

## Станки, современные технологии и инструмент для металлообработки

Рекомендуем просматривать сайт в IE. Для пользователей, у которых браузер не поддерживает активные элементы нашего меню, мы предлагаем расширенную карту сайта на главной странице

Металлообработка без применения смазочно-охлаждающей жидкости (Оригинал статьи с рисунками и таблицами по запросу, стоимость см. в разделе услуги)

Ю. Шмидт, Т. Конольд, М. Дик

Werkstatt und Betrieb. 2001. Nr. 9, с. 38, 40, 42, 47 - 49

Преимущества обработки металлов без применения смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) или сухая обработка звучат подкупающе: экономия производственных затрат на СОЖ и ее очистку, повышение производительности. Однако недостаточно просто закрыть кран подачи СОЖ. Для осуществления сухой обработки станок должен быть функционально доработан.

При обычном резании СОЖ выполняет следующие основные функции: охлаждение, смазку, отвод стружки и удаление загрязнений. При исключении использования СОЖ эти функции должны компенсироваться станком и инструментом.

### Компенсация смазки

Смазочное действие СОЖ распространяется по двум направлениям. С одной стороны, осуществляется смазка поверхности трения между деталью и инструментом, а с другой – смазка подвижных элементов и уплотнений в рабочей зоне. Рабочая зона станка, расположенные здесь подвижные элементы и удаление стружки должны быть рассчитаны на работу с сухой стружкой. Однако при резании не во всех случаях возможен отказ от смазки, например, при сверлении по целому алюминиевым сплавам. При этом виде обработки необходима подача смазки в минимальных дозируемых количествах в виде масляного тумана, который подается под давлением на режущие кромки и в стружечные канавки сверла. Такая смазка эффективно уменьшает тепловыделение при резании и налипание материала на инструмент, что ведет к снижению его работоспособности. При дозированной подаче ее смазки расход составляет 5..100 мл/мин, поэтому стружка слабо смочена маслом и может удаляться, как сухая. Содержание масла в стружке, направляемой на переплавку, при правильной настройке системы не превышает допустимого значения – 0,3%.

Дозированная подача смазки вызывает увеличение загрязнений детали, приспособления и станка в целом и может привести к снижению надежности процесса обработки. Для улучшения смазки режущих кромок сверла станки, используемые для сухой обработки, должны быть оснащены системой внутреннего подвода масляного тумана через отверстие в шпинделе. Далее аэрозоль подается через канал в патроне и инструменте непосредственно к его режущим кромкам. Главным требованием к системам дозированной подачи СОЖ является быстрая и точно регулируемая подготовка масляного тумана. От этого зависит не только защита инструмента, но и чистота в рабочей зоне.

### Компенсация охлаждения

Отказ от охлаждающего влияния СОЖ также должен компенсироваться конструктивными изменениями в станке.

В процессе резания механическая работа почти полностью превращается в тепло. В зависимости от параметров резания и используемого инструмента 75...95% тепловой энергии остается в стружке, снимаемой с детали. При сухой обработке она выполняет функцию отвода

образующегося тепла из рабочей зоны. Поэтому важно минимизировать влияние этого транспорта тепла на точность обработки. Неравномерное температурное поле в рабочей зоне станка и точечная передача тепловой энергии на деталь, приспособление и станок в целом оказывают влияние на точность.

Следует исключать возможность накапливания стружки на приспособлении и деталях станка. Отсюда понятно, что обработка сверху является неблагоприятным вариантом. Чтобы по возможности ограничить вредное влияние тепловой энергии, станок должен проектироваться таким образом, чтобы тепловые деформации отдельных узлов и деталей станка не влияли на положение инструмента относительно детали.

### Компенсация смывающего действия СОЖ

Поскольку СОЖ не используется, то при обработке таких материалов, как чугуны или легкие металлы, образуется пыль и мельчайшая стружка, которые уже не связываются жидкостью. Уплотнения и защитные устройства необходимо дополнительно защищать от абразивного воздействия.

Так как направление траектории разлета стружки не однозначно, то следует использовать действие силы тяжести. Для этого необходимо обеспечить беспрепятственное падение стружки на отводящий транспортер, располагаемый в нижней части рабочего пространства. Любая горизонтальная плоскость становится накопителем стружки и может оказать влияние на надежность обработки.

Другим средством удаления стружки являются системы вакуумного отсоса. Главным требованием здесь будет размещение отсасывающего сопла как можно ближе к рабочей зоне, чтобы повысить надежность улавливания стружки. Можно рекомендовать системы, в которых сопло крепится на шпинделе или инструменте, а также

в которых сопло устанавливается с программируемым поворотом в следящем режиме. В отдельных случаях, например, при фрезеровании плоскостей торцевой фрезой, отсасывающий эффект можно усилить за счет использования колоколообразного ограждения фрезы. Без него для улавливания разлетающейся с большой скоростью стружки потребуются мощный воздушный поток.

Отсасывающая система должна, в первую очередь, удалять пыль и излишки масляного тумана, а удаление крупной стружки – задача стружечного транспортера. Отсос мельчайших частиц очень важен, поскольку, смешиваясь с аэрозолем, они образуют прочный грязевой слой. Воздух из системы отсоса возвращается в окружающую среду и должен быть тщательно очищен от продуктов отсоса.

### Аспекты безопасности при сухой обработке

При сухой обработке необходимо учитывать возможность взрыва пыли в рабочем пространстве. Поэтому пылеотсасывающее сопло должно быть размещено так, чтобы исключить появления зон с критической концентрацией пыли.

Опасность воспламенения масляной аэрозоли, как показали исследования, проведенные в Институте станкостроения и технологического оборудования Карлсруэского университета, крайне маловероятна. При работе отсасывающих систем и цеховых кондиционеров этой опасностью можно пренебречь. Все эти утверждения могут отпугнуть мелкие производства и изготовителей отдельных деталей. Многие представляют переход от обработки с применением СОЖ к сухой обработке значительно проще.

Путь к многоцелевому станку, работающему по сухой технологии

Станкостроительной фирмой, которая точно знает, куда идти, является Hüller Hille. От этого поставщика комплектных систем требуется обеспечивать в автоматически работающих установках высокое качество обработки. Такие же требования должны предъявляться и ко всем станкам, работающим по сухой технологии. В качестве примера на рис.1 показан производственный модуль технологической системы, предназначенной для обработки кронштейна колеса автомобиля. На каждом из двух станков, входящих в модуль, при 3-сменной работе обрабатываются с дозированной подачей СОЖ1400 пар кронштейнов. Обрабатываемый материал – алюминий.

#### Подвод дозированной смазки при резании легких сплавов

Если при обработке серых чугунов в широком диапазоне можно реализовать полностью сухую обработку, то при сверлении, развертывании и резьбонарезании по алюминиевым и магниевым сплавам для обеспечения надежности процесса необходима дозированная подача СОЖ. В противном случае из-за забивки стружечных канавок существует угроза частых поломок инструмента и образование нароста, препятствующего получению качественной обработки.

Главным аспектом является подвод смазывающей среды. При дозированной подаче СОЖ - это воздушно-масляная смесь (аэрозоль).

Используемые в настоящее время системы по виду подвода аэрозоли делятся на наружные и внутренние. Если при наружном подводе аэрозоль или отдельные капли масла можно подводить непосредственно к режущим кромкам инструмента, то при внутреннем дозированной подаче масла производится через шпиндель и канал в инструменте к зоне резания. Здесь также существуют 2 технических решения: 1-канальный и 2-канальный подвод. При 2-канальном подводе воздух и масло подаются в шпиндель раздельно и смешиваются непосредственно перед подачей к инструменту. Это позволяет быстро доставить смесь к рабочей зоне и сократить путь аэрозоли внутри быстровращающихся деталей, снизив тем самым опасность ее расслоения.

На рис. 2 показано техническое решение, используемое фирмой Hüller Hille, для раздельной подачи компонентов аэрозоли через вращающийся распределитель к шпинделю. Масло попадает в дозирующее устройство, которое продавливает его в корпус, изготовленный методом порошковой металлургии. Корпус является накопителем для масла и смесителем его с подводимым воздухом. Аэрозоль образуется непосредственно перед входом в канал инструмента. Так создается минимальный путь до режущей кромки, где возможно проявление эффекта расслоения. Устройство позволяет точно регулировать содержание масла в аэрозоли и благодаря этому точнее подстраиваться под условия работы различных инструментов.

Кроме этого, устройство позволяет быстро включать и выключать дозированную подачу СОЖ. В зависимости от конструкции канала в инструменте, время срабатывания может составлять 0,1 с. Это позволяет выключать подачу масла во время процесса позиционирования, что способствует снижению расхода масла и загрязненности станка.

Как следствие, при опытной обработке головки цилиндров среднее потребление масла составило 25 мл/ч, тогда как при обработке со свободным поливом расход достигает 300...400 л/мин.

В настоящее время для исключения мертвых зон проводятся тестовые испытания системы дозированной подачи СОЖ, направленные на повышение однородности аэрозоли, снижение содержания масла и оптимизацию конструкции подвода аэрозоли через хвостовик типа «полый конус». Решение этих проблем позволит уменьшить потребление масла и загрязненность станка. Исследуется возможность адаптивного управления струей смазки в зависимости от заданного и измеренного значений объемного потока. Это позволит поддерживать постоянными условия смазки при изменении температуры, вязкости, внутренней геометрии инструмента.

#### Оптимизация рабочей зоны станка

Кроме шпинделя, созданного в соответствии с требованиями дозированной подачи смазки через внутреннюю полость, фирма Hüller Hille выпустила многоцелевой станок «Specht 500 T», предназначенный для обработки деталей по сухой технологии. Базой для надежного удаления стружки явилось конструктивное оформление рабочей зоны. Так исключены всевозможные кромки и плоскости, на которых может скапливаться стружка. Увеличены размеры окон для свободного прохода падающей стружки, которые ограничиваются крутыми стенками (угол наклона более 55°). Неокрашенные стальные листы ограждений сводят до минимума прилипание стружки и образования подпалов.

Важное значение для беспрепятственного падения стружки имеет установка приспособления с деталью на вертикальной стенке (рис.3). На станке «Specht 500 T» для смены спутников с деталями используется поворотный вокруг горизонтальной оси внутренний манипулятор. В позиции смены деталь принимает привычное вертикальное положение и может быть заменена вручную или автоматически внешним манипулятором, соединяющим станок с транспортной системой.

При отводе стружки из рабочей зоны используется пылеотсасывающая система. Как предусматривается в странах ЕЭС, отсасывающее сопло располагается под сеткой стружечного транспортера. Оно забирает пылевые частицы, остатки аэрозоли и мелкую стружку. Крупная стружка задерживается сеткой транспортера и им удаляется. Такое решение позволяет снизить мощность пылеотсасывающей системы.

Несмотря на оптимальный вариант крепления детали, в некоторых случаях стружка не удаляется свободным падением, например, при обработке корпусных деталей, имеющих внутренние полости, где она может скапливаться. Для таких случаев станок

оснащается круглым столом с высокой частотой вращения – 500 мин<sup>-1</sup> по сравнению с 50 мин<sup>-1</sup> на обычных станках. При быстром вращении стружка выбрасывается из полостей детали, особенно если при смене она время от времени устанавливается в горизонтальное положение.

Важным аспектом является загрязнение станка. Мелкая стружка, смоченная маслом, покрывает довольно толстым слоем узлы станка в рабочей зоне. Если из-за высокой кинетической энергии разлетающаяся крупная стружка сложно удалить отсосом, то мелкая, являющаяся основным компонентом загрязнений, удаляется легко. Поэтому использование пылеотсоса является главным компонентом борьбы с загрязнением.

Актуальным предметом исследований является поиск универсально используемых решений пылеотсоса для различных типов инструментов или возможностей использования магазина и манипулятора системы автоматической смены инструмента для автоматической смены отсасывающих устройств.

### Термический эффект

Термические проблемы касаются как устройств для крепления деталей, и процесса обработки, так и станка в целом. Станок должен иметь термосимметричную конструкцию. 3- координатные узлы, которыми комплектуется станки гаммы Specht, удовлетворяют этим условиям. Поворотный в вертикальной плоскости внутренний манипулятор для спутника с деталью смонтирован на двух опорах в стойке рамного типа, что также обеспечивает термосимметричность конструкции. Таким образом, обеспечивается равномерность тепловых деформаций станка перпендикулярно поверхности детали. В верхней части стойка связана с 3-координатным узлом. Совместно со связкой в нижней части станины конструкция исключает опрокидывание. Возникает чистое поступательное смещение, которое может быть учтено введением компенсации.

Термосимметричность, однако, не предотвращает появления ошибки вдоль оси Z, в частности удлинения шпинделя и узлов станка. В целом обрабатываемые операции, при которых требуется точное позиционирование по оси Z, встречаются не так часто. Тем не менее, Hüller Hille предлагает

дополнительные возможности активной компенсации погрешности по этой оси. Так, станок Specht 500 T оснащен лазерной системой контроля поломки инструмента. Положение контрольных марок на шпинделе и на приспособлении регистрируется лазерным лучом, посредством которого определяется изменение положений и вводится поправка.

#### Построение процесса обработки определяет точность

По прежнему построение процесса является решающим для достижения точности. На рис.5 показаны 2 примера, иллюстрирующих это правило. Последовательность операций при сухой обработке в сравнении с мокрой существенно изменена. В большинстве случаев прямой перенос последовательности операций с мокрой обработки на сухую не желателен. С другой стороны, используемая при сухой технологии последовательность не вредна и при мокрой технологии. Поэтому концепции сухой обработки могут быть приняты в любых случаях.

#### Иллюстрации к статье

Рис. 1 Технологическая система для обработки кронштейна колеса с дозированной подачей СОЖ: 1 – технологический модуль для сухой обработки.

Рис.2 Внутренний 2-канальный подвод СОЖ непосредственно к режущему инструменту: 1 – шпиндель для дозированной подачи СОЖ, 2 – отдельный подвод смазки и воздуха, 3 – шпиндель, 4 – передняя подшипниковая опора шпинделя, 5 – дозирующее устройство, 6 – смешивающее устройство (металлокерамика)

Рис. 3 Оптимальный отвод стружки: деталь в рабочей зоне в подвешенном состоянии

Рис. 4 Стружка и продукты отсоса направлены вниз через сетчатый транспортер. Воздушный поток удаляет мелкую стружку, а сетчатый транспортер задерживает крупную: 1 - быстрое удаление стружки.

Рис. 5 Эффективный отвод стружки и дозированная подача СОЖ через шпиндель минимизируют отрицательное термическое влияние: 1 - термически оптимальное построение процесса обработки, 2 – блок цилиндров, головка цилиндров, 3 – последовательность операций обработки, 4 – для центрирующих болтов, 5 – корпус коробки передач, 6 – узкий допуск после предварительной обработки.

Обновлено 22. 06. 04