

## РАЗМЕРНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ТОЛСТОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ ДОРНОВАНИЕМ С БОЛЬШИМИ НАТЯГАМИ

В. Ф. Скворцов, И. С. Охотин, М. М. Шульгин

Институт кибернетики Национального исследовательского  
Томского политехнического университета, 634050, Томск, Россия

УДК 621.787

На основе статистических исследований, выполненных методом больших выборок, установлено, что обработанные дорнованием с большими натягами толстостенные детали из углеродистой стали в условиях хранения при комнатной температуре обладают высокой размерной стабильностью.

**Ключевые слова:** дорнование отверстий, большие натяги, размерная стабильность деталей.

As a result based on the large sample statistical investigations it is determined that the thick-walled components made of carbon steel, mandrelled with high allowances and stored at room temperature possess high dimensional stability.

**Key words:** holemandrelling, high allowances, dimensional stability of the components.

Дорнование отверстий малого диаметра ( $d = 1 \div 5$  мм) в толстостенных деталях ( $D/d \geq 3$ , где  $D$  – внешний диаметр детали), выполняемое с большими натягами ( $0,1d$  и более), позволяет повысить их точность с IT11–IT13 до IT7 [1]. Вместе с тем при дорновании с большими натягами в толстостенных деталях возникают значительные остаточные напряжения [2]. В процессе эксплуатации или при хранении деталей могут происходить релаксация и перераспределение остаточных напряжений, сопровождаемые деформациями деталей и снижением их точности [3]. Поэтому представляет интерес малоизученный вопрос о размерной стабильности обработанных дорнованием деталей с течением времени. Размерная стабильность толстостенных деталей, подвергнутых дорнованию с большими натягами, ранее не рассматривалась.

Исследовались детали типа толстостенных цилиндров из стали марки 20 (НВ 1500 МПа) высотой 20 мм с диаметром отверстий, приблизительно равным 2 мм, и внешним диаметром 14 мм. Отверстия были получены путем сверления стандартным спиральным сверлом из стали Р6М5 на токарном станке при скорости резания около 12 м/мин и ручной подаче  $5 \div 10$  мм/мин. Дорнование отверстий осуществлялось с помощью специального устройства [1] на вертикально-сверлильном станке однозубыми дорнами из твердого сплава ВК8 при скорости 0,5 м/мин. Углы рабочего и обратного конусов дорнов составляли  $6^\circ$ , ширина соединяющей их ленточки – 2 мм. Дорнование выполнялось за три цикла с суммарным натягом  $0,122 \div 0,192$  мм. В качестве смазочного материала использовалась жидкость МР-7.

Размерная стабильность обработанных дорнованием деталей исследовалась в условиях их хранения при комнатной температуре ( $20 \pm 1$  °С). Размерная стабильность оценивалась по параметрам точности отверстий в выборке деталей из 55 шт.

## Значения параметров точности просверленных и обработанных дорнованием отверстий

Методы обработки отверстий	Срок хранения деталей, сут	Среднее значение среднего диаметра отверстий (среднеквадратичное отклонение), мм	Среднее значение овальности отверстий (среднеквадратичное отклонение), мм	Среднее значение отклонения профиля продольного сечения отверстий (среднеквадратичное отклонение), мм	Суммарное поле рассеивания диаметров отверстий, мм
Сверление	–	2,048 (0,00938)	0,0014 (0,00062)	0,0097 (0,00507)	0,08574
Дорнование (диаметр дорнов: 2,172 мм; 2,2035 мм; 2,210 мм)	1	2,1973 (0,00055)	0,0010 (0,00056)	0,0018 (0,00050)	0,00940
	60	2,1979 (0,00061)	0,0010 (0,00042)	0,0020 (0,00051)	0,00976
	180	2,1971 (0,00036)	0,0007 (0,00033)	0,0015 (0,00044)	0,00734
	300	2,1974 (0,00041)	0,0008 (0,00036)	0,0016 (0,00044)	0,00859

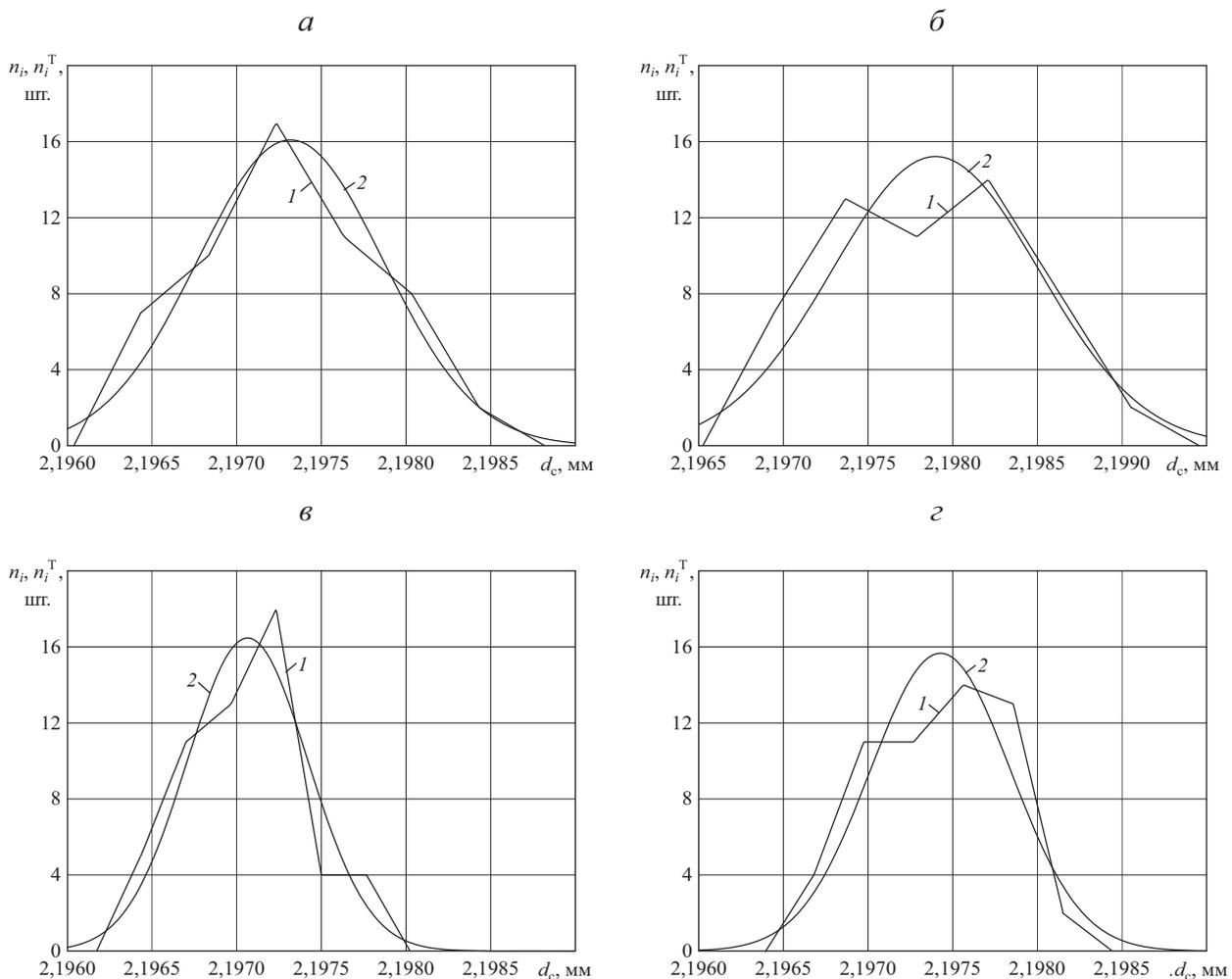
Измерение диаметров отверстий и погрешностей их формы после дорнования выполнялось с помощью компаратора с перффлектометром фирмы "Leitz" (Германия) с ценой деления 0,0002 мм, а после сверления – с помощью нутромера фирмы "CarlZeissJena" (Германия) с ценой деления 0,002 мм. Эти измерения проводились в двух продольных и трех поперечных сечениях отверстий (в среднем по глубине отверстия и на расстоянии 1 мм от его краев). Для каждого отверстия определялись минимальный, максимальный и средний диаметры. Точность отверстий оценивалась по распределению среднего диаметра (среднего арифметического шести значений, измеренных в указанных сечениях), минимальному и максимальному диаметрам, а также по отклонению профиля продольного сечения и овальности. Комплексная оценка точности проводилась по величине суммарного поля рассеивания диаметров

$$\Delta_{\Sigma} = 3S_{d_{\min}} + (\bar{d}_{\max} - \bar{d}_{\min}) + 3S_{d_{\max}},$$

где  $\bar{d}_{\min}$ ,  $\bar{d}_{\max}$  – средние значения минимальных и максимальных диаметров отверстий в выборке;  $S_{d_{\min}}$ ,  $S_{d_{\max}}$  – их среднеквадратичные отклонения.

Параметры точности отверстий после обработки дорнованием измерялись через 1, 60, 180 и 300 сут. Значимость различий дисперсий и средних значений параметров точности отверстий после различных сроков хранения деталей определялись соответственно по критериям Фишера и Стьюдента при доверительной вероятности 0,95 [4].

Результаты исследований представлены в таблице и на рисунке. Из таблицы следует, что при трехцикловом дорновании с принятым суммарным натягом и его распределением между



Эмпирические (1) и теоретические (2) кривые нормального распределения  
 среднего диаметра обработанных дорнованием отверстий после хранения  
 деталей при комнатной температуре в течение:

*a* – 1 сут; *б* – 60 сут; *в* – 180 сут; *г* – 300 сут

дорнами точность отверстий по параметру  $\Delta_{\Sigma}$ , т. е. с учетом погрешностей их формы, возрастает почти на порядок – с IT12 (после сверления) до IT7.

После хранения обработанных дорнованием деталей в течение 60 сут имеет место статистически значимое увеличение среднего значения среднего диаметра отверстий по сравнению с его исходным средним значением (определенным через сут после дорнования), которое составляет 0,6 мкм. После хранения деталей в течение 180 и 300 сут средние значения среднего диаметра отверстий оказываются близкими к его исходному среднему значению (различия являются статистически не значимыми). В целом колебание среднего значения среднего диаметра отверстий при хранении деталей в течение 300 сут оказывается равным 0,8 мкм, что составляет 8 % от допуска 7-го качества точности.

Дисперсия среднего диаметра отверстий, а также параметры распределения их овальности и отклонения профиля продольного сечения при хранении деталей не увеличиваются.

Обработанные дорнованием с большими натягами толстостенные детали из углеродистой стали характеризуются высокой размерной стабильностью. При хранении деталей в течение 300 сут при комнатной температуре колебание среднего диаметра отверстий не превышает 8 % от допуска 7-го качества. Овальность и отклонение профиля продольного сечения отверстий при хранении деталей не возрастают.

#### Список литературы

1. СКВОРЦОВ В. Ф., АРЛЯПОВ А. Ю., ОХОТИН И. С. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра // Приложение. Справ. Инж. журн. 2012. № 2. С. 1–23.
2. СКВОРЦОВ В. Ф., ОХОТИН И. С., АРЛЯПОВ А. Ю. Остаточные напряжения при дорновании отверстий малого диаметра в полых толстостенных цилиндрах с большими натягами // Изв. ТПУ. 2010. Т. 316, № 2. С. 24–27.
3. ВИШНЯКОВ Я. Д. Управление остаточными напряжениями в металлах и сплавах / Я. Д. Вишняков, В. Д. Пискарев. М.: Металлургия, 1989.
4. СОЛОНИН И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1972.

*Скворцов Владимир Федорович – канд. техн. наук, доц. Института кибернетики  
Томского политехнического университета;  
тел.: (382-2) 41-96-25; e-mail: TMRI@tpu.ru;*

*Охотин Иван Сергеевич – канд. техн. наук, доц. Института кибернетики  
Томского политехнического университета;  
тел.: 41-95-39; e-mail: ngc224@yandex.ru;*

*Шульгин Максим Михайлович – студент Института кибернетики  
Томского политехнического университета; e-mail: TMRI@tpu.ru*

Дата поступления – 3.09.12 г.