

## Способы и техника применения технологических сред при резании металлов

Смазочно-охлаждающие жидкости и другие средства могут подаваться в зону резания различными способами, различными устройствами в разном своем агрегатном состоянии: твердого тела, жидкости или газа.

### 1. Подача смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания поливом свободно падающей струей

В практике машиностроения наиболее часто СОЖ подается в зону резания поливом в виде свободно падающей струи. На рис. 1 представлен пример практической реализации схемы подачи СОЖ на токарном станке (вид сзади)

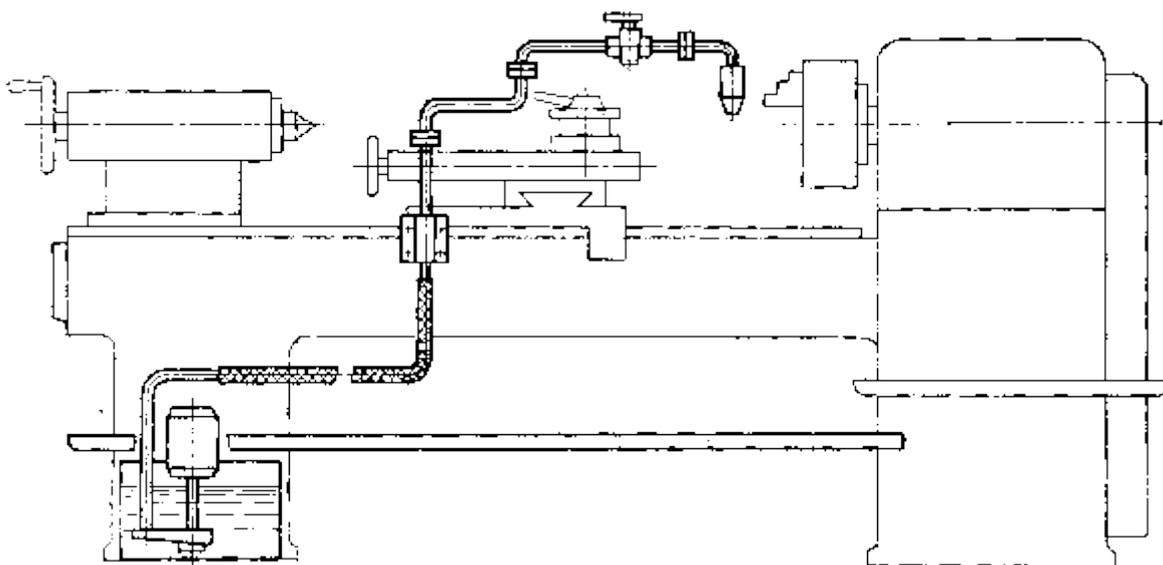


Рис. 1. Система подачи СОЖ на токарном станке

Смазочно-охлаждающая жидкость из емкости в левой тумбе станка насосом через гибкий шланг подается в трубопровод с пробковым краном и сопловым насадком. Из соплового насадка СОЖ подается свободно падающей струей на режущий инструмент и обрабатываемую деталь.

Количество подаваемой в зону резания СОЖ регулируется с помощью пробкового крана. И использованная СОЖ стекает в корыто и сливается в емкость, к насосу. Давление жидкости в магистрали ее подачи должно быть достаточным для подъема жидкости до уровня положения соплового насадка. Обычно оно находится в пределах от 0,02 до 0,05 МПа и обеспечивается насосом. Количество подаваемой в зону резания СОЖ зависит от вида ее основы (водная или масляная), вида выполняемой операции и напряженности режима резания. На универсальных станках весом до 10 т жидкость подается в количестве от 2 до 20 л/мин. В некоторых случаях механической обработки (на многошпиндельных автоматах, зубообрабатывающих станках и других) поток СОЖ используется одновременно и для уноса стружки. Количество СОЖ для этих случаев рассчитывается по опытно-статистическим формулам.

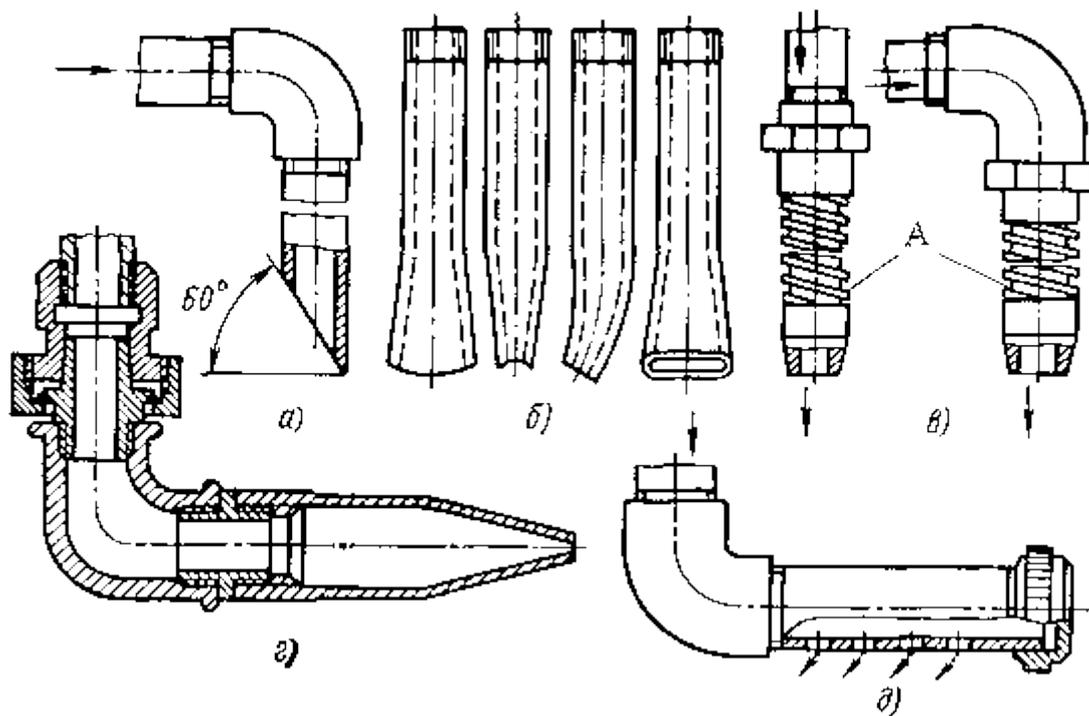


Рис. 2. Сопловые насадки для подачи СОЖ поливом

На разных технологических операциях в зависимости от вида, размеров и конструкции используемого инструмента и желаемой ширины охвата зоны резания струей СОЖ применяются сопловые насадки различного вида. Особенности их конструкций показаны на рис. 2. Сопловые насадки системы подачи СОЖ на токарных станках представляют собой металлическую трубку с конусным концом на выходе для формирования струи СОЖ и уменьшения ее разбрызгивания. Насадки для сверлильных станков (рис. 2,а) имеют обращенный в сторону режущего инструмента косой срез, обеспечивающий подачу СОЖ на инструмент вдоль его оси. Насадки для фрезерных и зубообрабатывающих станков (рис. 2,б и г) обеспечивают подачу СОЖ плоской широкой струей. При многошпиндельной обработке применяются сопловые насадки (рис. 2,в) с гибкой частью “А” позволяющей изменять положение насадка и направление струи СОЖ относительно режущего инструмента. Для подачи СОЖ в зону обработки шириной более 100 мм применяются сопловые насадки (рис. 2,д) в виде трубки с расположенными на одной линии боковыми отверстиями диаметром 5... 6 мм.

При необходимости более интенсивного охлаждения режущих инструментов применяется их внутреннее охлаждение, заключающееся в пропускании СОЖ по внутренним каналам в теле инструмента. Наиболее часто внутреннее охлаждение применяется в осевых инструментах типа сверл, зенкоров, разверток, протяжек, метчиков и иных подобных инструментах, но может применяться и в любых других инструментах. На рис. 3 показаны резцы с внутренним охлаждением. В теле 1 резца имеется полость, поверхность которой покрыта пористым материалом (рис. 3,а), смоченным охлаждающей жидкостью.

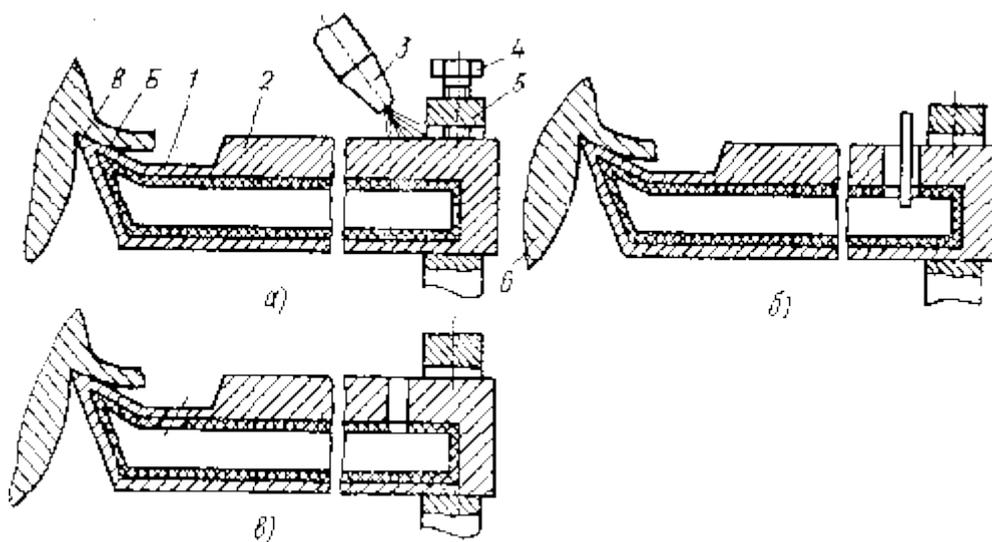


Рис. 3. Резцы с внутренним охлаждением

При резании жидкость в режущей части резца испаряется и конденсируется в “холодной” зажимной части резца. По пористому материалу 2 она вновь поступает к режущей части. Резцы могут иметь замкнутую (рис. 3, б) и проточную (рис. 3, в) полости.

## 2. Способы активации СОЖ

Эффективность действия СОЖ зависит от их химического состава, путем изменения которого можно регулировать взаимодействие СОЖ с инструментальным и обрабатываемым материалами. К настоящему времени разработано множество составов СОЖ, эффективно действующих при резании различных групп металлов и материалов. Другим путем повышения эффективности действия подаваемых поливом СОЖ является их активация внешними энергетическими воздействиями.

Механическая активация может осуществляться путем интенсивного перемешивания СОЖ в течении установленного времени или путем пропуска ее через ультразвуковой активатор. Термическая активация заключается в нагревании жидкости до температуры близкой к температуре ее кипения, в результате которого уменьшается вязкость жидкости и увеличивается ее проникающая и реакционная способность. Недостатком этого способа является необходимость нагревания СОЖ в ходе выполнения технологической операции, непосредственно на рабочем месте, что требует повышенных мер предосторожности и ухудшает санитарно-гигиенические условия работы оператора.

Облучение СОЖ ультрафиолетовыми лучами производится под ртутно-кварцевыми лампами, в тонком слое жидкости, стекающей по лотку. В результате облучения СОЖ улучшаются ее смачивающие свойства, усиливается ее способность к образованию прочных смазочных слоев на поверхностях трения.

Магнитная активация происходит при протекании СОЖ через магнитное поле постоянных магнитов или электромагнитов. Такому виду активации подвергаются жидкости на водной основе.

Электрохимическая активация гальваническими элементами осуществляется с помощью специального соплового насадка, устанавливаемого на выходе СОЖ из системы ее подачи. Насадок представляет собой трубку с установленными в ней перфорированными дисками из разнородных металлов. Такому виду активации могут подвергаться жидкости на водной основе, обладающие свойствами электролита. Способ не требует подвода электроэнергии и изменения системы подачи СОЖ. Насадок прост по своему устройству и легко устанавливается на станке. Активация СОЖ происходит в результате образования в ней

перекиси водорода под влиянием электролитического выделения кислорода из воды и насыщения ее ионами металла анода.

Пропускание электрического тока через жидкость приводит к ее нагреванию и термической активации, насыщению ее кислородом и ионами металла анода. Производится в сопловом насадке с одной или несколькими парами электродов.

### **3. Нетрадиционные способы подачи СОЖ в зону резания и новые технологические среды**

Способ подачи СОЖ поливом свободно падающей струей прост и удобен, привычен и традиционно широко применяется при обработке материалов на металлорежущих станках. Однако, в практике машиностроительного производства есть много случаев где применение СОЖ поливом неудобно или недостаточно эффективно и обработка резанием ведется “всухую”. Так, например, полив СОЖ не применяется на тяжелых продольно-строгальных, карусельных, продольно-фрезерных и других станках из-за вымывания смазки с их направляющих. При обработке по разметке полив не применяется, так как струя СОЖ закрывает разметку. При обработке чугуновых заготовок образующаяся стружка сильно загрязняет рабочее место и слеживаясь затрудняет ее уборку. Анализ работы машиностроительных предприятий показывает, что число операций, где резание ведется “всухую”, в массовом производстве составляет 10...30%, в серийном производстве 30...40%, в индивидуальном – 40...60%, а на предприятиях тяжелого машиностроения – до 90% от общего числа операций механической обработки. Поиски путей повышения эффективности механической обработки привели к разработке новых более эффективных или удобных способов подачи СОЖ и новых технологических сред.

В 1952 году предложена подача СОЖ в виде пены, которая образуется в результате продувания объема СОЖ сжатым воздухом и подается в зону обработки тем же путем, что и жидкость при ее поливе. Пена действует в зоне резания менее эффективно, чем струя СОЖ, коэффициент повышения стойкости находится в пределах 1,2 – 1,5. Пена не растекается так свободно по поверхностям обрабатываемой заготовки и деталей станка, не разбрызгивается и потому меньше загрязняет рабочее место. Этот метод рекомендуется применять при обработке несимметричных деталей, выступающие части которых отбрасывают или сбивают подаваемую поливом струю СОЖ, или в других случаях, где применение более эффективных способов подачи СОЖ неудобно или невозможно по каким-либо причинам.

В начале 50-х годов разработан и исследован способ охлаждения и смазки зоны резания высоконапорной струей жидкости. При этом способе СОЖ подается в зону резания со стороны задней поверхности резца в виде тонкой струи под давлением 20 – 30 атмосфер. Первые работы по исследованию эффективности этого метода показали, что он позволяет многократно повысить стойкость режущего инструмента по сравнению с резанием при поливе СОЖ. Дальнейшие исследования этого метода были посвящены изучению влияния скорости истечения струи, расхода жидкости, ее температуры и других параметров, на стойкость режущего инструмента. Были установлены зависимости скорости струи, расхода жидкости и стойкости режущего инструмента от диаметра отверстия сопла и давления в подводящей системе. Метод охлаждения высоконапорной струей СОЖ оказывается особенно эффективным при резании трудно обрабатываемых материалов и сплавов. Так, стойкостные испытания показали, что при прерывистом точении сплава ЭИ437 стойкость быстрорежущих резцов при подаче в зону резания высоконапорной струи СОЖ увеличивается более чем в 6 раз по сравнению с резанием при поливе СОЖ; аналогичные результаты были получены при прерывистом точении сплава ЭИ766. Метод охлаждения и смазки высоконапорной струей жидкости является весьма эффективным, достаточно изученным и разработанным методом, однако он до настоящего времени не получил широкого применения в промышленности из-за весьма серьезных присущих ему недостатков. Одной из причин, сдерживающих применение метода, является сильное разбрызгивание упругой и опасной струи жидкости, выходящей из

сопла под большим давлением со скоростью 50 – 80 м/с. Другой причиной является трудность обеспечения герметичности подвижных соединений магистралей для подвода жидкости, работающих под давлением 20 – 30 атмосфер. По этим причинам метод применяется в настоящее время только при обработке трудно обрабатываемых материалов и в других случаях, где крайне необходимо повышение стойкости инструмента любыми техническими средствами.

Менее эффективным по сравнению с высоконапорным струйным методом охлаждения, но более удобным, технологичным и перспективным является способ охлаждения и смазки зоны резания распыленной жидкостью. Он был впервые предложен в 1944 году новосибирским инженером Г.И. Покровским. В своей статье автор, отметил, что этот способ "... несомненно, заслуживает большого внимания". Однако, в то трудное военное время методу не было уделено должного внимания и только лишь спустя десятилетие он был вновь изучен, разработан и взят в арсенал средств повышения эффективности резания металлов.

Сущность метода охлаждения и смазки распыленной жидкостью заключается в том, что СОЖ распыливается в специальном распыливающем устройстве сжатым воздухом и подается в зону резания в виде воздухо-жидкостной смеси. Для образования воздухо-жидкостной смеси используются специальные распылительные установки разных конструкций.

Наиболее удачной и работоспособной оказалась установка типа УР-3 (рис. 4) с двойным смешиванием жидкости с воздухом, предназначенная для распыливания смазочно-охлаждающих жидкостей на водной основе. Сжатый воздух из заводской сети, пройдя пробковый кран или вентиль, поступает через фильтр 1 в редукционный клапан 2, предназначенный для снижения давления воздуха и поддержания его на постоянном уровне во время работы.

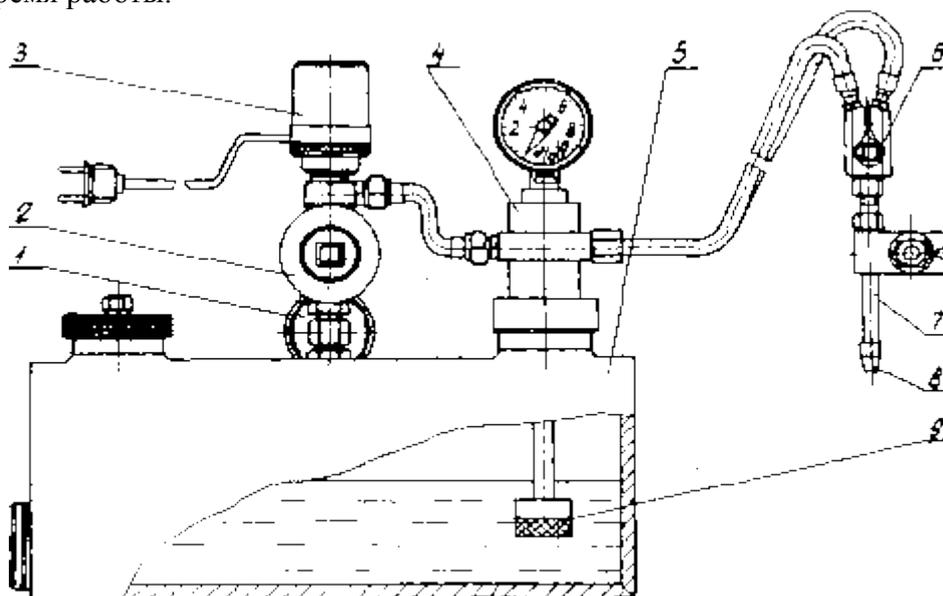


Рис. 4. Установка УР-3 с двойным смешиванием жидкости с воздухом

Из редукционного клапана 2 сжатый воздух через электромагнитный клапан 3 направляется в распределитель (первичный смеситель) 4. В распределителе образуется богатая жидкостью смесь ее с воздухом. Эта смесь подается во вторичный смеситель 6, где смешивается с сухим воздухом и далее по трубке 7 через сопло 8 направляется в зону резания. Воздухо-жидкостная смесь выходит из сопла с высокой скоростью. Движение воздухо-жидкостной смеси относительно охлаждаемых поверхностей с такой большой скоростью интенсифицирует теплообменные процессы в зоне резания. Более сильному теплообмену

способствует также и то, что температура воздушно-жидкостной смеси при выходе ее из сопла понижается до 4—10 0С. Поскольку смазочное действие СОЖ осуществляется путем проникновения на поверхности трения мельчайших частиц и паров жидкости, распыливание СОЖ делает ее более подготовленной к проявлению этого действия. При распыливании расходуется небольшое количество СОЖ (около 300 г/час), жидкость не разбрызгивается и не требует устройств для ее сбора, а зона резания остается всегда открытой для наблюдения. Распыленные жидкости действуют в зоне резания более эффективно, чем подаваемая поливом жидкость благодаря подаче в зону резания кислорода сжатого воздуха и электризации капель распыленной жидкости. Описанные распылительные установки автоматизированы. Автоматизация заключается в применении на этих установках устройств, автоматически включающих подачу в зону резания распыленной жидкости во время рабочего хода станка и прекращающих подачу ее с прекращением работы станка. Целесообразность такой автоматизации заключается в следующем. Исключается расход сжатого воздуха в период, когда не производится резание.

1. Оснащение станков автоматизированными установками не вызывает дополнительных затрат времени на их обслуживание, в частности, на включение и выключение подачи распыленной жидкости во время холостых ходов, промеров, подвода инструмента, смены деталей и выполнения других рабочих приемов. Кроме того, оснащение станков автоматизированными установками не увеличивает психологическую нагрузку на рабочего.

2. Известно, что недостатком метода является шум, создаваемый воздушной струей, который особенно заметен, когда станок не работает. Автоматическое выключение установки в момент останова станка в известной мере устраняет этот недостаток. При одновременном начале работы станка и установки шум от работы установки становится менее заметным.

3. Предполагая применение охлаждения и смазки зоны резания распыленными жидкостями на автоматах и полуавтоматах, вопрос автоматизации работы установок встает еще более остро, так как невозможно представить оснащение автоматических станков устройствами, требующими ручного обслуживания.

Распыленные жидкости могут быть успешно применены на большинстве технологических операций, где полив в силу присущих ему недостатков не применяется и обработка производится всухую. Метод охлаждения и смазки распыленной жидкостью следует рассматривать как дополнение к существующим методам, как средство, расширяющее возможности применения смазочно-охлаждающих жидкостей, позволяющее значительно сократить число технологических операций, выполняющихся всухую.

Особую группу представляют способы подачи СОЖ при шлифовании. При шлифовальных работах весьма эффективными оказываются способы подачи СОЖ через поры абразивного круга, поэтапным и гидроаэродинамическим способами, путем применения СОЖ в замороженном состоянии в виде твердых брусков льда, прижимаемых собственным весом к обрабатываемой поверхности заготовки. Прижимающаяся к заготовке поверхность бруска замороженной СОЖ подтаивает и образует пленку жидкости, которая и обеспечивает смазочно-охлаждающее действие в зоне резания.

Поиски путей повышения эффективности действия внешних сред привели к созданию новых, на первый взгляд совершенно неожиданных, и крайне противоположных технических решений, как, например, резание в среде расплавленного металла и с применением замороженных СОЖ, в среде холодных охлаждающих газов и в среде СОЖ, нагретых до парообразного состояния.

В связи с тем, что некоторые эффективные компоненты жидкости, типа четыреххлористого углерода, под действием высокой температуры образуют газообразные вещества вредные или опасные для здоровья человека, было предложено подавать их в зону резания в

капсулированном виде. Позднее этот способ был усовершенствован путем введения в оболочку капсул магнетита и придания им за счет этого свойства магнитовосприимчивости, обеспечивающего миграцию микрокапсул в зону резания под действием естественного магнитного поля. Капсулы могут содержать в себе минеральное масло, активные присадки или активные газы.

Новые способы подачи СОЖ привели к образованию новых технологических сред, которые полностью охватывают зону резания и изолируют ее от окружающего атмосферного воздуха. Резание при этом ведется в новой технологической среде.

Данный материал основан на лекциях Подгоркова Владимира Викторовича (д.т.н., проф. кафедры ТАМ, Ивановский государственный энергетический университет)