

R_a - максимальное измеренное значение шероховатости.

$$\delta R_a = 0,02 * 5 + 0,04 * 1,6 = 0,164 \text{ мкм.}$$

Погрешность эталонной меры шероховатости принимается равной 1/3 основной погрешности профилометра $\delta_s = 0,0547$ мкм, $u_s = \delta_s / \sqrt{3} = 0,0316$ мкм.

Суммарная стандартная неопределенность равна $0,1689$ мкм, расширенная неопределенность $U = 0,3378$ (p_{95}). Значение шероховатости с учетом расширенной неопределенности $R_a = 1,47 \pm 0,3378$ мкм.

Таким образом, приведенные расчеты показывают значительно более высокую надежность результата измерения с расчетом неопределенности измерения в сравнении с традиционным представлением результата с указанием среднего значения величины и погрешности измерительного прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТБ ГОСТ Р 50779.10-2001 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения. 2. Браули К.А. Статистическая теория и методология в науке и технике. -М., 1977. 3. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенностей в измерениях.- Харьков, 2002. 4. Крамер Г. Математические методы статистики. -М., 1948. 5. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин.- Л., 1985.

УДК 621.9

Цыганков Л.Е., Туромша В.И.

РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

РУПП «Станкозавод «Красный борец»

Орша, Беларусь

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В настоящее время совершенствование конструкций плоскошлифовальных станков развивается в следующих направлениях:

- повышение точности, производительности и надежности;
- обеспечение автоматической работы станка по циклу, что исключает влияние человеческого фактора на результаты работы;
- обеспечение простоты обслуживания, эксплуатации и управления станком.

Большинство ведущих мировых производителей плоскошлифовальных станков развивают свою концепцию именно с учетом этих тенденций, что подтвердили проведенные в 2004 году международные выставки:

- «Металлообработка 2004» (Москва, Россия);
- «TATEF 04» (Стамбул, Турция);
- «VIENM – 2004» (Бильбао, Испания);
- «METAV - 2004» (Дюссельдорф, Германия);
- «MSV - 2004» (Брно, Чехия).

Рассмотрим основные направления развития конструкций плоскошлифовальных станков на примере станков с размером зеркала стола 400×800 мм, как наиболее востребованных на рынке.

Ведущие фирмы предлагают три основные компоновки плоскошлифовальных станков:

1. Продольное перемещение (координата X) и поперечное перемещение (координата Z) относительно неподвижной станины совершают соответственно стол и колонна, а вертикальное перемещение (координата Y) относительно колонны совершает шлифовальная головка (рис. 1).

2. Колонна жестко закреплена на станине. Продольное перемещение совершает стол, установленный на крестовом суппорте, который, в свою очередь, совершает поперечное перемещение относительно неподвижной станины. Вертикальное перемещение относительно колонны совершает шлифовальная головка (рис. 2).

3. Продольное перемещение относительно неподвижной станины совершает стол. На станине жестко закреплена колонна. Вертикальное перемещение относительно колонны совершает каретка. По каретке в поперечном направлении перемещается шлифовальная головка (рис. 3).

Компоновку 1 с подвижной колонной используют в своих станках многие фирмы:

- «ELB» (Германия), модель станка «JUWEL 032/400» [1];
- «G + H» (Германия), модель станка «FS 840SC» [2];
- «CHEVALIER» (Тайвань), модель станка «FSG – 1632 FDII»;
- «HELLER» (Тайвань), модель станка «RSA 800»;
- «PROTH» (Тайвань), модель станка «PSGS – 4080AH» [3].

Технические характеристики данных станков приведены в табл. 1.

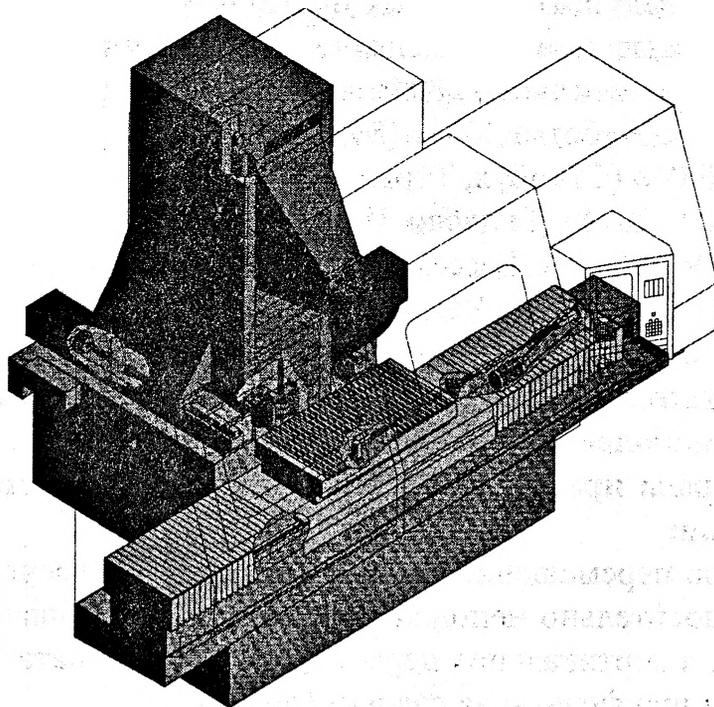


Рис. 1. Компоновка плоскошлифовального станка с подвижной колонной

Основными преимуществами компоновки является то, что стол перемещается непосредственно по станине и на всей длине своего хода, как правило, не выходит за ее пределы. Это обеспечивает минимальное отклонение траектории продольного перемещения стола от прямолинейности. На базе этой компоновки проще создавать станки с большой длиной хода стола.

Обратная ситуация при такой компоновке имеет место для станков с поперечным перемещением колонны. Очень трудно добиться прямолинейности траектории поперечного перемещения, так как опорой колонны служат относительно небольшие по длине направляющие. Удлинение же направляющих приводит к неоправданному увеличению габаритов станка. Кроме того, колонна должна иметь достаточно большую массу для исключения опрокидывания ее силами резания. А при частых поперечных подачах на каждый ход стола происходит «раскачивание» высокой массивной колонны, что сказывается на шероховатости обрабатываемой поверхности. Поэтому такие станки имеют сравнительно небольшое расстояние от зеркала стола до оси шпинделя.

Таблица 1

Основные технические характеристики плоскошлифовальных станков с подвижной колонной

| Наименование параметра | Модель станка | | |
|---|------------------|-------------|-----------------|
| | JUWEL 032/400 | FS 840SC | PSGS- 4080AH |
| Размеры рабочей поверхности стола (ширина × длина), мм | 370×800 | 400×800 | 400×800 |
| Максимальные перемещения по координатам, мм: | | | |
| - продольное (координата X) | 960 | 850 | 900 |
| - поперечное (координата Z) | 400 | 400 | 440 |
| Наибольшее расстояние от зеркала стола до оси шпинделя, мм | 625 | 525 | 600 |
| Минимальная дискретность перемещения по координатам, мм: | | | |
| - продольное (координата X) | 0,05 | - | - |
| - поперечное (координата Z) | 0,001 | 0,005 | 0,02 |
| - вертикальное (координата Y) | 0,001 | 0,005 | 0,005 |
| Максимальная скорость перемещения стола, м/мин | 40 | 28 | 25 |
| Размеры шлифовального круга, мм: | | | |
| - наружный диаметр | 300 | 300 | 355 |
| - внутренний диаметр | 76 | 76 | 125 |
| - высота | 50 | 50 | 38 |
| Мощность привода шпинделя, кВт | 3,7 | 3,7 | 5 |
| Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹ | 1000 - 3500 | 1500 | 1500 |
| Масса станка, кг | 4500 | 3500 | 3400 |

Еще одним недостатком такой компоновочной схемы является относительно большая масса станка. Поэтому многие фирмы, особенно тайваньские, для облегчения станка делают основные базовые детали сварными. Но это значительно снижает стабильность параметров геометрической точности в течение срока службы станка.

Компоновку 2 с крестовым столом используют следующие фирмы:

- «BLOHM» (Германия), модель станка «PRESIMAT 408» [4];
- «Z&B + aba» (Германия), модель станка «STARLINE - E»;
- «Jones & Shipman» (Великобритания), модель станка «844X» [5];
- «Красный борец» (Беларусь), модель станка «ОИШ - 400» [6].

Технические характеристики станков приведены в табл. 2.

Данная компоновка по сравнению с компоновкой 1 имеет преимущество в том, что колонна жестко закреплена относительно станины. Поперечное перемещение совершает крестовый суппорт, который имеет более выгодные условия для размещения направляющих, и соответственно, увеличения их длины.

Эта компоновка обеспечивает наибольшую жесткость, а соответственно, и производительность (из приведенных технических характеристик видно, что мощность привода шпинделя больше, чем у компоновки 1), точность и качество обработанной поверхности. При данной компоновке более высоких результатов можно достичь при меньшей массе и габаритах станка, что очень существенно в нынешних условиях ценовой конкуренции.

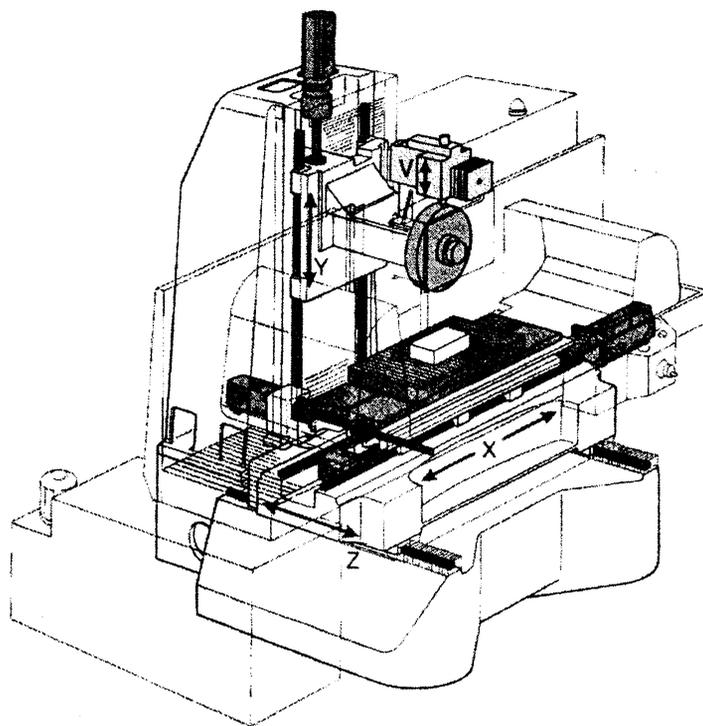


Рис. 2. Компоновка плоскошлифовального станка с крестовым столом

Еще одним преимуществом таких станков является то, что они наиболее легко перестраиваются в профилишлифовальные станки с ЧПУ.

Основным недостатком компоновки 2 является то, что станки имеют ограниченную длину продольного хода, так как направляющие стола всегда выходят за пределы направляющих крестового суппорта.

Основные технические характеристики плоскошлифовальных станков с крестовым столом

| Наименование параметра | Модель станка | | |
|--|---------------|---------|----------|
| | PRESIMAT 408 | 844X | OШ - 400 |
| Размеры рабочей поверхности стола (ширина × длина), мм | 400×800 | 400×800 | 400×800 |
| Максимальные перемещения по координатам, мм: | | | |
| - продольное (координата X) | 900 | 920 | 860 |
| - поперечное (координата Z) | 360 | 360 | 450 |
| Наибольшее расстояние от зеркала стола до оси шпинделя, мм | 575 | 538 | 650 |
| Минимальная дискретность перемещения по координатам, мм: | | | |
| - продольное (координата X) | 0,001 | - | - |
| - поперечное (координата Z) | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| - вертикальное (координата Y) | 0,001 | 0,001 | 0,0005 |
| Максимальная скорость перемещения стола, м/мин | 25 | 25 | 30 |
| Размеры шлифовального круга, мм: | | | |
| - наружный диаметр | 300 | 355 | 400 |
| - внутренний диаметр | 76 | 127 | 127 |
| - высота | 50 | 50 | 80 |
| Мощность привода шпинделя, кВт | 5,9 | 5,5 | 7,5 |
| Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹ | 1500 | 1500 | 1500 |
| Масса станка, кг | 3300 | 3350 | 3200 |

Компоновку 3 со шлифовальной головкой, установленной на подвижной каретке, применяют фирмы:

- «JUNG» (Германия), модель станка «С740» [7];
- «ROSA» (Италия), модель станка «08,6» [8];
- «DANOBAT» (Испания), модель станка «SG – 84» [9].

Технические характеристики станков приведены в табл. 3.

Данная компоновка обладает преимуществами компоновок 1 и 2 в отношении расположения и длины направляющих, но как видно из приведенных технических характеристик, станки имеют очень большую массу. Недостатком компоновки считается также несимметричное расположение колонны. Поэтому для обеспечения точности вертикального перемещения должны быть очень жесткие вертикальные направляющие подвижной каретки.

Таблица 3

Основные технические характеристики станков со шлифовальной головкой, установленной на подвижной каретке

| Наименование параметра | Модель станка | | |
|--|---------------|---------|---------|
| | C740 | 08,6 | SG-84 |
| Размеры рабочей поверхности стола (ширина × длина), мм | 400×800 | 400×800 | 400×800 |
| Максимальные перемещения по координатам, мм: | | | |
| - продольное (координата X) | 880 | 950 | 900 |
| - поперечное (координата Z) | 460 | 550 | 450 |
| Наибольшее расстояние от зеркала стола до оси шпинделя, мм | 650 | 630 | 650 |
| Минимальная дискретность перемещения по координатам, мм: | | | |
| - продольное (координата X) | 0,001 | - | - |
| - поперечное (координата Z) | 0,001 | 0,003 | 0,005 |
| - вертикальное (координата Y) | 0,001 | 0,003 | 0,001 |
| Максимальная скорость перемещения стола, м/мин | 35 | 38 | 35 |
| Размеры шлифовального круга, мм: | | | |
| - наружный диаметр | 400 | 450 | 400 |
| - внутренний диаметр | 127 | 127 | 127 |
| - высота | 100 | 80 | 100 |
| Мощность привода шпинделя, кВт | 15 | 7,4 | 11 |
| Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹ | 1500 - 4300 | 1500 | 1500 |
| Масса станка, кг | 4500 | 5800 | 4700 |

Независимо от компоновки, управление всеми современными плоскошлифовальными станками обеспечивается с помощью системы ЧПУ или программируемого командоконтроллера. Это позволяет задавать ряд стандартных циклов обработки.

На станках «С740» фирмы «JUNG» и «PRESIMAT 408» фирмы «BLOHM» в качестве привода стола применяется шариковинтовая передача, что обеспечивает точное позиционирование по координате X. Однако, при частом реверсировании стола на максимальной скорости большое время по сравнению с гидроприводом занимает процесс «разгон-торможение», что снижает общую производительность станка. К тому же ШВП при работе на больших скоростях с частым реверсированием быстро изнашивается и создает повышенный шум. Эту проблему попытались решить на станке «JUWEL 032/400» фирмы «ELB», использовав в приводе стола ременную передачу. На других

станках в качестве привода стола используется гидропривод, как наиболее надежный.

Ручные перемещения по координатам производятся, как правило, с помощью электронных маховиков.

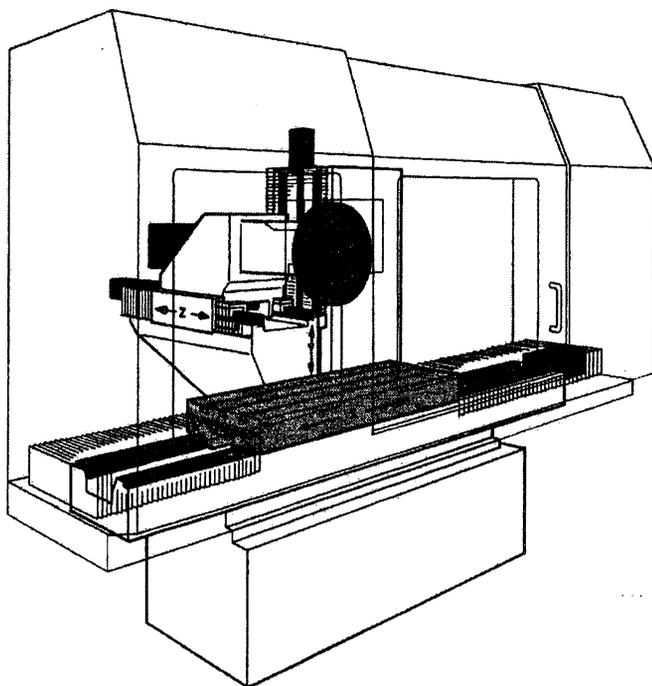


Рис. 3. Плоскошлифовальный станок со шлифовальной головкой, установленной на подвижной каретке

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что для малых и средних типоразмеров плоскошлифовальных станков наиболее предпочтительной является компоновочная схема 2 с крестовым столом. При этом достигается максимальная жесткость станка.

Для плоскошлифовальных станков с длиной продольного хода более 800 мм наиболее предпочтительной является компоновочная схема 1 с подвижной колонной. Для устранения основного ее недостатка (опрокидывание колонны) предлагается приблизить плоскость установки поперечных направляющих к плоскости резания. Такое решение применено на некоторых станках, производимых станкостроительным заводом «Красный борец», г. Орша, Беларусь.

В плоскошлифовальных станках, имеющих скорость стола менее 1 м/мин (станки для глубинного шлифования), и в станках, требующих точного позиционирования по координате X (трехкоординатные профилешлифовальные станки), в приводе стола используется шариковинтовая пе-

редача. В двухкоординатных профилишлифовальных станках (не требующих интерполяции по координате X) и в высокопроизводительных плоскошлифовальных станках в качестве привода стола используется гидропривод.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.elb-america.com>.
2. <http://www.gh-grinding.com>.
3. <http://powermaster.ca/grin51.html#>.
4. <http://www.jonesshipman.com>.
5. <http://www.krasnyborets.com>.
6. http://www.k-jung.com/indexFlash6_jung.htm.
7. <http://www.ROSA.IT>.
8. <http://www.danobat.com>

УДК 621.9.06:621.836

Якимович А.М., Туромша В.И., Гурецкий П.Н., Денисович М.И.

СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Производство конкурентоспособных металлорежущих станков является в настоящее время одной из важнейших задач станкостроительной отрасли промышленности. Для этого необходимо повышение технического уровня станков и снижение затрат при их производстве и эксплуатации. В этой связи актуальной является задача совершенствования систем линейных перемещений (СЛП) станков.

Современные СЛП должны обеспечивать:

высокую скорость линейных перемещений – до 2...10 м/с;

снижение затрат, связанных с проектированием, изготовлением, сборкой, отладкой и эксплуатацией оборудования;

надежность в процессе эксплуатации;

высокую точность перемещения узлов станка.

Большинство производителей станков решают эти проблемы путем замены в СЛП пар скольжения на пары качения. Ведущие фирмы: «Bosch Rexroth», «SKF», «HIWIN», «ТНК», «Micron», «INA» и др. предлагают станкостроителям высокоточные и высокоскоростные системы на базе направляющих качения, линейных модулей, шариковых и роликовых винтовых пар и др.