

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ЖЕЛОБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

В. А. БЕЙНАРОВИЧ, А. И. ЗАЙЦЕВ

(Представлено научным семинаром электромеханического факультета)

Семилетним планом развития народного хозяйства СССР предусмотрено значительное развитие машиностроения—основы производства средств производства. В современном машиностроении все больше возрастает удельный вес операций шлифования, что характеризует рост производственной культуры. Так, в подшипниковой промышленности шлифовальные станки составляют около 60% всего оборудования. С расширением применения точного литья,ковки, чеканки и других прогрессивных методов изготовления деталей шлифование займет еще большее место в металлообработке.

Вместе с тем существующие шлифовальные станки не удовлетворяют современным требованиям как по производительности, так и по уровню автоматизации. Большинство станков имеет только ручное управление, часть станков работает полуавтоматами и лишь на отдельных предприятиях имеются шлифовальные станки-автоматы.

Наряду с конструированием и созданием новых совершенных образцов шлифовальных станков важной задачей является модернизация и автоматизация существующих образцов станков, направленные на увеличение производительности, улучшение качества обработки и полную автоматизацию процессов.

Для подшипниковой промышленности большое значение имеет автоматизация сферошлифовальных станков, обрабатывающих желоба колец шариковых подшипников. В этих станках совершается несколько движений, часть которых протекает в строго определенной последовательности, а другая часть движений осуществляется одновременно. В настоящее время эти станки работают по полуавтоматическому циклу с активным контролем размера при помощи контактного датчика. Все операции, кроме установки и снятия обрабатываемого кольца, подвода и отвода измерительной головки и пуска станка, автоматизированы. При этом одна станочница обычно обслуживает 2—3 станка. Однако имеются возможности дальнейшего увеличения производительности и улучшения качества обработки (особенно по чистоте шлифования и размерному разбросу). Для реализации этих возможностей автоматизацию сферошлифовальных станков следует вести по двум направлениям.

1. Перевод станков на автоматическую работу без участия человека (за исключением операций наладки). В этом направлении нужно оборудовать станки системой с простым и надежным автооператором,

работающим совместно с транспортирующими устройствами, что позволит включить желобошлифовальные станки в поточные линии. Существующие в настоящее время образцы гидравлических автооператоров, разработанные на разных заводах подшипниковой промышленности, довольно громоздки, сложны и ненадежны в работе.

2. Модернизация и автоматизация электроприводов желобошлифовальных станков. В этом направлении необходимо на всех станках использовать средства активного контроля, воздействующие на работу электроприводов станка и обеспечивающие оптимальное протекание технологических процессов. Технологическими расчетами и экспериментами, проведенными на 4ГПЗ и 1ГПЗ, показано, что на существующих моделях желобошлифовальных станков машинное время можно уменьшить следующими путями [1, 2, 3]:

а) Шлифование на предельно-допустимой постоянной линейной скорости, независимой от износа шлифовального круга. В этом случае используется регулируемый электропривод шлифовального круга, скорость которого увеличивается по мере размерного износа круга. Мощность этого электропривода составляет  $2,5 \div 3$  квт, что требует применения довольно мощного регулирующего устройства.

б) Увеличение линейной скорости шлифовального круга с  $35$  до  $50 \div 60$  м/сек. Этот путь позволяет уменьшить машинное время, увеличить стойкость шлифовального круга и улучшить чистоту обработки. Однако существующие шпиндели желобошлифовальных станков ЛЗ-5 не выдерживают таких высоких скоростей, поэтому требуется разработка новой конструкции быстроходного шпинделя. Кроме того, обработка при скорости  $50-60$  м/сек возможна только специальными шлифованными кругами, которые изготавливаются пока в недостаточном количестве.

в) Регулирование скорости поперечной подачи желобошлифовальных станков по особому закону с форсированием режимов резания в начале обработки (с целью сокращения машинного времени) и снижением скорости подачи при окончании обработки для получения заданных качественных показателей обработки. В процессе обработки скорость подачи не должна превышать пограничную скорость ( $V_n$ ), при которой ожог проникает на глубину снимаемого припуска.

Регулирование скорости подачи позволяет существенно сократить машинное время (на  $20 \div 40\%$ ) при использовании регулируемого электропривода мощностью всего  $100-200$  ватт [2].

Особенность использования систем с регулированием скорости поперечной подачи состоит в том, что скорость электропривода (скорость моторной подачи  $V_m$ ) следует регулировать в зависимости от действительной скорости съема припуска (действительной скорости подачи  $V_d$ ), отличающейся от моторной на скорость износа круга  $V_k$  и величину упругих деформаций  $V_{уд}$

$$V_m = V_d + V_k + V_{уд};$$

для перемещений

$$S_m = S_d + S_k + S_{уд}.$$

Эта особенность вытекает из того, что качественные показатели шлифования, при примерно постоянной режущей способности шлифовального круга, определяются скоростью действительной подачи, а не скоростью электропривода. Поэтому в системах требуется контролировать либо скорость съема припуска, либо мощность шлифования, также косвенно отражающую качественные показатели обработки.

Практически наиболее удобно контролировать скорость действительной подачи, тем более, что обработка на желобошлифовальных станках производится сейчас только самозатачивающимися шлифовальными кругами.

По пути создания регулируемого электропривода поперечных подач были выполнены системы автоматизации желобошлифовальных станков на 4 ГПЗ и 1 ГПЗ. Система 4 ГПЗ [2] непрерывного действия реверсивная; регулирование осуществляется в функции действительной скорости съема припуска. Закон регулирования задается в функции припуска. В системе использованы: двигатель постоянного тока независимого возбуждения; электромашинный, магнитный и полупроводниковые усилители; индукционный датчик размера, используемый как элемент активного контроля. Система очень сложна в настройке, так как имеет большой коэффициент усиления для получения высокой точности и несколько обратных связей для обеспечения устойчивости. Кроме сложности настройки, система имеет высокую стоимость.

Система 1 ГПЗ [3] релейного действия; регулирование скорости подачи импульсное и осуществляется в функции мощности шлифования. Закон регулирования задается в функции припуска. В системе используются: двигатель постоянного тока с независимым возбуждением; селеновый выпрямитель; ряд промежуточных реле, изменяющих напряжение на якоре двигателя; релейный измерительный элемент мощности шлифования; полупроводниковый усилитель; контактный датчик размера как элемент активного контроля. Система гораздо проще и дешевле предыдущей, однако имеет малую надежность из-за большого числа контактов (в день совершается около 104000 контактоиспользований). Кроме того, для измерения мощности шлифования необходимо учитывать мощность потерь, которая изменяется в процессе работы (особенно сильно возрастают потери в шпинделе шлифовального круга по мере его износа). Это связано с дополнительным усложнением системы путем введения запоминающего устройства для учета мощности холостого хода электропривода шлифовального круга.

На кафедре ЭПП Томского политехнического института для 5 ГПЗ разработана система автоматизации желобошлифовального станка модели ЛЗ-5 М с использованием регулируемого электропривода поперечной подачи. Регулирование осуществляется в функции припуска с поднастройкой по скорости действительной подачи. Закон регулирования скорости действительной подачи также задается в функции припуска. В системе применена новая схема импульсного регулирования с использованием тиратронов, разработанная авторами.

В конструкции станка ЛЗ-5 М произведены следующие изменения.

1. Кулачковый редуктор механизма подач переделан на обычный с передаточным числом 840/2450. Один электромагнит использован для переключения передаточного числа с 840 (используется при быстром подводе и отводе) до 2450 (используется при шлифовании). Второй электромагнит исключен.

2. На коробке подач вместо асинхронного двигателя установлен двигатель постоянного тока независимого возбуждения типа МИ-12Ф.

3. Контактный датчик размера заменен индукционным датчиком с чувствительностью 100 *в/мм*.

4. Из схемы управления станком исключены блок реле времени, блок усилителя контактного датчика, несколько промежуточных реле.

В остальном все узлы станка остались без изменений. Электрическая схема управления изменена незначительно, в схеме использованы аппараты, уже имевшиеся в станке, поэтому монтажные схемы почти полностью сохраняются. Это облегчит переоборудование станков.

Основным и новым узлом в системе автоматизации станка является блок управления скоростью двигателя подачи, работающий совместно с индукционным датчиком активного контроля размера. Блок выполнен в настоящее время в виде отдельной приставки. Принципиальная схема блок-приставки изображена на рис. 1. Напряжение с трансформаторного индукционного датчика ИД, включенного по дифференциальной схеме, поступает на вход блок-приставки. Блок-приставка имеет канал программирования на электронной лампе  $\Lambda_1$  и канал поднастройки на  $\Lambda_2$  и  $\Lambda_3$ . Эти два канала управляют тиратроном  $T$ , регулируя поступление энергии в якорь электродвигателя  $D$

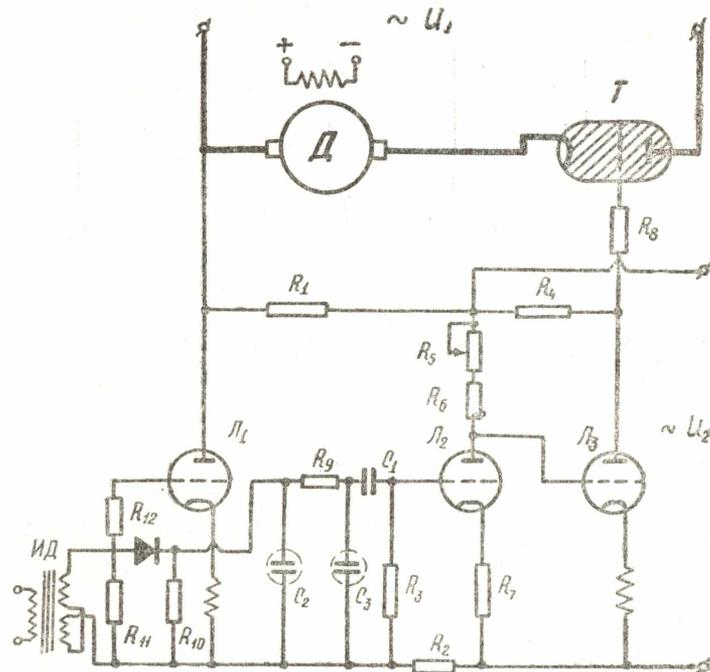


Рис. 1.

в виде импульсов. Тиратрон работает в однополупериодной схеме выпрямления с жесткой обратной отрицательной связью по напряжению на якоре двигателя. Это обеспечивает возможность получения низких устойчивых скоростей и улучшает динамические свойства системы. Управление тиратроном происходит по принципу ключа: „открыт—закрыт“. Если скорость подачи мала,—тиратрон „открыт“, ток проходит через якорь двигателя и скорость двигателя растет. Если скорость подачи велика,—тиратрон „запирается“ и скорость двигателя падает. Этот процесс повторяется с большой частотой, так что скорость подачи остается примерно на заданном уровне.

Основываясь на технологических исследованиях 4 ГПЗ [2] и опыте эксплуатации станков ЛЗ-5, нами выбран закон регулирования скорости действительной подачи в функции припуска, изображенный на рис. 2.

Максимальная постоянная скорость съема припуска выбрана из экономических соображений. Изменение скорости на последней трети снимаемого припуска выбрано так, чтобы в любой точке скорости подачи была ниже пограничной  $V_n$  в  $1,25 \div 1,5$  раза из условий отсутствия ожога. Обработка заканчивается при скорости  $V_0 \leq 0,1 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$

из условия устойчивого получения 8 класса чистоты обработки. Выхаживание (шлифование без подачи) отсутствует, что обеспечивает очень малый размерный разброс отшлифованных деталей.

Для реализации принятого закона регулирования скорости подачи система имеет два канала.

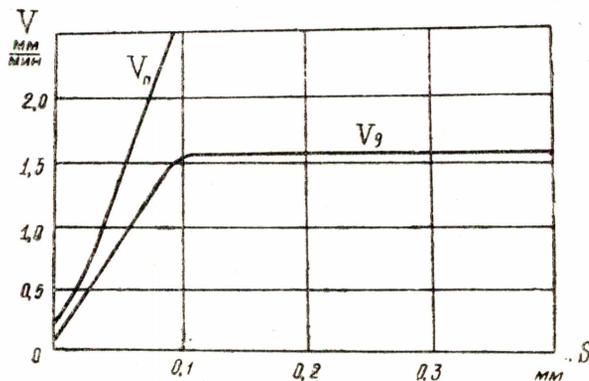


Рис. 2.

Канал программирования (лампа 1) преобразует напряжение индукционного датчика, прямо пропорциональное снимаемому припуску

$$U_{ug} = \kappa S_g$$

в задающее напряжение, изменяющееся по трапецеидальному закону в функции припуска. Подбором параметров форма задающего напряжения приближается к принятому закону регулирования скорости подачи.

Задающее напряжение выделяется на сопротивлении  $R_1$  анодной нагрузки  $L_1$  и на сопротивлении  $R_2$  канала поднастройки.

Задающее напряжение с сопротивления  $R_1$  поступает в сеточную цепь тиратрона в фазе с анодным напряжением тиратрона. В результате скорость двигателя регулируется примерно по заданному закону. Погрешность здесь возникает из того, что обратная связь осуществляется по напряжению на якоре двигателя, а не по скорости двигателя. Добиваться увеличения точности регулирования скорости двигателя нецелесообразно, так как выше уже говорилось, что нужно контролировать скорость действительной подачи.

Таким образом, программирующий канал служит для получения задающих напряжений, изменяющихся по принятому закону регулирования скорости действительной подачи в функции припуска и для грубого регулирования скорости моторной подачи в функции припуска.

Для более точного регулирования служит канал поднастройки на  $L_2$  и  $L_3$ . На вход этого канала подаются в противофазе задающее напряжение  $U_{R2}$  и напряжение, пропорциональное скорости действительной подачи  $U_{Vg}$ , выделяющееся на сопротивлении  $R_3$  после выпрямления, сглаживания и дифференцирования напряжения  $U_{ug}$ .

$$U_{Vg} = \frac{T \frac{dU_{ug}}{dt}}{1 + T \frac{dU_{Vg}}{dt}} \approx T \frac{dU_{ug}}{dt} = \kappa_1 T \frac{dS_g}{dt} = \kappa_2 V_g.$$

В результате на сетке  $L_2$  действует напряжение ошибки

$$\Delta U = U_{R2} - U_{Vg}.$$

Это напряжение усиливается двухкаскадным усилителем на  $L_2$  и  $L_3$  и выделяется на сопротивлении  $R_4$  анодной нагрузки  $L_3$ , поступающая в сеточную цепь тиратрона.

Таким образом, в сеточной цепи тиратрона появляется сигнал поднастройки, который будет воздействовать на скорость электродвигателя подачи, приводя ошибку между заданной и действительной скоростью подачи к нулю.

В схеме имеется переменное сопротивление  $R_5$ —„настройка нуля“. Регулировкой этого сопротивления производится балансировка токов „покоя“ электронных ламп  $L_1$  и  $L_3$ . При выбранной схеме сигнал поднастройки может действовать в направлениях как увеличения, так и уменьшения скорости моторной подачи.

Для фиксации окончания обработки при получении заданного размера применена схема нуль-индикатора, реагирующего на изменение фазы напряжения, снимаемого с индукционного датчика. Схема нуль-индикатора обеспечивает необходимую точность, содержит усилитель на полупроводниковом триоде П2Б и реле РП-5, воздействующее прямо на схему управления станком. Кроме того, сама система электропривода подачи фазочувствительна. В случае перехода через заданный размер, вследствие каких-либо неисправностей, электропривод подачи автоматически прекращает работу.

Питание всего блока-приставки осуществляется от сети переменного тока частотой 50 гц. При этом сами электронные лампы производят выпрямление тока.

Разработанная система управления электродвигателем механизма подачи имеет хорошие энергетические и регулировочные показатели, очень проста, надежна и дешева. Это удалось достичь благодаря применению новой схемы импульсного регулирования с использованием тиратрона.