

УДК 621.787.4

Р.Н. Шадуро, канд. техн. наук, доц., П.А. Шацкий**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ДОРНОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ**

В работе дана оценка способов повышения точности дорнования отверстий.

Введение

В последние годы значительное распространение получили высокопроизводительные методы финишной обработки деталей машин поверхностным пластическим деформированием (ППД), в частности дорнованием, обеспечивающим повышение точности и качества поверхностей и существенное улучшение их эксплуатационных характеристик.

Например, при дорновании в полуупругом режиме точность процесса δ_2 можно оценить при помощи зависимости [1]:

$$\delta_2 = \delta_1(1 - C)K, \quad (1)$$

где C – коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемых материалов на точность дорнования; K – коэффициент, учитывающий влияние на точность величин колебания механических свойств материала; δ_1 – исходная точность.

Из зависимости (1) видно, что во всех случаях точность дорнования существенно зависит от механических свойств обрабатываемого материала. Поэтому дорнование следует относить к процессу, который очень чувствительно реагирует на колебание механических свойств материала в обрабатываемой партии деталей, с точки зрения обеспечения точности, что определяется коэффициентом K в зависимости (1).

Исследования [2] показывают, что действительная величина колебания механических свойств материалов различного сортамента проката, изготовляемого металлургической промышленностью, в большинстве случаев значительно шире по сравнению с допустимыми значениями, установленными стандартами. Можно в некоторой степени снизить величину колебания механических свойств материала деталей низкоэнергетическим воздействием (НЭВ) ионным потоком в вакууме на их поверхности, что должно обеспечить повышение точности при дорновании.

В то же время добиться повышения точности дорнования можно за счет повышения исходной точности отверстий, при этом не за счет предварительной обработки. Для осуществления этого, в работе предложено групповое дорнование. При групповом дорновании детали перед обработкой сортируют на n групп, по размерам отверстий, с групповыми допусками $\delta_i^{gp} = \delta_1/n$. Дорнование деталей осуществляется по группам дорнами, исполнительные размеры которых определены по [3].

Постановка задачи. Цель настоящей работы – изучение возможности повышения точности процесса дорнования отверстий в полуупругом режиме, в деталях, из различных материалов, предварительно подвергнутых НЭВ ионами в вакууме или за счет применения группового дорнования.

Методика исследований

Для исследований точностных возможностей дорнования и дорнования с НЭВ были изготовлены выборки втулок из бронзы БрО10Ф1 ($n = 50$ шт). Предварительно отверстия во втулках диаметром 20Н8 получились растачиванием на токарном станке. Втулки

изготавливались из прутков различных партий. Эти две выборки подвергались измерению твердости материала втулок по Бринелю до НЭВ и одной выборки после облучения. Дорны применялись многозубые, изготовленные из стали Х12Ф (HRC 64-65).

После растачивания и дорнования проводились измерения отверстий на горизонтальном оптиметре типа ИКГ, результаты которых подвергались статистическим исследованиям [4]. Оценка изменения точности осуществлялась сопоставлением средних квадратических отклонений после растачивания S_1 и дорнования S_2 через коэффициент уточнения $\varepsilon = \frac{S_1}{S_2}$. Для исследования точности, обеспечиваемой групповым дорнованием,

были изготовлены две выборки втулок из стали 40Х (n = 50 шт). Втулки после растачивания на токарном станке подвергались термообработке (улучшению).

Первая выборка втулок подвергалась традиционному дорнованию с коэффициентом уточнения $\varepsilon = \frac{S_1}{S_2}$. При групповом дорновании провели сортировку втулок с допуском δ_1 на две группы с групповыми допусками $\delta_1' = \delta_1''$ (рис. 1).

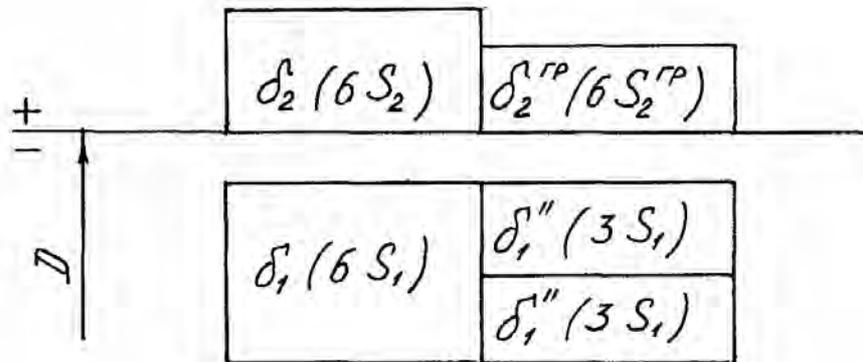


Рис. 1. Схемы полей рассеяния размеров отверстий до и после дорнования

После дорнования втулок дорнами, исполнительные размеры которых рассчитаны по [4], должны обеспечить попадание размеров отверстий в пределы полей рассеяния δ_2' и δ_2'' , определяемых зависимостями:

$$\delta_2' = \delta_1' (1 - c)K; \tag{3}$$

$$\delta_2'' = \delta_1'' (1 - c)K. \tag{4}$$

Так как правые части зависимостей (3) и (4) равны, то $\delta_2' = \delta_2'' = \delta_2^{ГР}$.

Сложив левые и правые части, получим

$$2\delta_2^{ГР} = \delta_1 (1 - c)K \tag{5}$$

или

$$\delta_2^{ГР} = \frac{\delta_1}{2} (1 - c)K. \tag{6}$$

Таким образом, при сортировке заготовок на две группы после группового дорнования следует ожидать повышения точности в 2 раза по сравнению с традиционным.

В общем случае при сортировке деталей на n групп зависимость (6) примет вид:

$$\delta_2^{\text{ГР}} = \frac{\delta_1}{n}(1-c)K, \quad (7)$$

т.е. точность после дорнования должна повыситься в n раз.

При групповом дорновании первоначально количество групп сортировки определяется по зависимости:

$$n = \frac{\delta_1(1-c)K}{\delta_2}, \quad (8)$$

где δ_2 – допуск отверстий, заданный чертежом.

Полученное значение n округляется в большую сторону.

Таким образом, для осуществления группового дорнования необходимо по зависимости (8) рассчитать количество групп сортировки, определить групповые допуски, уточнить по зависимости (7) ожидаемую ширину поля рассеяния размеров отверстий после дорнования $\delta_2^{\text{ГР}}$. На основании этого по [3] рассчитать исполнительные размеры дорнов для каждой группы, которые должны обеспечить после дорнования попадание размеров отверстий в $\delta_2^{\text{ГР}}$.

Результаты исследований и их обсуждение

На основании вышеизложенной методики исследований точности дорнования с НЭВ, после каждой обработки деталей выборки производились измерения размеров отверстий, результаты которых подвергались статистическим исследованиям.

В результате статистических исследований были рассчитаны параметры выборочных распределений (табл. 1), способом последовательных разностей была подтверждена случайность выборок по каждой операции. Сопоставление опытного распределения с теоретическим показало, что распределение погрешностей подчиняется нормальному закону. Кривые распределения представлены на рис. 2.

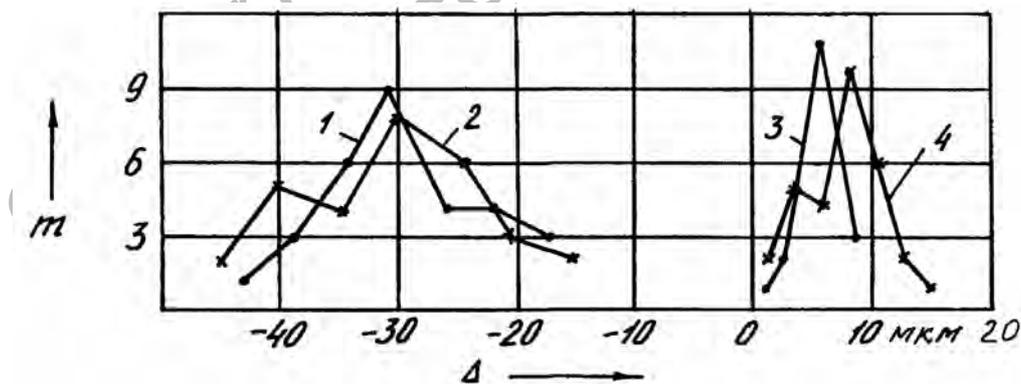


Рис. 2. Кривые распределения размеров: 1 – расточивание; 2 – расточивание с НЭВ; 3 – дорнование после НЭВ; 4 – дорнование после расточивания

Как видно из табл. 1, средние квадратические отклонения на расточной операции для двух вариантов отличаются незначительно. Точность отверстий для выборок деталей после расточки соответствовала 8-му качеству. После облучения втулок НЭВ ионами в вакууме их точность практически не изменилась.

После дорнования отверстий точность их оказалась различной. Так, при дорнова-

нии необлученных втулок среднее квадратическое отклонение составило $S = 3,9$ мкм, тогда как для втулок, подвергнутых НЭВ, $S = 2,8$ мкм. Коэффициент уточнения для облученных втулок оказался значительно большим ($\varepsilon = 2,07$), чем для необлученных ($\varepsilon = 1,41$).

Табл. 1. Основные статистические параметры выборочных распределений погрешностей размера отверстий

Наименование операций	Размах выборки, мкм	\bar{X} , мм	S, мкм	ε	Технологический допуск, мкм
Растачивание	29	19,970	5,5	1,41	33,0
Дорнование	19	20,009	3,9		23,4
Растачивание	31	19,965	5,8	2,07	34,8
НЭВ	31	19,965	5,8		34,8
Дорнование	13	20,007	2,8		16,8

Таким образом, применение НЭВ ионами в вакууме за счет значительного сужения поля рассеяния механических свойств материала втулок способствует значительному повышению точности их отверстий при дорновании. Ширина поля рассеяния поверхностной твердости выборок втулок после НЭВ оказалась на 40 % ниже, чем облученных.

При исследовании точности, обеспечиваемой групповым дорнованием, производились измерения размеров отверстий после термической обработки (ТО) дорнования традиционного и группового, результаты которых подвергались статистическим исследованиям. Результаты статистических исследований и некоторых расчетов по формулам (7) и (8) приведены в табл. 2. Кривые распределения представлены на рис. 3. Коэффициенты $s = 0,58$ и $K = 1,36$ были определены на основании анализа зависимости остаточных деформаций от натягов $\delta D_{ост} = 0,58 i - 0,006$ при дорновании отверстий диаметром 20 мм. Групповым дорнованием требовалось обеспечить точность отверстий $20H7^{+0,021}$.

Табл. 2. Основные статистические параметры выборочных распределений погрешностей размеров отверстий

Наименование операций	Размах выборки, мкм	Число групп сортировки	Групповой допуск $\delta_1^{ГР}$	\bar{X} , мм	S, мкм	Технологический допуск, мкм	$\varepsilon(\varepsilon^{ГР})$
ТО	54	-	-	19,964	9,3	55,8	-
Дорнование	36	-	-	20,019	6,2	38,4	1,45
ТО	58	-	-	19,960	10,2	61,2	-
Сортировка	29	2	29	19,975	5,3	31,6	-
	29	-	29	19,947			
Дорнование	21	-	-	20,011	3,7	22,2	2,8 (1,4)

Как видно из табл. 2, для обеспечения заданной точности $IT20 = 21$ мкм необходимо провести сортировку заготовок на две группы с групповыми допусками $\delta_1^{ГР} = \delta_2^{ГР} = 29$ мкм. После дорнования заготовок по группам получено общее уточнение $\varepsilon = 2,9$, почти в два раза большее, чем при традиционном дорновании $\varepsilon = 1,5$, т.е. подтвердилось высказанное выше предположение о повышении точности, обеспечиваемой групповым дорнованием, при сортировке заготовок на две группы.

Следует отметить, что после группового дорнования размеры отверстий равно-

мерно распределились в пределах ширины поля рассеяния, определяя плоский характер вершины кривой распределения (рис. 3, кривая 4).

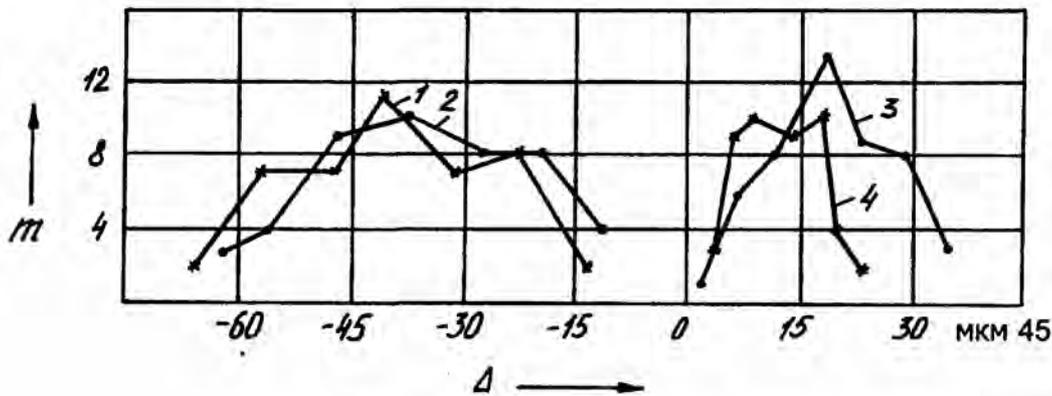


Рис. 3. Кривые распределения размеров: 1, 2 – после ТО; 3 – после дорнования; 4 – после группового дорнования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шадуро, Р. Н.** Повышение качества шлицевых отверстий дорнованием на основе выявленных закономерностей технологической наследственности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Могилев : 1984. – 24 с.
2. **Ходырев, В. И.** Расширение технологических возможностей ППД воздействием потоком низкоэнергетических ионов / В. И. Ходырев, Р. Н. Шадуро, И. В. Терешко // Проблемы качества и надежности машин: тез. докл. науч.-техн. конф. – Могилев : БРУ, 1994. – С. 45.
3. **Чистосердов, П. С.** Определение точностных параметров процесса и размеров инструмента при калибрующем дорновании / П. С. Чистосердов, Р. Н. Шадуро // Прогрессивные технологические методы повышения надежности и долговечности деталей машин и инструментов : сб. науч. тр. – Куйбышев, 1980. – С. 30 – 35.
4. **Колкер, Я. Д.** Математический анализ точности механической обработки деталей / Я. Д. Колкер. – Киев : Техника, 1976. – 182 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 11.12.2005

R.N. Shaduro, P.A.Shackiy
On the problem of increasing the accuracy
of hole mandrelling
Belarusian-Russian University

The paper gives the assessment of means of increasing the accuracy of hole mandrelling.