

УДК 621.75

**Е. В. ИЛЬЮШИНА**, канд. техн. наук, доц.

**Н. М. ЮШКЕВИЧ**

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ПНЕВМОУДАРНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

### **Аннотация**

Приведены исследования упрочняющей пневмоударной обработки плоских стальных заготовок, используемых для изготовления накладных направляющих станин станков. Получены экспериментальные зависимости шероховатости обработанной поверхности от подачи, а также проведен анализ параметров шероховатости.

### **Ключевые слова:**

упрочняющая пневмоударная обработка, шероховатость поверхности, наклеп, износ, направляющие.

**Введение.** Использование методов пневмовибродинамической обработки для упрочнения плоских поверхностей из чугуна и алюминиевых сплавов показало свою эффективность, имеются хорошие наработки в области упрочнения, например, чугунных направляющих станин металлорежущих станков [1]. Однако данный опыт можно использовать и для исследования обработки стальных направляющих, которые чаще всего в станкостроительном производстве изготавливают накладными. К чугунным станинам их крепят механическим способом или приклеивают, а к стальным – приваривают. Материалами для накладных направляющих служат цементированные и закаленные малоуглеродистые стали, азотированные стали, а также высокоуглеродистые хромистые закаленные стали твердостью HRC 58...62 (например, стали 20X, 18XГТ, 12ХН3А, ШХ15, ШХ15СГ, ХВГ, 7ХГ2В, 8ХФ, 38ХМЮА, 40ХФ, 30ХН2МА и др.) [2].

При этом к направляющим скользящим металлорежущих станков предъявляются высокие требования по точности, жесткости, износостойкости и шероховатости поверхности. Числовое значение параметра шероховатости поверхности стальных направляющих зависит от массы станка и его класса точности, для станков нормальной точности массой от 1 до 10 т значение шероховатости  $Ra$  не должно превышать 1,25 мкм в соответствии с ГОСТ 7599–82.

Работа направляющих происходит в режимах граничного, жидкостного и смешанного трения с использованием различных смазочных материалов, которые снижают нагрузку на направляющие, увеличивают скорость скольжения и снижают коэффициент трения. Условия работы направляющих скольжения значительно улучшаются при гидродинамическом режиме трения, когда на поверхности постоянно присутствует смазка, для которой предусмотрены смазочные канавки. Пневмовибродинамическая обработка позволяет, упрочняя поверхность, наносить на поверхностный слой сетку мелких лунок, которые

оставляют шары при ударах о заготовку. В этих «микрорезервуарах» задерживается смазка, возобновляясь при каждом поступательном движении двух трущихся поверхностей. Маслосъемность обработанной пневмоударами поверхности увеличивается в сравнении со шлифованными, шабреными, фрезерованными и полированными поверхностями [3].

Одной из проблем при работе направляющих скольжения является их высокая интенсивность изнашивания, связанная не только с условиями трения, но и с загрязнением направляющих частицами абразивных материалов, попадающих из рабочей зоны станка (стружка, окалина, песок и т. д.). При этом известно, что износ направляющих по длине происходит неравномерно, следовательно использование накладных направляющих в данном случае позволяет легко осуществить их замену после выхода из строя, что гораздо проще, чем осуществлять ремонт, например чугунных направляющих. Повышению износостойкости направляющих способствует упрочнение их поверхностного слоя. Исследования в области ремонта чугунных направляющих пневмовибродинамической обработкой показали преимущества данной технологии над процессами шлифования и тонкого фрезерования, при этом износостойкость станин повысилась в 1,5–2 раза, срок службы станка увеличился в 1,6 раза, а трудоемкость технологии ремонта снизилась в сравнении с существующими способами в 2 раза [4].

*Целью работы* является проведение экспериментальных исследований упрочняющей пневмоударной обработки плоских поверхностей стальных заготовок для нахождения в первом приближении режимов процесса и установления зависимостей шероховатости обработанной поверхности от режимов обработки.

***Исследование упрочняющей пневмоударной обработки плоских стальных поверхностей.*** Для проведения экспериментальных исследований использовали уже имеющуюся конструкцию инструмента для пневмовибродинамической обработки плоских поверхностей [5]. Данная конструкция хорошо себя зарекомендовала при обработке заготовок из чугуна и алюминиевых сплавов (рис. 1). Технология обработки сводится к упрочнению поверхности стальной заготовки деформирующими шарами 7 (материал – сталь ШХ15, твердостью HRC 62...65), которые приводятся в движение шарами 6 большего диаметра и массы.

Исследования проводились в условиях лаборатории Белорусско-Российского университета. Оборудование – универсальный фрезерный станок модели JUM-1464, компрессорная станция BK25T-8-500Д. Для измерения параметров шероховатости использовался профилометр SJ-210 Mitutoyo.

Исследования проводились на образцах из стали 8ХФ ГОСТ 5950–2000, которая используется для изготовления накладных направляющих, при этом она является в 2 раза дешевле в сравнении со сталью 12ХНЗА. Размеры образцов заготовок – длина 500 мм, ширина 90 мм, высота 25 мм. Исходная поверхность заготовок предварительно обработана шлифованием с СОЖ ( $Ra_{исх} = 0,180...0,240$  мкм), твердость 250...260 НВ. Параметры шероховатости исходной поверхности стальных заготовок представлены в табл. 1.

Экспериментальные исследования проводились при давлении сжатого воздуха  $P = 0,1$  МПа, подводимого к инструменту от компрессорной станции. Давление было выбрано максимально возможное, которое выдавала компрессорная станция ВК25Т-8-500Д при данном расходе воздуха в инструменте.

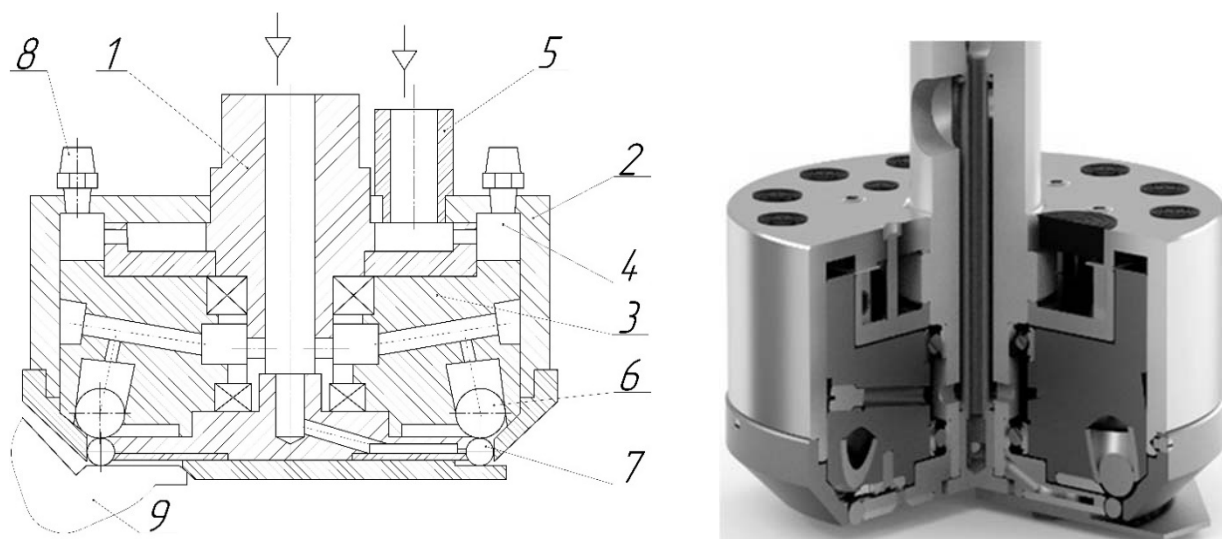


Рис. 1. Инструмент для пневмоударной обработки плоских поверхностей из различных материалов: 1 – полый вал; 2 – корпус; 3 – диск; 4 – лопатки; 5 – штуцер; 6 – приводящие шары; 7 – деформирующие шары; 8 – пневмоглушители; 9 – заготовка

Табл. 1. Параметры шероховатости стальной поверхности после шлифования с СОЖ

Метод получения исходной поверхности	$Ra$ , мкм	$Rpk$ , мкм	$Rk$ , мкм	$Rvk$ , мкм	$Rpk + Rk$ , мкм	$Mr2$ , %	$V_0$ , мм <sup>3</sup> /см <sup>2</sup>
Шлифование	0,197	0,257	0,606	0,323	0,863	88,675	0,0018
	0,236	0,243	0,827	0,313	1,070	91,250	0,0014
	0,198	0,222	0,661	0,245	0,883	91,575	0,0010

Величину зазора между основанием инструмента и плоскостью обрабатываемой поверхности варьировали в диапазоне от 1 до 1,2 мм. Значение подачи стола станка варьировали в диапазоне от 51 до 196 мм/мин. Выставлять значение подачи менее 51 мм/мин нецелесообразно, т. к. обработка пневмоударом становится малопродуктивной, а при подачах больше 196 мм/мин плотность распределения лунок на обрабатываемой поверхности снижается до 50 %...60 %. Значения выставляемых на станке величин подач ограничены стандартным рядом подач на универсальном фрезерном станке JUM-1464.

Получены экспериментальные зависимости шероховатости обработанной стальной поверхности от величины подачи стола станка при величинах зазора между основанием инструмента и плоскостью обрабатываемой поверхности, равных 1,2 (рис. 2) и 1 мм (рис. 3).

Экспериментальные кривые показали, что после упрочняющей пневмоударной обработки стальной шлифованной поверхности, шероховатость возрас-

тает в сравнении с исходной и составляет  $Ra = 0,650 \dots 1,150$  мкм, что не превышает значения шероховатости  $Ra = 1,25$  мкм, и укладывается в норматив. На поверхности заготовки образуется новый микрорельеф за счет пластического деформирования поверхностного слоя металла, появляется сетка лунок с перекрытием исходной поверхности до 100 %. Такая поверхность является более предпочтительной при работе пар трения, т. к. впадины хорошо удерживают смазочный материал, а поверхность меньше изнашивается.

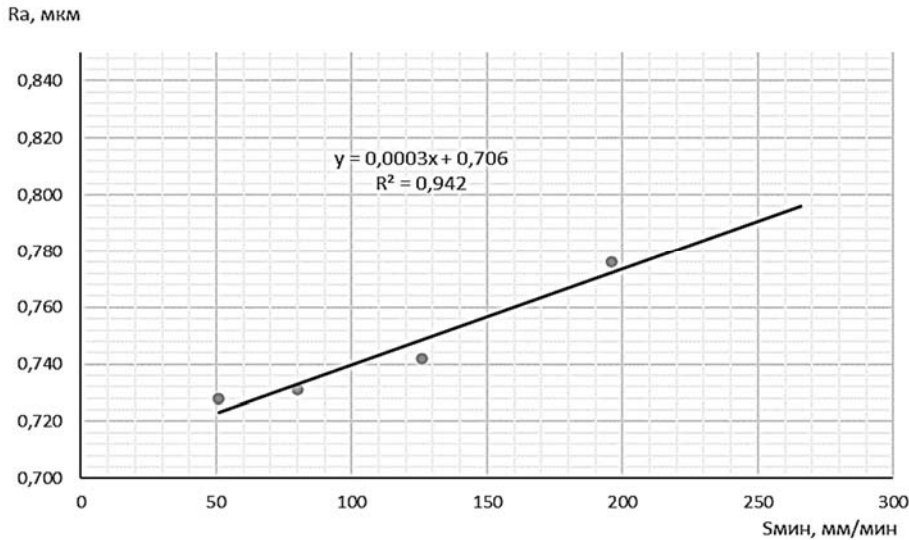


Рис. 2. График зависимости шероховатости, обработанной пневмоударом шлифованной поверхности, от подачи ( $P = 0,1$  МПа,  $h = 1,2$  мм)

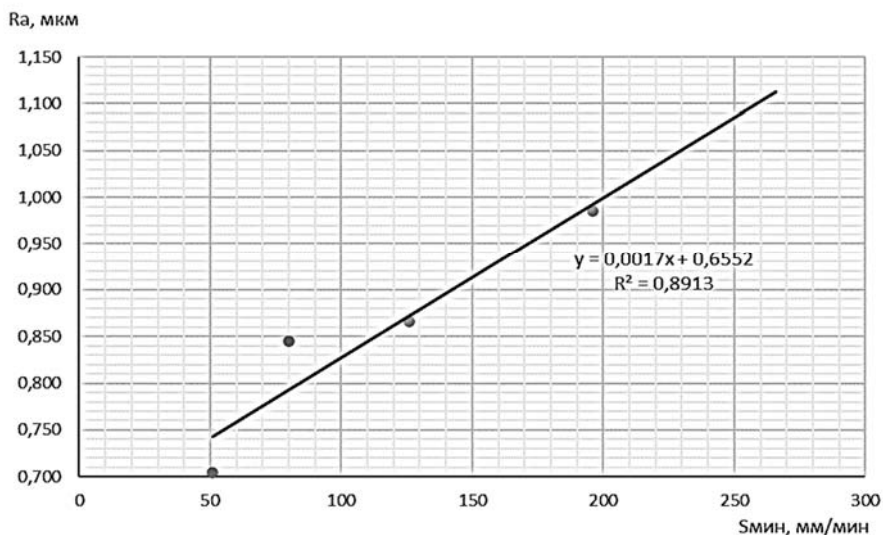


Рис. 3. График зависимости шероховатости, обработанной пневмоударом фрезерованной поверхности, от подачи ( $P = 0,1$  МПа,  $h = 1$  мм)

Экспериментальные зависимости шероховатости обработанной поверхности от подачи стола станка построены с использованием линейной линии

тренда. В этом случае она хорошо сопоставима точкам данных, т. к. величина достоверности аппроксимации  $R^2$  составляет 0,942 и 0,891 для зависимости на рис. 2 и 3 соответственно. Чем ближе величина аппроксимации к единице, тем лучше линия тренда соответствует анализируемым данным.

Экспериментальные исследования показали хорошие результаты при обработке стальных заготовок упрочняющей пневмоударной обработкой, однако необходимо проведение дальнейших работ в этой области, т. к. имеющихся результатов недостаточно для определения оптимальных режимов обработки.

Исследование параметров шероховатости поверхности стальных заготовок после упрочняющей обработки пневмоударом также показали свои преимущества в сравнении со шлифованной поверхностью. Параметры качества поверхности, обработанной пневмоударной обработкой, для последующего их анализа в соответствии со стандартом DIN EN ISO 13565:1998 представлены в табл. 2.

Табл. 2. Параметры шероховатости стальной поверхности после упрочняющей пневмоударной обработки

Зазор $h$ , мм	$P$ , МПа	$S$ , мм/мин	$R_a$ , мкм	$R_{pk}$ , мкм	$R_k$ , мкм	$R_{vk}$ , мкм	$R_{pk} + R_k$ , мкм	$Mr_2$ , %	$V_0$ , мм <sup>3</sup> /см <sup>2</sup>
1,0	0,1	51	0,782	1,562	2,003	0,646	3,565	91,075	0,0028
1,0	0,1	80	1,095	3,015	2,022	0,411	5,037	94,538	0,0011
1,2	0,1	51	0,705	1,011	2,325	0,851	3,336	91,513	0,0036
1,2	0,1	80	0,889	2,051	1,837	0,364	3,888	95,563	0,0008

Сравнительный анализ параметров  $R_{vk}$ ,  $R_{pk}$ ,  $R_k$  показал преимущества стальной поверхности после упрочняющей пневмоударной обработки над шлифованием с точки зрения прирабатываемости и несущей способности. Параметр  $R_{pk}$ , влияющий на уменьшение времени приработки, снижается после пневмоударной обработки, следовательно уменьшается интенсивность износа в этот период. Значение параметра  $R_k$  также уменьшается после упрочнения поверхности, следовательно центральная область микрорельефа обладает большей несущей способностью. Значительно снижается сумма параметров  $R_{pk}$  и  $R_k$ , что говорит об увеличении износостойкости поверхности после упрочняющей пневмоударной обработки.

Параметр  $R_{vk}$  увеличивается, что показывает увеличение маслостойкости  $V_0$  поверхности после упрочняющей пневмоударной обработки.

### **Выводы.**

1. Установлено, что упрочняющая пневмоударная обработка является предпочтительной для обработки стальных накладных направляющих станин станков.

2. Проведены экспериментальные исследования пневмоударной обработки стальных заготовок, получены первые результаты режимов обработки: подача  $S = 51...80$  мм/мин, давление сжатого воздуха  $P = 0,1$  МПа, величина зазора между основанием инструмента и плоскостью обрабатываемой поверхности  $h = 1...1,2$  мм.

3. Полученные экспериментальные зависимости шероховатости обработанной поверхности от подачи показали, что шероховатость возрастает до  $Ra = 0,650 \dots 1,150$  мкм в сравнении с исходной шлифованной поверхностью, но не превышает значения  $Ra = 1,25$  мкм и укладывается в норматив. На поверхности заготовки образуется новый микрорельеф в виде сетки лунок, который хорошо удерживает смазочный материал, и поверхность меньше изнашивается.

4. Установлено, что при упрочняющей пневмоударной обработке с увеличением зазора между плоскостью инструмента и заготовкой параметр шероховатости поверхности  $Ra$  немного возрастает для предварительно шлифованных поверхностей и практически не изменяется для предварительно фрезерованных поверхностей.

5. Сравнительный анализ параметров шероховатости стальной поверхности, полученных после упрочняющей пневмоударной обработки, показал ее преимущества над исходной шлифованной поверхностью по прирабатываемости, несущей способности, износостойкости и маслостойкости.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология финишной упрочняющей пневмовибродинамической обработки нежестких деталей / А. П. Минаков [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – 294 с.
2. Трение, изнашивание и смазка: справочник: в 2 кн. / Под ред. И. В. Крагельского, В. В. Алисина. – Москва: Машиностроение, 1979. – Кн. 2. – 358 с.
3. Анализ способов повышения износостойкости направляющих станин металлорежущих станков / А. П. Минаков [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2016. – № 3 (52). – С. 40–50.
4. Камчицкая, И. Д. Упрочняющая технология восстановления направляющих станин станков на основе лезвийной и пневмовибродинамической обработки: дис. ... канд. техн. наук / И. Д. Камчицкая. – Могилев, 2006. – 129 л.
5. Ильюшина, Е. В. Исследование технологических возможностей упрочняющей обработки пневмоударом плоских поверхностей алюминиевых заготовок / Е. В. Ильюшина, Н. М. Юшкевич // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2022. – № 3 (76). – С. 30–41.

Контакты:

sktb-pvdo@mail.ru (Ильюшина Елена Валерьевна);

ronami.yu@gmail.com (Юшкевич Надежда Михайловна).

***E. V. ILYUSHINA, N. M. YUSHKEVICH***

#### **RESEARCH OF STRENGTHENING PNEUMATIC IMPACT TREATMENT OF FLAT SURFACES**

##### **Abstract**

The paper presents studies of strengthening pneumatic impact treatment of flat steel surfaces, which are used for the manufacture of overhead guides of machine tool stand. Experimental dependences of the roughness of the machined surface on the feed were obtained, and an analysis of the roughness parameters was carried out.

##### **Keywords:**

hardening pneumatic impact treatment, surface roughness, hardening, wear, guides.