

УДК 621.923

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ХОНИНГОВАНИЯ

© 2012 К.Р. Муратов, Е.А. Гашев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Поступила в редакцию 19.10.2012

Представлено описание экспериментальной установки «РХ-7». Проведены экспериментальные исследования с целью определения влияния траектории рабочего движения инструмента на основные показатели процесса хонингования.

Ключевые слова: *растровое хонингование, кинематическая схема, производительность, шероховатость*

К числу прогрессивных методов финишной обработки прецизионных цилиндрических поверхностей как внутренних, так и наружных относится хонингование. В ходе многочисленных исследований установлено, что на параметры макро- и микрорельефа большое влияние оказывает кинематика процесса хонингования, определяющая траекторию рабочего движения режущих зерен при обработке. Сложное рабочее движение при хонинговании прецизионных отверстий создает благоприятные условия для более полного использования режущей способности брусков и равномерного износа инструмента, что положительно влияет на производительность обработки и точность геометрической формы поверхности. В связи с этим представляет интерес новый метод хонингования, получивший название растровый. Основу метода составляет растровая траектория рабочего движения инструмента с тонко регулируемыми параметрами, которая первоначально была реализована в прецизионных плоскододовочных станках модели «Растр» [1, 2]. Для реализации растрового метода абразивной обработки цилиндрических поверхностей методом хонингования у нас разработан и изготовлен хонинговально-додовочный станок «Растр Ц20» [3] с комплексным рабочим движением инструмента и экспериментальная установка «РХ-7». По компоновке станки выполнены с вертикальным расположением шпинделя, весь комплекс рабочих движений сообщается инструменту. В отличие от хонинговальных станков с традиционной кинематикой данное оборудование позволяет осуществлять различные методы хонингования, имеющие усложненные траектории рабочего движения, с тонко регулируемыми параметрами.

Экспериментальная установка «РХ-7» предназначена для обработки цилиндрических поверхностей диаметром до 70 мм и длиной до 250 мм. Кинематическая схема станка представлена

на рис. 1. Привод хонинговального станка содержит отдельные кинематические цепи круговых и осевых колебаний инструмента и кинематические цепи круговых и осевых подач. Цепь осевых колебаний ($K_{ос.}$) инструмента 1 включает себя электродвигатель 2, клиноременный вариатор 3, зубчатые передачи 4, кривошипный диск 5 с эксцентрично расположенным пальцем 6, который входит в поперечный паз пиноли 7 для сообщения последней и связанному с ней шпинделю 8 колебаний в осевом направлении. Цепь круговых колебаний ($K_{кр.}$) инструмента содержит электродвигатель 9, цилиндрическую зубчатую передачу, кривошипный диск 10 с эксцентрично расположенным пальцем 11, шатун 12, кинематически связывающий водило 13 с пальцем 11 и служащий для сообщения шпинделю 8 круговых колебаний через сателлиты 14 и центральное колесо 15 планетарного механизма. Кинематическая цепь осевых подач ($S_{ос}$) предназначена для сообщения шпиндельной коробке 16 и шпинделю 8 медленного возвратно-поступательного движения в осевом направлении и включает в себя реверсивный электродвигатель 17, червячную передачу 18, ходовой винт 19, работающий в паре с гайкой, закрепленной на шпиндельной коробке. Цепь круговых подач ($S_{кр}$) содержит электродвигатель 20, червячную передачу 21, связанную с внешним колесом планетарного механизма, и служит для сообщения шпинделю медленного вращательного движения.

Положительным свойством хонинговального станка с растровой кинематикой, имеющего отдельные кинематические цепи, является возможность независимого регулирования параметров всех элементарных движений главного и формообразующих движений инструмента. Изменяя соотношения частот и амплитуд колебаний можно варьировать параметры микрорельефа обработанной поверхности, а путем программирования осевых и круговых подач можно управлять геометрической формой отверстия. Станок с такой системой приводов обладает адаптивными свойствами [4]. Действительно, при обработке детали, имеющей

Муратов Карим Равилевич, кандидат технических наук, доцент E-mail: Karimur_80@mail.ru
Гашев Евгений Анатольевич, аспирант

исходные погрешности геометрической формы в виде конусности и овальности, нагрузка на электродвигателях 2 и 9 за период одного колебания изменяется от некоторого номинального значения до максимума в момент, когда хонинговальные бруски контактируют с минимальным диаметром отверстия. Следящие системы I или II регистрируют изменение нагрузки и вырабатывают командный сигнал, который подается в цепь управления двигателями 17 и 20, а те смещают инструмент в

зону наибольшей нагрузки. Таким образом, адаптивный привод при растровом хонинговании позволяет целенаправленно исправлять как конусность, так и овальность обрабатываемого отверстия. При этом в результате введения перекрестных связей между следящими системами автоматически более интенсивно выравнивается та погрешность, которая имеет большее отклонение что, оптимизирует процесс исправления геометрической формы.

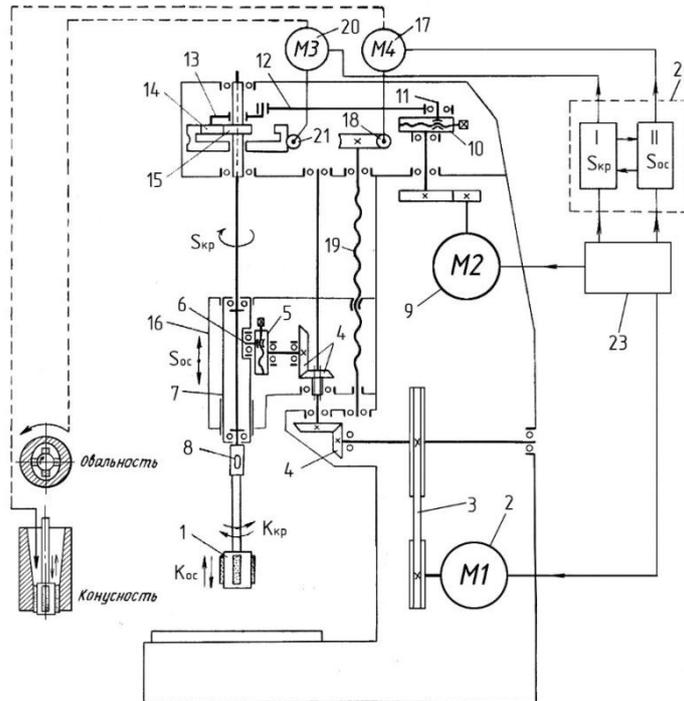


Рис. 1. Кинематическая схема экспериментальной установка «PX-7»

Техническая характеристика станка «PX-7»:

максимальный диаметр обрабатываемого отверстия, мм	70
максимальная длина обрабатываемой детали, мм	250
размах круговых колебаний, град	0-210
размах осевых колебаний, мм	0-60
частота круговых колебаний, кол/мин	120, 180, 240
частота осевых колебаний, кол/мин	0-300
рассогласование частот бесступенчато, %	до 100
осевое усилие механизма разжима брусков, кг	0-80
мощность привода главного движения, кВт	0,3; 0,3
габариты станка, мм	25x1020x2295
масса станка, кг	800

Нами проведены экспериментальные исследования с целью определения влияния траектории рабочего движения инструмента на основные

показатели процесса хонингования. Сравнительные исследования проведены для хонингования с растровой и традиционной кинематикой. Для обеспечения идентичных условий все эксперименты проводились на одном оборудовании при одинаковых режимах обработки (табл. 1). Выбор данных режимов обусловлен возможностями кинематики экспериментальной установки «PX7».

Таблица 1. Режимы обработки стали 30ХГСА при сравнительных исследованиях

Режимы обработки	Растровое хонингование	Традиционное хонингование
$T_{хон}$, мин.	2	2
$V_{рез}$, м/мин	28,4	28,5
2α , град.	55^0	56^0
P , МПа	0,1-1,0	
Установка	PX-7	
СОЖ	70% керосина, 30% масло «Индустриальное»	

Сравнительные исследования проводились на образцах диаметром 38 мм, длиной 140 мм из стали 30ХГСА (HRC 32...37), одним комплектом брусков АС6 80/63-М5-07-100% и стали 95Х18

(HRC 54... 58), диаметром 18 мм, длиной 60 мм, брусками КР 80/63-М5-07-100%. Значение исходной шероховатости поддерживалось постоянной. Результаты экспериментов показаны в таблице 2 и на рис. 2 и 3. Результаты исследований показали преимущество хонингования с растровой траекторией – при меньшей шероховатости обработанной поверхности производительность процесса в 1,5-2 раза выше, чем при традиционном методе хонингования. При этом в зоне рабочих давлений относительный износ брусков $\Delta_{ac}/\Delta_{мет}$ практически одинаков.

Установлено, что весь диапазон исследуемых давлений можно разделить на три зоны. Первая область, где давления меньше 0,2 МПа, внедрение алмазных зерен в обрабатываемую поверх-

ность весьма мало и недостаточно для осуществления резания. Поверхность формируется за счет износа вследствие многократных пластических деформаций. Вторая зона средних давлений (от 0,2 до 0,9 МПа). Нагрузка воспринимается как алмазными зернами, так и связкой, и достаточна для осуществления микрорезания. Эту зону можно назвать рабочей зоной. При дальнейшем увеличении давления происходит интенсивный износ брусков и переход от резания закрепленными зернами к резанию свободным абразивом, что приводит к скачкообразному росту производительности и шероховатости обработанной поверхности. Эта область при работе алмазными брусками нежелательна.

Рис. 2. Зависимость съема Q и шероховатости Ra обработанной поверхности от давления брусков при различных методах хонингования

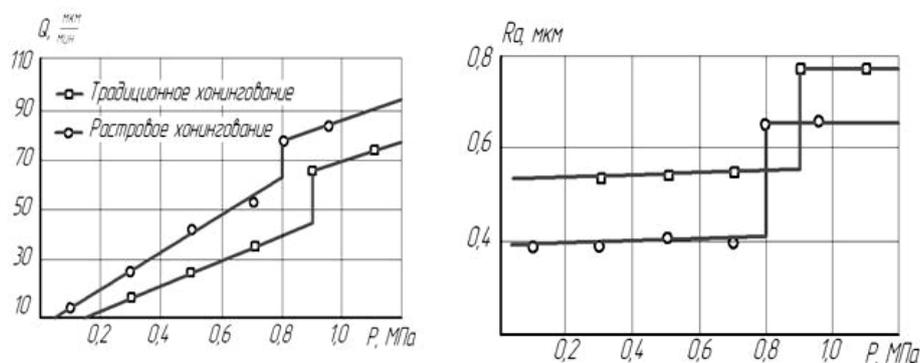


Таблица 2. Результаты сравнительных исследований процесса хонингования стали 30ХГСА

Метод хонингования	Показатели	P, МПа									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	0,95	1,1
Растровое хонингование	Q (мкм/мин)	12	20	25,5	34	44	50	78	-	83,5	-
	Δ_{ac} (мкм)	0,6	1,4	1,91	3	3,91	3,1	10	-	15,5	-
	$\Delta_{ac}/\Delta_{мет}$	0,016	0,023	0,025	0,028	0,026	0,024	0,055	0,07	0,09	-
	Ra , мкм	0,40	-	0,37	-	0,40	-	0,64	-	0,64	-
Традиционное хонингование	Q (мкм/мин)	-	-	13	-	23,5	34	-	63	-	74
	Δ_{ac} (мкм)	-	-	1	-	2,0	2	-	3,6	-	6,6
	$\Delta_{ac}/\Delta_{мет}$	-	-	0,022	-	0,028	0,020	-	0,03	-	-
	Ra , мкм	-	-	0,53	-	0,54	0,52	-	0,76	-	0,79

Рассмотренные три области имеют место при традиционном и при растровом хонинговании, однако процесс резания при растровом методе начинается при значительно меньших давлениях, чем при традиционном вследствие разнонаправленного характера движения инструмента, исключается явление «засаливания» брусков и повышается интенсивность их самозатачивания. Это благоприятно сказывается при окончательной обработке высокоточных деталей из сырых и вязких материалов. При растровом хонинговании явление «засаливание» отсутствует даже при обработке мелкозернистыми брусками. Так, при хонинговании образцов из стали

ШХ15 брусками АСМ10-М2-01-100% стабильно обеспечивалась шероховатость обработанной поверхности $R_z=0,1-0,05$ мкм без видимых следов обработки.

Проведены сравнительные эксперименты различных методов хонингования отличающихся траекторией рабочего движения на образцах из стали 95Х18, HRC >57. Диаметр отверстия 18 мм, длина 60 мм. При одинаковых режимах обработки: $V_{рез}=27$ м/мин, $P=0,8$ МПа, $T_{хон}=1$ мин. Хонингование осуществлялось одним комплектом брусков КМ 80/63-М5-22-100%. Результаты экспериментов представлены в табл. 3. и на рис. 4.

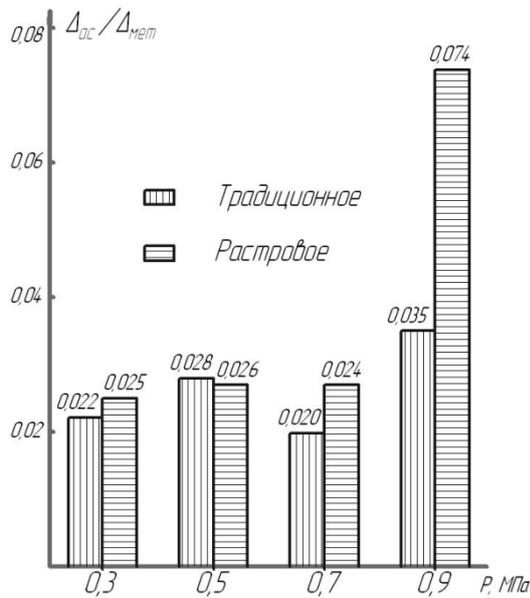


Рис. 3. Относительный износ брусков при различных методах хонингования

Таблица 3. Результаты сравнительных исследований хонингования стали 95X18

Показатели процесса	Методы хонингования		
	традиционный	с осевой осцилляцией	растровый
Q , мкм/мин	20	31	33
Ra , мкм	0,301	0,320	0,206

Сравнение методов хонингования проводилось по производительности съема и шероховатости обработанной поверхности. В опытах изменялся только вид траектории рабочего движения инструмента, остальные условия оставались неизменными. Числовые показатели (рис. 4) свидетельствуют об эффективности растрового метода хонингования: по производительности съема растровое хонингование выше в 1,5-1,8 раза, чем хонингование с традиционной кинематикой и соизмеримо с хонингованием с осевой

осцилляцией. При этом в зоне рабочих давлений $P=0,3-0,8$ МПа относительный износ брусков $\Delta_{ac}/\Delta_{мет}$ практически одинаков. При прочих равных условиях, растровое хонингование обеспечивает снижение шероховатости обработанной поверхности в 1,5-2 раза.

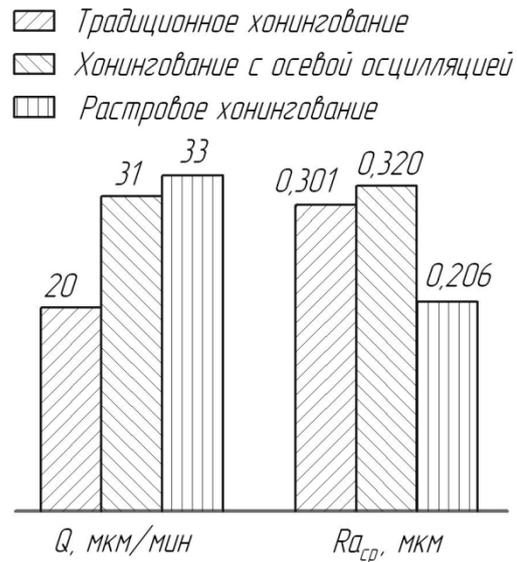


Рис. 4. Результаты сравнительных экспериментов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Некрасов, В.П. Прецизионные плоскодвигательные станки с растровым движением инструмента // Машиностроитель. 2000. № 9. С. 7-8.
2. Анциферов, В.Н. Растровый метод обработки прецизионных поверхностей / В.Н. Анциферов, А.М. Ханов, Р.А. Муратов и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т.13, №1(3). С. 512-519.
3. Khanov, A.M. Kinematic potential of honing machines / A.M. Khanov, R.A. Muratov, K.R. Muratov et al. // Russian Engineering Research. Vol. 31, №6. P. 607-609.
4. А.с. № 483233. Адаптивный привод хонинговального станка / Р.А. Муратов, В.П. Некрасов // М., БИ, 1975, № 33.

COMPARATIVE RESEARCHES OF HONING METHODS

© 2012 K.R. Muratov, E.A. Gashev

Perm National Research Polytechnical University

The description of the experimental unit “RH-7” is presented. Pilot studies for the purpose of definition the influence of labor instrument movement trajectory on the main indicators of honing process are carried out.

Key words: raster honing, kinematic scheme, productivity, roughness

Karim Muratov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: Karimur_80@mail.ru
Evgeniy Gashev, Post-graduate Student