_{\text{макс}}$ назначается по точке $R_{a\text{мин}} = 0,025\text{мкм}$ зависимости $Ra = f(\Delta)$ (рис. 8), которая соответствует экспериментально определенной минимальной величине шероховатости $R_{a\text{мин}}$ на поверхности тестовой детали.

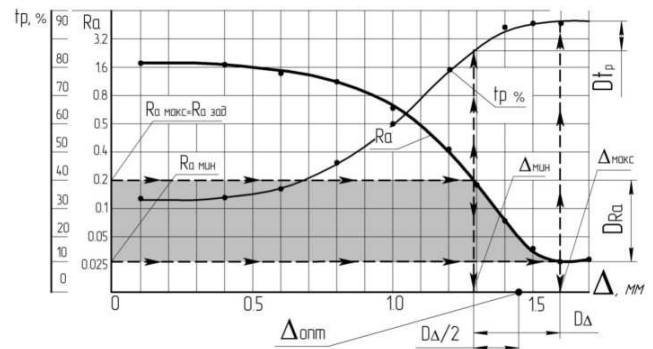


Рис. 8. Схема определения оптимального натяга $\Delta_{\text{опт}}$ быстросменного выглаживателя по критерию заданной шероховатости Ra

В соответствии со значениями $\Delta_{\text{мин}}$ и $\Delta_{\text{макс}}$ определяется диапазон допустимых значений натяга D_Δ упругодемпфирующего элемента выглаживателя. Значение натяга, соответствующее середине найденного диапазона, и предлагается принимать в качестве оптимального $\Delta_{\text{опт}}$ при настройке упругого демпфера инструмента:

$$\Delta_{\text{опт}} = \Delta_{\text{мин}} + D_\Delta / 2 \quad (2)$$

Как можно установить из графиков, приведенных на рис. 8, шероховатость $Ra \leq 0,2$ мкм микропрофиля выглаженной поверхности на тестовой детали соответствует требованиям для поверхности изделия-прототипа при значении $\Delta_{\text{опт}} = 1,45$ мм. Технология многоцелевой обработки шпинделей трубопроводной арматуры с применением высокопроизводительного отделочного выглаживания уплотнительных поверхностей на токарно-фрезерном центре внедрена на предприятии «СЕНСОР» (г. Курган).

Основные переходы многоцелевой обработки шпинделя (ст. 30X13) задвижки высокого давления представлены на рис. 9. Внедрение новой технологии позволило не только уменьшить время обработки изделия, но и улучшить качество ответственной поверхности, снизив фактически параметр шероховатости до $Ra \leq 0,1$ мкм.

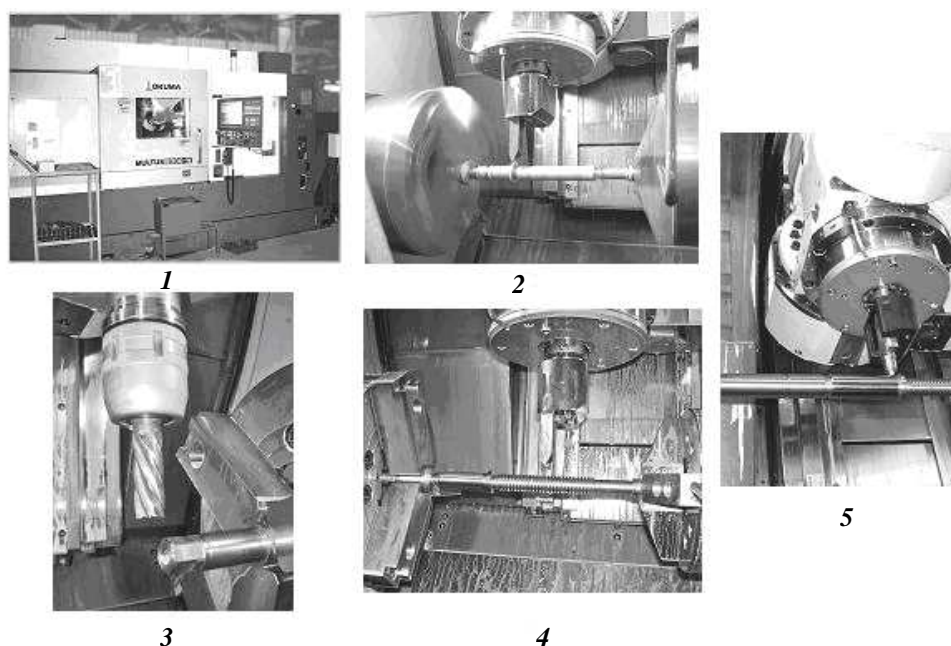


Рис. 9. Основные переходы многоцелевой обработки шпинделя задвижки высокого давления $DN = 65$ мм, $PN=25$ МПа: 1 – токарно-фрезерный центр MULTUS B-300W; 2 – черновая обточка; 3 – обработка шестигранника; 4 – нарезание резьбы; 5 – отделочное выглаживание уплотнительной поверхности

ВЫВОДЫ

1. Создана гамма быстросменного выглаживающего инструмента с новыми конструкциями упругодемпфирующих элементов, обеспечивающими высокий уровень динамической стабилизации процесса отделочной обработки поверхностей деталей ($Ra \leq 0,1$ мкм) на станках с ЧПУ.

2. Характеристика статической жесткости упругодемпфирующих элементов существенно нелинейна вследствие применения в конструкции высокоэффективных демпфирующих втулок из современных эластомеров.

3. Разработанная методика позволяет определить допустимые границы изменения оптимального натяга нелинейного упругодемпфирующего элемента инструмента по критерию заданного уровня шероховатости поверхности на основе выглаживания тестовой детали за один проход быстросменным инструментом на токарно-фрезерном центре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кузнецов, В. П.** Быстросменный инструмент для отделочного выглаживания уплотнительных поверхностей шпинделей задвижек при многоцелевой обработке на токарно-фрезерном центре / В. П. Кузнецов, В. Г. Горгоц, О. В. Дмитриева // *Материалы и технологии XXI века: Сб. стат. VII Междунар. науч.-техн. конференции.* Пенза: Приволжск. дом знаний. 2009. С. 65–67.

2. **Кузнецов, В. П.** Математическое моделирование нелинейной динамики процесса упругого выглаживания поверхностей деталей / В. П. Кузнецов, В. Г. Горгоц // *Вестник машиностроения.* 2008. № 12. С. 61–65.

ОБ АВТОРЕ



Кузнецов Виктор Павлович, зав. каф. автоматиз. производственных процессов Курганск. ГУ. Дипл. инж.-электромех. (КМИ, 1976). Канд. техн. наук по мех. и физ.-техн. обр. (МВТУ, 1984). Иссл. в обл. нелинейн. динамики процесса отделочн. обр. поверхностей деталей выглаживанием на станках с ЧПУ.