

УДК 621.19

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-1-296-37-40

В. Е. Овсянников¹, И. М. Ковенский¹, Г. Н. Шпитко²**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ
ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**¹ Тюменский индустриальный университет² Курганский государственный университет

E-mail: vik9800@mail.ru, kovenskijim@tyuiu.ru, shpitko@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы технологического обеспечения точности формы деталей, которые входят в состав запорной арматуры, используемой при добыче и транспортировке нефти и газа. В качестве метода финишной обработки рассматривается процесс алмазного выглаживания. Используется схема выглаживания с жестким закреплением индентора, так как именно данная схема дает возможность исправления погрешности формы, которая была получена на предыдущих операциях механической обработки. В качестве обрабатываемых материалов рассматривались стали после упрочнения посредством закалки токами высокой частоты до твердости 58...60 HRC. Обработка производилась на токарном станке с ЧПУ. В ходе эксперимента изучалась текстура профиля в поперечном сечении и влияние на нее вибраций, зависимость параметров точности формы в поперечном сечении (в нашем случае среднеквадратического отклонения профиля Fq) от подачи и зависимость мощности вибросигнала от подачи. Регистрация вибросигнала производилась с использованием датчика-акселерометра. В ходе исследований было установлено, что вклад вибраций при увеличении подачи в общую текстуру профиля возрастает. Также была установлена тесная корреляционная связь между мощностью вибросигнала и среднеквадратическим отклонением профиля. Кроме того, исследованы вопросы технологической наследственности.

Ключевые слова: точность формы, отклонение, вибрации, обеспечение, наследственность

V. E. Ovsyannikov¹, I. M. Kovensky¹, G. N. Shpitko²**PROCESS ASSURANCE OF SHAPE ACCURACY
OIL AND GAS EQUIPMENT PARTS**¹ Industrial University of Tyumen² Kurgan State University

The article discusses the issues of technological support for the accuracy of the shape of parts that are part of the shutoff valves used in the production and transportation of oil and gas. Diamond ironing is considered as a finishing method. The ironing scheme with rigid fixation of the indenter is used, since it is this scheme that makes it possible to correct the shape error that was obtained in previous machining operations. As processed materials, steels were considered after strengthening by hardening with high-frequency currents to a hardness of 58... 60 HRC. Machining was done on a CNC lathe.

In the course of the experiment, the profile texture in the cross section and the effect of vibrations on it, the dependence of the shape accuracy parameters in the cross section (in our case, the standard deviation of the Fq profile) on the feed and the dependence of the vibration signal power on the feed were studied. The vibration signal was recorded using an accelerometer sensor. In the course of research, it was found that the contribution of vibrations with increasing supply to the overall profile texture increases. There was also a strong correlation between the vibration power and the standard deviation of the profile. In addition, issues of technological heredity have been investigated.

Keywords: shape accuracy, deviation, vibrations, provision, heredity

Введение

Многочисленными исследованиями [1–3] установлено, что точность формы оказывает значимое влияние на эксплуатационные свойства соединений. При этом к деталям, которые входят в состав запорной арматуры, предъявляются достаточно жесткие требования по данным параметрам (отклонения от овальности в среднем составляют 0.01–0.02 мм). Традиционно в качестве метода финишной обработки

для упрочненных материалов используется шлифование. Однако применительно к деталям запорной арматуры использование абразивной обработки не всегда целесообразно ввиду того, что после нее наблюдается эффект шаржирования, что снижает эксплуатационные свойства соединений.

Перспективным в данном случае является использование алмазного выглаживания вместо шлифования. Однако наиболее широко исполь-

зуемый в промышленной практике метод выглаживания с упругой схемой закрепления индентора для нашего случая неприменим. Объясняется это тем, что при использовании упругого выглаживания исходная погрешность формы не исправляется. Поэтому необходимо применять выглаживание с жесткой схемой. На сегодняшний день, использование данного метода обработки ограничено тем, что процесс сопровождается резким переходом из зоны устойчивости процесса, в зону неустойчивой обработки [3; 4]. Особенно изучение устойчивости, а также особенностей формирования текстуры профиля в поперечном сечении актуально для обработки на станках с ЧПУ.

Также важным аспектом, который позволяет обеспечить требуемую точность формы, является изучение технологической наследственности. Следует отметить, что данные вопросы довольно подробно изучены применительно к обеспечению шероховатости поверхности (при выглаживании с жесткой схемой закрепления индентора) [5], однако для точности формы в этом смысле есть определенные пробелы.

Цель работы: изучение особенностей формирования профиля деталей в поперечном сечении при обработке выглаживанием с жесткой схемой закрепления индентора, а также вопросов влияния вибраций технологической системы, режимов и технологической наследственности.

Материалы и методы исследования: в качестве обрабатываемого материала использовалась сталь марки 12ХН3А после цементации и закалки ТВЧ. Из данной стали изготавливается достаточно широкий спектр деталей запорной арматуры, например, шток клиновой задвижки. Твердость обрабатываемого материала составляла 58...60 HRC. Измерения твердости осуществлялось при помощи портативного твердомера ТН130. Обработка проводилась на токарном станке с ЧПУ марки 1И611ПФ3. Измерения профиля детали в поперечном сечении выполняли непосредственно на станке с использованием индикаторной стойки. Регистрация сигналов виброакустики производилась при помощи датчика-акселерометра модели KD-45 фирмы Bruel and Kjaer. После записи сигнал подвергался фильтрации в частотном диапазоне от 12 до 16 кГц. Также вычислялась мощность сигнала (Sw). Обработка сигнала выполнялась с использованием оригинального программного обеспечения.

Анализ текстуры профиля в поперечном сечении выполнялся на основе теории случайных процессов и фрактальной геометрии [6]. При этом, на основе использования оригинального программного обеспечения, определялся уровень случайной компоненты в текстуре профиля в поперечном сечении (γ) и показатель Херста (H). При изучении технологической наследственности, анализировался профиль в поперечном сечении, полученный предварительным чистовым точением и степень влияния на конечную погрешность формы.

Результаты исследований и их обсуждение

Пример круглограммы обработанной поверхности приведен на рис. 1:

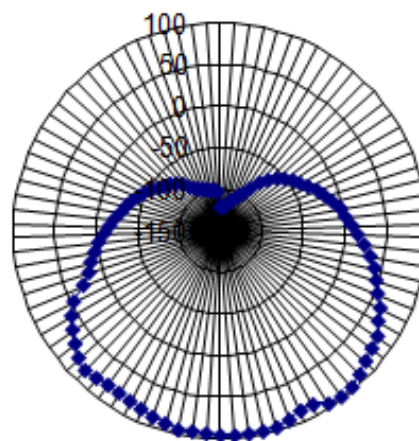


Рис. 1. Круглограмма при $S=40$ мм/мин

В таблице приведен фрагмент результатов исследования влияния подачи на среднеквадратическое отклонение профиля (Fq) и мощность вибросигнала.

Влияние подачи на среднеквадратическое отклонение профиля (Fq) и мощность вибросигнала

S , мм/мин	Fq , мкм	Sw , Дб
4	9,44	$9,8 \cdot 10^{-7}$
8	11,01	$13,5 \cdot 10^{-7}$
12	10,5	$3,42 \cdot 10^{-7}$
16	2,96	$3,68 \cdot 10^{-7}$
20	65,147	$232 \cdot 10^{-7}$
40	65,8	$452 \cdot 10^{-7}$
60	7,7	$0,161 \cdot 10^{-7}$
80	14,1	$0,362 \cdot 10^{-7}$
100	25,9	$23,2 \cdot 10^{-7}$
120	16,45	$2,19 \cdot 10^{-7}$

Расчеты коэффициента взаимной корреляции между факторами S-Fq, S-Sw и Fq-Sw показали тесную взаимосвязь между ними (коэффициент корреляции составлял 0.86...0.94).

На рисунке 2 приведены зависимости уровня случайной компоненты профиля и показателя Херста от подачи для поверхностей, которые обработаны выглаживанием с жестким закреплением индентора.

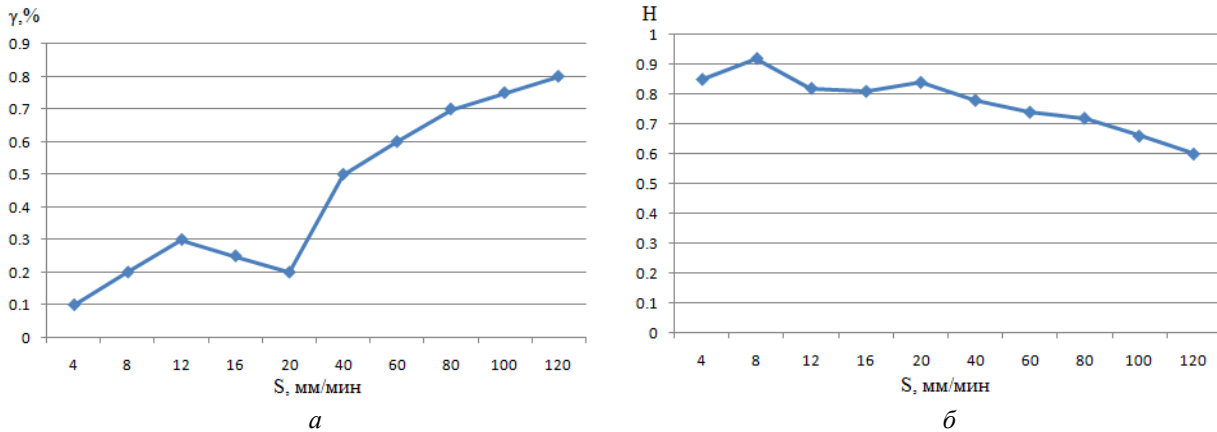


Рис. 2. Зависимости $\gamma=f(S)$ и $H=f(S)$

На рисунке 3 приведен пример определения коэффициента передачи N_{i-1}/N_i для што-

ков, обработанных различными методами обработки.



Рис. 3. Значения коэффициента передачи

Выводы:

1. Исследования показали тесную прямую взаимосвязь между параметрами вибросигнала, точности формы в поперечном сечении и технологическими режимами (коэффициент корреляции составлял 0.86..0.94).

2. В ходе анализа текстуры профиля в поперечном сечении (см. зависимости на рис. 2), установлено, что вклад вибраций в текстуру профиля растет с увеличением подачи. Таким образом, вибросигнал в диапазоне от 12 до 16 кГц можно использовать как диагностический признак при обработке на станках с ЧПУ.

3. Алмазное выглаживание с жесткой схемой закрепления индентора позволяет эффек-

тивно исправлять погрешность формы, полученную на предыдущих операциях (коэффициент передачи составляет 0.15...0.25). Однако при решении задачи технологического обеспечения точности формы, необходимо получать определенную исходную точность и при чистовом точении (т.к. не вся исходная погрешность устраняется).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулов, А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А. Г. Сулов. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
2. Заковоротный, В. Л. Системный синергетический синтез управления динамикой металлорежущих станков с учётом эволюции связей / В. Л. Заковоротный [и др.]. – Ростов-на-Дону: Изд. центр Дон. гос. техн. ун-та, 2008. – 324 с.

3. *Бржозовский, Б. М.* Стабилизация динамического состояния станка как основа решения задач повышения точности механической обработки деталей / Б. М. Бржозовский, М. Б. Бровкова, В. В. Мартынов, И. Н. Янкин // Вестник СГТУ (Надежность машин). – 2006. – № 3(14). – С. 61–70.

4. *Тугенгольд, А. К.* Принципы концептуального подхода к созданию подсистемы «ИНСТРУМЕНТ» в Смарт-паспорте многооперационного станка / А. К. Тугенгольд,

А. И. Изюмов // Вестник ДГТУ. – № 2. – 2014. – С. 33–41.

5. *Губанов, В. Ф.* Инновации при выглаживании с жестким закреплением индентора / В. Ф. Губанов, В. В. Марфицын, В. Е. Овсянников. – Saarbrücken: LAP, 2012. – 124 с.

6. *Остапчук, А. К.* Применение теории фракталов в математическом моделировании и технике : учеб. пособие / А. К. Остапчук, В. Е. Овсянников. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2009. – 76 с.