

УДК 621.91.01

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ЗОНЫ РЕЗАНИЯ  
В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ****А. А. ДЁМКИН, М. М. ШАУРКО***(Представлено: канд. техн. наук Р. С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ)*

*Рассмотрен процесс влияния теплоты, выделяемой в зоне резания при обработке конструкционных материалов и ее влияние на качество обработанной поверхности. Приведены виды смазочно-охлаждающих технологических средств и способов охлаждения зоны резания применяемых при механической обработке материалов. Выявлены их преимущества и недостатки.*

**Введение.** В процессе механической обработкой конструкционных материалов резанием до 99,5% работы переходит в тепло [1]. Тепловые потоки от источников теплообразования устремляются в стружку, инструмент, заготовку и окружающую среду. При этом стружка и поверхностные слои заготовки оказываются под одновременным воздействием двух источников тепла: стружка – от источников деформации и трения о переднюю поверхность; заготовка – от источников деформации и трения о заднюю поверхность. В этих условиях стружка оказывается более нагретой, чем инструмент и заготовка. Что оказывает существенное влияние на качество обработанной поверхности. А именно нагретая стружка, локально контактируя с элементами станка, может привести к неравномерному нагреву станины, в результате чего нарушается ее правильная форма и положения основных узлов станка [2]. В результате чего температура стружки может оказать существенное влияние на геометрическую точность обработанной поверхности, а нагрев заготовки и инструмента – на обеспечение размерной точности обработанной поверхности. Для уменьшения влияния теплоты на качество обработанной поверхности и улучшение процесса резания применяют смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС), которые способствуют:

- улучшению технологических показателей точности и шероховатости обработанной поверхности;
- повышению экономической эффективности выполняемой операции (рост производительности, увеличение стойкости инструмента, снижение затрат на инструмент);
- охране окружающей среды.

**Основная часть.** Рассмотрим разновидности СОТС применяемые при механической обработке конструкционных материалов в процессе механической обработки резанием [3].

*Твердые СОТС* – применяют при высоких температурах и нагрузках, а также в тех случаях, когда другие типы смазочно-охлаждающих технологических средств неэффективны. Твердые смазки наносят в качестве покрытий на режущий инструмент или обрабатываемый материал.

*Пластичные СОТС* – густые мазеобразные вещества, представляющие собой коллоидную систему, состоящую из трех основных компонентов: жидкой основы (минерального масла или смеси масел), загустителя (в качестве загустителей чаще всего используются мыла – соли растительных, животных или синтетических жирных кислот) и добавок (различных присадок и наполнителей, вводимых в количестве до 15%). Применение пластичных СОТС ограничивается трудностью введения их в зону резания, невозможностью сбора, очистки и повторного применения. Пластичные СОТС обычно представляют собой пластичные смазки. Их используют в мелкосерийном производстве при нарезании резьбы, сверлении, протягивании и разворачивании, полировании и обработке металлов напильниками.

*Газообразные СОТС* – в качестве СОТС этого типа применяют нейтральные (азот, аргон, гелий) и активные, кислородосодержащие (воздух, кислород, диоксид углерода), газы. Активные газы не только играют роль охладителя, но и защищают поверхность трущихся металлов от изнашивания, образуя на них оксидные пленки. В среде кислорода можно затачивать режущий инструмент из инструментальных сталей и твердых сплавов, точить и сверлить кислотостойкие и жаропрочные сплавы, шлифовать специальные стали и сплавы. Однако применение газообразных СОТС не получило широкого распространения в практике.

*Жидкие СОТС* – наиболее распространены. Их принято называть смазочно-охлаждающими жидкостями (СОЖ). Они разделены на следующие классы: масляные, водосмешиваемые (водные) и быстрорастворяющиеся.

Масляные СОЖ изготавливаются на основе минерального базового масла, к которому могут быть добавлены антифрикционные, противоизносные, противозадирные, антипенные и противотуманные присадки; ингибиторы коррозии, антиоксиданты. Процентное содержание минерального масла в таких СОЖ

составляет 60...95 % (в процентах по массе). Обычно это высокоочищенные нафтеновые или парафиновые масла. Иногда в качестве основы для масляных СОЖ используют смесь из нескольких минеральных масел или маловязкие экстракты селективной очистки. При выборе базовых минеральных масел учитывают прежде всего их физико-химические свойства (вязкость, индекс вязкости, групповой углеродный состав) и эксплуатационные характеристики. Масла без присадок применяют при обработке магния, латуни, бронзы, меди и углеродистых сталей с легкими режимами резания. Однако такие жидкости мало эффективны при резании труднообрабатываемых сталей и сплавов (особенно для тяжелых режимов резания).

Водосмешиваемые СОЖ могут содержать эмульгаторы, нефтяные масла, воду, спирты, гликоли, ингибиторы коррозии, бактерициды, противоизносные, противозадирные и антипенные присадки, электролиты и другие органические и неорганические продукты. Эти СОЖ применяют в виде эмульсий или водных растворов при абразивной и лезвийной обработке (легкие и средние режимы резания) черных и цветных металлов. Водосмешиваемые СОЖ разделены на 4 подкласса: эмульгирующиеся (эмульсолы), полусинтетические, синтетические, растворы электролитов. В сравнении с масляными водосмешиваемые СОЖ обладают следующими преимуществами: более высокая охлаждающая способность, относительно низкая стоимость, высокая пожаробезопасность, – меньшая токсичность. К недостаткам водосмешиваемых СОЖ можно отнести: сравнительно невысокие смазывающие свойства, низкая эффективность на отдельных операциях, недостаточно высокая стабильность свойств во времени.

Быстроиспаряющиеся СОЖ изготовлены на основе галогенпроизводных углеродов. Испаряясь, они охлаждают режущий инструмент и обрабатываемое изделие и оставляют на трущихся поверхностях тонкие смазывающие слои присадок. Ее применяют при сверлении, развертывании, нарезании резьбы и протягивании труднообрабатываемых сплавов и пакетов из пластин разнородных материалов.

СОЖ подают в зону резания лезвийным инструментом следующими способами:

- свободно падающей струей,
- напорной струей,
- струей воздушно-жидкостной смеси в распыленном состоянии,
- через каналы в теле режущего инструмента.

Охлаждение свободно падающей жидкостью – наиболее распространенный способ охлаждения. Жидкость насосом подается на стружку в месте ее отделения от детали (при точении) или же на вращающийся инструмент (при фрезеровании); попадая в зону резания она охлаждает стружку, инструмент и обрабатываемую деталь и понижает температуру в зоне резания на 50 – 100 °С. Стойкость инструмента в зависимости от материала детали и скорости резания повышается в 2 – 4 раза. Из-за малой скорости подачи жидкости (0,2 – 1,5 л/сек) интенсивность охлаждения при этом способе сравнительно небольшая, однако ввиду простоты он имеет самое широкое распространение. Этому способу присущи серьезные недостатки:

- 1 – сильное разбрызгивание жидкости при высоких скоростях вращения детали и инструмента;
- 2 – невозможность наблюдения за местом обработки;
- 3 – большой расход жидкости;

4 – вследствие постоянной циркуляции в замкнутой системе жидкость постепенно нагревается и частично теряет свои охлаждающие свойства.

Подача СОЖ напорной струей находит применение при обработке труднообрабатываемых конструкционных материалов. Традиционно подвод смазочно-охлаждающей жидкости проводится под «низким» давлением (20 бар). Прогресс станкостроения позволил использовать технологию подачи СОЖ под высоким давлением (англ. НРС – high-pressure cooling) в районе 80 бар и намного больше (Ultra НРС). При использовании обычного метода подвода СОЖ усиленное выделение тепла приводит к образованию в зоне резания парового слоя, который затрудняет теплопередачу. Струя СОЖ под высоким давлением пробивает этот слой и устраняет указанное препятствие. Кроме того, она улучшает процесс резания металла и способствует образованию тонкой стружки. Разумеется, чтобы воспользоваться преимуществами подвода СОЖ под высоким давлением, требуются особые станки или же проведение соответствующей модернизации имеющегося оборудования. Общим недостатком струйной подачи СОЖ является трудность обеспечения точного направления струи в зону резания и необходимость тщательной очистки жидкости во избежание засорения отверстия насадка. Кроме того, сегодня основным инструментальным материалом является твердый сплав, он достаточно чувствителен к существенному перепаду температур, вызывающему разрушение кромки. При обработке конструкционных материалов СОЖ может привести к отрицательному эффекту «шоковой терапии», вольно или невольно способствуя её преждевременному износу из-за того, что избыточное тепло приводит к пластической деформации кромки, а значительная разница температур – к термическим трещинам.

Охлаждение воздушной эмульсией и распыленной жидкостью (эмульсией или маслом) в виде тумана характеризуется малым расходом эмульсии и чистотой рабочего места. Жидкость направляется к

режущей кромке со стороны задней поверхности резца под большим давлением. Распыленная жидкость представляет собой прозрачную смесь мельчайших капелек жидкости с воздухом. Для образования воздушно-жидкостной смеси и подачи ее в зону обработки применяют специальные установки, приводящиеся в действие сжатым воздухом давлением 2-4 кгс/см<sup>2</sup>. Распыленная водная или масляная СОЖ поступает в зону резания из сопла, имеющего несколько отверстий диаметром около 2 мм. Распыленная жидкость оказывает повышенное смазочное и охлаждающее действие. Скорость струи распыленной жидкости составляет около 300 м/с, что интенсифицирует отбор тепла от нагретых поверхностей инструмента и детали. Высокая степень измельчения капелек жидкости приводит к тому, что, попадая на нагретые поверхности инструмента, стружки и детали, частицы жидкости превращаются в пар и тем самым отбирают тепло не только путем конвективного теплообмена, но и за счет испарения. Температура воздушно-жидкостной смеси при выходе из сопла падает и на расстоянии 20 мм от него составляет 2-10°С, что также усиливает охлаждающее действие СОЖ. Измельченные капельки жидкости и ее пары вместе с воздухом легче проникают на контактные поверхности инструмента, усиливая смазочное действие. Для распыления рекомендуют масло «Индустриальное 20» и 1,5%-ную эмульсию. Расход масла составляет 0,5-3 г/ч, а эмульсии (в зависимости от вида обработки) 200-400 г/ч, что значительно меньше, чем при других способах подачи СОЖ. Распыление жидкости целесообразно применять в тех случаях, когда полив жидкостью невозможен или когда он малоэффективен (например, на сложных операциях обработки труднообрабатываемых материалов), а также когда необходимо постоянное наблюдение за местом обработки (например, при фрезеровании по разметке).

Подача смазочно-охлаждающей жидкости по каналам в теле инструмента весьма эффективна, но возможна для ограниченной номенклатуры инструментов. Такая технология получила распространение при обработке фрезерованием и сверлении глубоких отверстий. Для подвода СОЖ к вращающимся инструментам с внутренними каналами применяют специальные патроны и маслоприемники. Основная задача метода – обеспечить надёжное смазывание режущей кромки инструмента.

В последнее время все чаще используют сухую обработку при которой температура твёрдосплавной режущей кромки тоже высокая, но при правильно установленных параметрах режима резания не превышает допустимых значений. Температура изменяется в достаточно узких пределах и не приводит к термическому шоку материала. Другой пример – высокоскоростное фрезерование (англ. HSM – high speed milling), в первую очередь, закалённых сталей твёрдостью HRC 45 и выше. Резание в этом случае отличается снятием тонкой стружки, и в качестве СОТС настоятельно рекомендуется использовать только воздух. В обоих приведенных случаях отказ от СОЖ кардинально повышает стойкость инструмента [4, 5].

#### **Выводы:**

1. Для повышения производительности, качества обработки и стойкости инструмента необходимо применять охлаждение зоны резания при механической обработке конструкционных материалов.
2. Выбор СОТС зависит от характера операции резания, а также вида обрабатываемого и инструментального материалов.
3. Выбор наиболее эффективного способа охлаждения зоны резания будет зависеть от специфики процесса, имеющегося станочного парка и доступного инструмента.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Попок, Н.Н. Теория резания : учеб. пособие для студентов машиностр. специальностей / Н.Н. Попок. – Новополоцк : ПГУ, 2006. – 228 с.
2. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / Н. Н. Попок, В. И. Абрамов . – Новополоцк : ПГУ, 2020. – 272 с.
3. pandia.ru [Электронный ресурс] // Дмитрий Балабан Глава 7. Смазочно-охлаждающие технологические среды (СОТС): <https://pandia.ru/text/80/130/21698.php> - Дата доступа: 10.09.2021
4. Степанов А. Высокоскоростное фрезерование в современном производстве // CAD/CAM/CAE observer № 3, 2002.
5. О некоторых особенностях фрезерования в режиме высокоскоростной обработки (BCO) / Оленин Л.Д., Очкин Д.И. // Известия МГТУ «МАМИ» Серия «Технология машиностроения» т.2 – 2014. – № 3(21)– С. 25-31