

**УДК 621. 914**

## **ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ПРИВОДОВ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТАНКОВ С РАСШИРЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

Москвин Игорь Олегович

*Студент 5 курса*

*кафедра «Резание материалов, металлорежущие станки и инструменты  
имени С. С. Силина»*

*Рыбинский государственный авиационный технический университет име-  
ни П. А. Соловьева*

*Научный руководитель: В. В. Михрютин,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Резание материалов, ме-  
таллорежущие станки и инструменты имени С. С. Силина»*

Современное машиностроение характеризуется увеличением доли высокоскоростной обработки в общем объеме механических операций. Это обусловлено, с одной стороны, совершенствованием методов получения заготовок и уменьшением припусков под обработку, с другой стороны, ростом требований к производительности обработки и качеству поверхностного слоя обрабатываемых деталей. В то же время, в ряде случаев требуется изготавливать детали из заготовок с большим припуском. Вместе с этим в машиностроении применяются различные материалы, обработка которых должна производиться на различных скоростях резания. Например, для обработки алюминиевых сплавов требуются скорости резания, намного превышающие скорости резания жаропрочных сплавов.

Важным направлением повышения производительности и качества обработки является применение обрабатывающих центров, позволяющих сконцентрировать операции резания на одном станке, и, следовательно, исключить потери времени, связанные с транспортировкой заготовки со станка на станок, и повысить точность обработки за счет предотвращения смены баз заготовки. При этом черновая и чистовая обработка должны выполняться также на одном станке.

Однако поскольку для черновой обработки с большими припусками требуется обеспечить работу в низкоскоростном диапазоне с большой величиной крутящего момента, а для чистовой обработки – в высокоскоростном диапазоне со значительно меньшим крутящим моментом, шпиндельные узлы станков должны обеспечивать работу в широком диапазоне регулирования. Уменьшение этого диапазона означает сужение технологических возможностей станка.

Широкий диапазон регулирования обеспечивает использование коробок скоростей, однако этот способ имеет значительное число недостат-

ков, что привело к отказу от него в современных станках наиболее распространенных конструкций.

Существенное расширение диапазона регулирования частоты вращения шпинделя достигается при использовании синхронных и асинхронных электродвигателей с частотным регулированием. Их использование в приводе станков позволило во многих случаях использовать системы «прямого привода», то есть полностью отказаться от использования дополнительных механических передач.

Системы прямого привода главного движения создаются на основе асинхронных или синхронных электродвигателей встраиваемых в шпиндельные узлы [1]. Для примера рассмотрим синхронные электродвигатели компании Siemens AG серии 1FE1. Данные электродвигатели имеют несколько исполнений, различающихся числом полюсов. Четырехполюсные электродвигатели серии High speed отличаются высокой предельной частотой вращения. При этом они имеют более низкие значения развиваемого крутящего момента по сравнению с шести- и восьмиполюсными электродвигателями серии High Torque. Это обстоятельство определяет конструкцию шпиндельного узла, который может быть либо высокоскоростным, либо низкоскоростным. Соответственно станок, в котором может быть использован высокоскоростной или низкоскоростной шпиндельный узел может быть использован в определенной области режимов обработки, что сужает его технологические возможности.

Для устранения этого недостатка ряд станкостроителей, использующих принцип модульного построения конструкции, предлагает оснащение станка сменными шпиндельными узлами, время смены которых минимизировано. Например, для станка Mori Seiki NH 5000 время смены шпиндельного узла снижено до 90 мин. Однако при обработке заготовки с большим припуском смена шпинделя весьма затруднительна.

Как показывает обзор конструкций современных станков, в ряде случаев станкостроители создают целую гамму модификаций станков, предназначенных для работы в различных условиях. Так, например, модификации токарных обрабатывающих центров Mori Seiki имеют конструкции, оснащенные как прямым приводом на базе встроенного синхронного двигателя, так и использующие коробки скоростей.

Таким образом, расширение технологических возможностей станка за счет увеличения диапазона регулирования частоты вращения шпинделя и обеспечения высоких значений крутящего момента в нижнем диапазоне частот вращения для современных станков, оснащенных приводом на основе синхронных двигателей, в настоящее время представляет собой актуальную задачу.

Проведенный информационный поиск позволил выявить ряд технических решений, позволяющих решить данную задачу. При этом ключе-

вым признаком является использование системы прямого привода в области скоростной обработки.

Существующие технические решения можно разделить на две группы.

К первой группе относятся решения, использующие переключаемые механические передачи для получения высоких значений крутящего момента в области низкоскоростной обработки. Такой принцип используется в конструкции шпиндельного узла [2], показанной на рис. 1.

Шпиндель 1 установлен в подшипниках 2 и 3. На шпинделе 1 в подшипниках 4 расположен ротор 5, приводимый в движение вращающимся магнитным полем, создаваемым статором 6. Ротор 5 жестко соединен с шестерней 7 и кулачковой полумуфтой 8. На шпинделе 1 подвижно в его осевом направлении установлена кулачковая полумуфта 9, соединенная со втулкой 10. Повороту втулки 10 относительно шпинделя 1 препятствует шпонка 11.

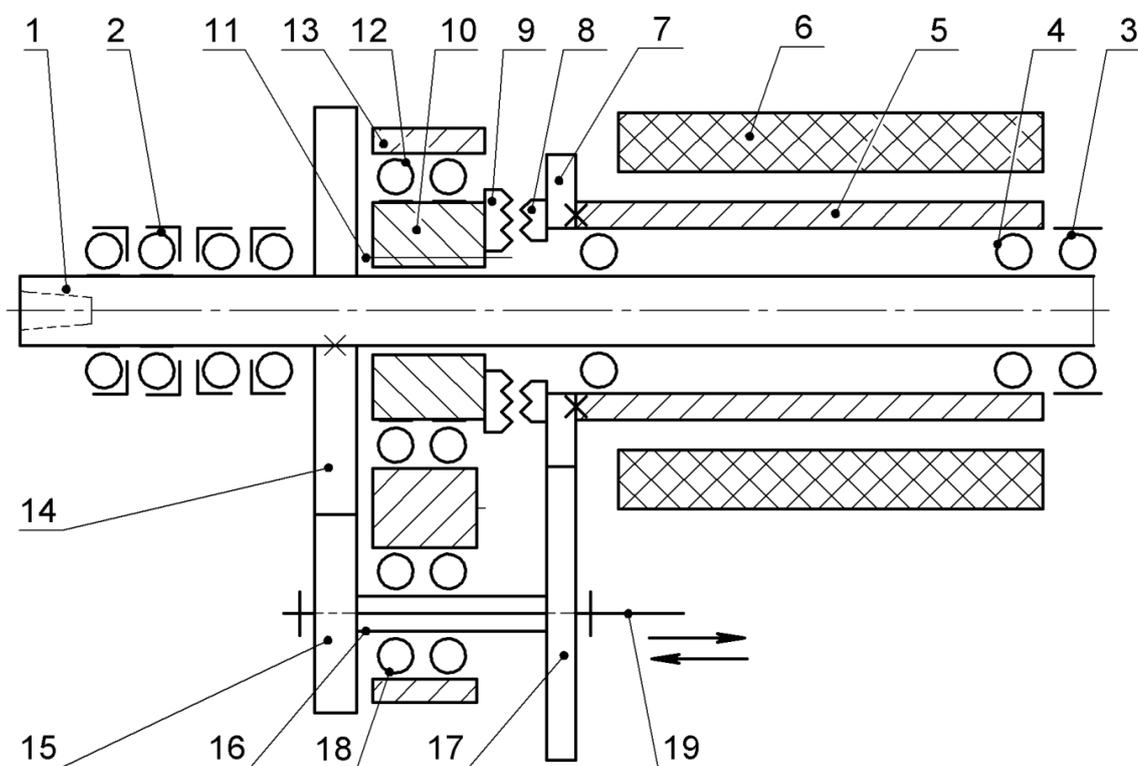


Рис. 1. Шпиндельный узел с переключаемыми передачами [1]

На втулке 10 расположено внутреннее кольцо подшипника 12. Наружное кольцо подшипника 12 установлено в подвижном корпусе 13.

На шпинделе 1 также закреплено зубчатое колесо 14. Зубчатое колесо 14 находится в зацеплении с шестерней 15, жестко соединенной втулкой 16 с зубчатым колесом 17. Втулка 16 установлена в подшипнике 18, наружное кольцо которого закреплено в подвижном корпусе 13. Втулка 16 установлена с возможностью вращения относительно толкателя 19.

При включении переменного напряжения на обмотках статора электродвигателя 6, ротор 5 приводится во вращение. При этом шестерня 7 передает вращение на зубчатое колесо 17, которое вращает втулку 16 с жестко закрепленной на ней шестерней 15. Шестерня 15 передает вращение на зубчатое колесо 14, жестко связанное со шпинделем 1.

Разность чисел зубьев шестерен 7, 15 и зубчатых колес 17, 14 приводит к понижению частоты вращения и увеличению крутящего момента на шпинделе 1. При перемещении толкателя 19 вправо происходит вывод из зацепления шестерен 16, 17 и включение кулачковых полу муфт 8, 9. При этом вращение, создаваемое ротором электродвигателя 5, будет передаваться напрямую на шпиндель 1.

Недостатками данного технического решения является необходимость использования ротора электродвигателя, имеющего большой диаметр, соответственно, ограничение диаметра шпинделя, значительные габариты конструкции и использование механических передач. Следует отметить, что в настоящее время данное направление совершенствования конструкций шпиндельных узлов практически не развивается.

Вторая группа технических решений использует дополнительный электродвигатель для повышения создаваемого крутящего момента. Пример такой конструкции (рис. 2) предложен в [3].

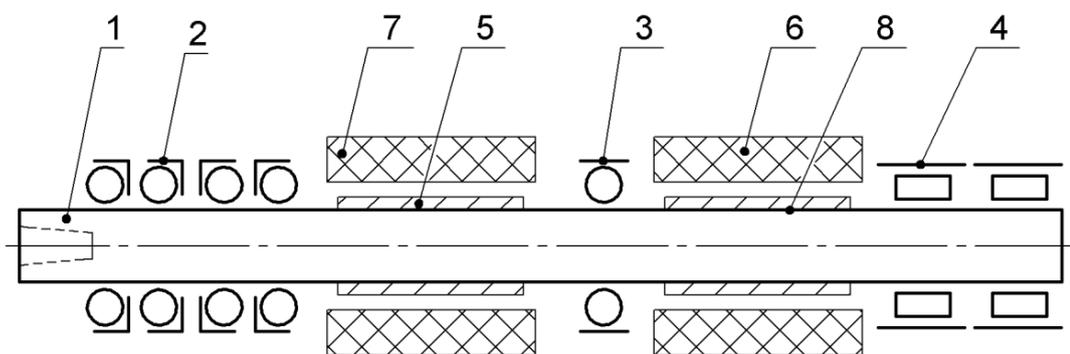


Рис. 2. Шпиндельный узел с дополнительным электродвигателем [2]

Шпиндель 1 установлен в подшипниках 2, 3 и 4. На шпинделе закреплены роторы электродвигателей 5 и 6, приводимые во вращение электромагнитными полями, создаваемыми статорами 7 и 8.

Недостатком данного устройства является значительное увеличение длины шпинделя и габаритов шпиндельного узла.

Уменьшение длины шпинделя достигается в конструкциях, с подключаемым дополнительным приводом. Пример такого решения описан в [4]. В данном техническом решении дополнительный электродвигатель для повышения крутящего момента подключается через кулачковую муфту с гидравлическим управлением.

Пример кинематической схемы данной конструкции показан на рис. 3. Шпиндель 1 установлен в подшипниках 2 и 3. На шпинделе 1 установлен ротор электродвигателя 4, приводимый во вращение вращающимся магнитным полем, создаваемым статором 5. На торце шпинделя 1 жестко закреплена кулачковая полумуфта 6. Дополнительный электродвигатель состоит из статора 7 и ротора 8, установленного в подшипниках 9 корпуса 10. Ротор 8 через детали со шлицевым соединением 11 передает вращение на подвижную в осевом направлении втулку 12, жестко связанную с кулачковой полумуфтой 13. Перемещение втулки 12 для включения полумуфт 6 и 13 осуществляется полым штоком гидроцилиндра 14. Для кинематической развязки втулки 12 и штока гидроцилиндра 14 служат подшипники 15.

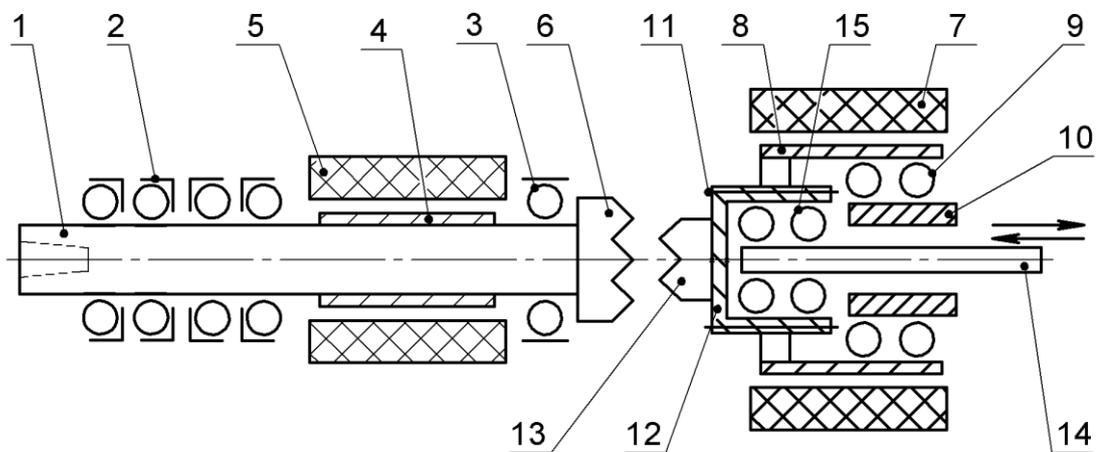


Рис. 3. Шпиндельный узел с подключаемым дополнительным приводом

Общими недостатками встраиваемых электродвигателей является высокая стоимость и необходимость принудительного охлаждения, что требует применения охлаждающих систем, усложняющих конструкцию и увеличивающих габариты станка. При использовании дополнительных встраиваемых электродвигателей увеличиваются габариты шпиндельных узлов.

Проведенный обзор конструкций шпиндельных узлов показал, что в настоящее время актуальным является вопрос расширения диапазона регулирования шпиндельных узлов и повышения крутящего момента в нижнем диапазоне частоты вращения шпинделя. При этом существует два направления их совершенствования в данной области. Первое связано с использованием повышения крутящего момента за счет использования дополнительных механических передач. Второе, наиболее интенсивно развиваемое в настоящее время, основано на использовании дополнительных электродвигателей, встраиваемых в шпиндельный узел. При этом в известных устройствах имеется ряд недостатков, сдерживающих их серийное применение.

ние. Данное обстоятельство указывает на актуальность проведения работ в области совершенствования шпиндельных узлов за счет расширения диапазона регулирования и повышения крутящего момента в нижней области частот вращения.

#### Библиографический список

1. Михрютин В. В., Шерстобитов М. А. Программные средства проектирования автоматизированных станков [Текст] // Оборудование и инструмент для профессионалов № 5, 2009. – С. 18 – 20.

2. Пат. 63131338, Япония, приоритет 26.08. 1988.

2. Пат. 4275803, Япония, приоритет 01.10. 1992.

3. Spindle device for machine tool: пат. EP 2062681, Европатент. Заявл. 05.11.2008, опубл. 27.06.2009, приоритет 27.11.2007.