

**Российский Государственный университет нефти и газа
им. И.М.Губкина**

© Кафедра химии и технологии смазочных материалов и химмотологии

**ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ
ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ И
СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ МАСЛЯНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

доцент Дорогочинская Виктория Акивовна

Москва, 2013

Раздел 2. Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС)

- Назначение и классификация СОТС. Требования к качеству,
- методы определения физико-химических и эксплуатационных свойств,
- ассортимент,
- области применения,
- основные принципы технологии и принципиальные технологические схемы,
- главные технико-экономические и экологические проблемы практического применения.

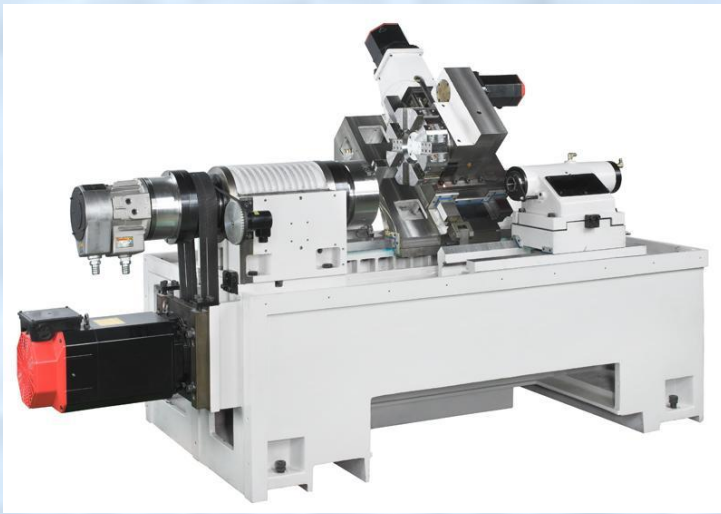
Рекомендуемая литература

1. "Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник". Под ред. С. Г. Энтелеса. Изд-во: Машиностроение, 1986. 352 с.
2. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием. Справочник. Под ред. Худобина Л. В., 2006, 544 с.

Что такое СОТС?

- СОТС – это все типы технологических средств на основе природных или синтетических продуктов, вводимые в зону обработки металлов для смазывания и охлаждения. .
- Наиболее распространенный тип СОТС - *смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ)*, к-рые применяются при *абразивной и лезвийной обработке* металлов. Жидкие СОТС, используемые *при обработке металлов давлением* принято называть *технологическими маслами (ТМ) или технологическими смазками (ТС)*.

Некоторые области применения СОТС



Токарный станок с ЧПУ



**Механическая
обработка
ПОКОВОК**

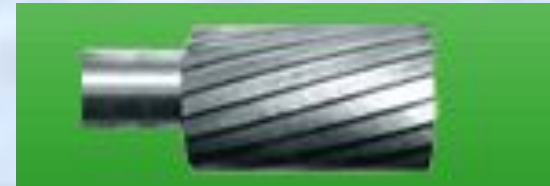


Штамповка



Удаление стружки

Фрезерование



Борфреза



Фреза



Зенковка

Основное назначение СОТС

1. смазывают поверхности трения,
2. отводят тепло от поверхностей трения,
3. облегчают процесс деформации металла,
4. удаляют стружку, металлические опилки и грязь из зоны резания.

Оказываемое СОТС воздействие:

1. снижают силы резания или усилия деформации металла,
2. снижают потребляемую мощность,
3. увеличивают стойкость инструмента,
4. улучшают качество изделий.

Кроме того, СОТС временно защищает обрабатываемое изделие и детали оборудования от коррозии

Мировое потребление СОТС - более 2,4 млн. т в год, в том числе:

- 60-65% СОТС применяют при обработке металлов резанием,
- 35-40% - при обработке металлов давлением.

По объемам потребления СОТС первое место в мире занимают США.

Соотношение различных типов и классов жидких СОТС:

45-50% масляных;

30-35% эмульсионных;

15-17% полусинтетических;

4-6% синтетических

Практические цели применения СОТС

- снижение износа режущего инструмента при механической обработке металлов,
- увеличение производительности оборудования за счет возможного повышения режимов обработки,
- увеличение срока службы и уменьшения времени на смену инструмента и переналадку станков,
- повышение точности обработки металлической поверхности, снижение ее шероховатости, уменьшение брака и улучшение условий труда и сокращение числа технологических операций.

ТРЕБОВАНИЯ К СОТС

СОТС должны обладать следующими высокими свойствами:

- -смазывающими,
- -охлаждающими,
- -антифрикционными,
- -противозадирными,
- -диспергирующими,
- -моющими
- -демпфирующими (смягчающее действие СОТС на металлических поверхностях при механической обработке металлов резанием)

Смазывающее действие СОТС

Это одно из основных требований к СОТС, т.к. они снижают трение и усилия пластической деформации.

При обработке металлов почти вся мощность превращается в теплоту.

Деформацией металла обусловлено **60-75%** выделяемой в зоне обработки теплоты, **40-25%** - трением стружки об инструмент.

Т-ра на границе раздела между металлообрабатывающим инструментом и стружкой может достигать **350-800°C**, там же создается высокое давление, возникают электрические и магнитные поля, световые потоки и т.д.

Эта теплота и есть основная причина изнашивания дорогого инструмента и ухудшения качества изделий.

В этих условиях Пв инструмента может изнашиваться, привариваться к обрабатываемому металлу и деформироваться. На режущих кромках инструмента образуются кратеры и наросты.

Смазочные свойства, как правило, выше всего у масел и масляных СОТС, охлаждающие – у воды.

Охлаждающее действие СОТС.

При механической обработке металлов основная часть механической энергии преобразуется в теплоту, и лишь ее незначительное количество затрачивается на изменение энергии кристаллической решетки обрабатываемого материала.

Применение СОТС позволяет эффективно снижать т-ру металлической заготовки, инструмента и стружки.

Диспергирующее действие СОТС

Во многих случаях от СОТС требуется уменьшить поверхностную энергию разрушения обрабатываемого материала, т.е. облегчить разрыв связей в обрабатываемом материале при внедрении инструмента, размягчить (пластифицировать) и диспергировать его.

Проявление диспергирующего действия СОТС зависит:

- от состава и свойств обрабатываемого материала,
- от состава и свойств СОТС,
- от режимов деформации и разрушения.

Высокие требования предъявляются к **моющему действию СОТС**, к-рое определяется способностью удалять стружку и шлам, предотвращать лако-, нагарообразование, наличие шлама на инструменте.

СОТС должны обеспечивать **улучшение качества обрабатываемой поверхности** (обеспечивать заданную шероховатость, профиль), не "вымывать" из поверхностного слоя легирующие элементы, а желательно **обогащать ими ювенильную** поверхность (от имени «Ювента» - богиня юности), то есть придавать "зоне наклёпа" требуемые свойства.

СОТС должны иметь:

- хорошие **противокоррозионные свойства**, то есть не вызывать коррозии станков, инструмента и самих деталей в процессе обработки.
- высокие **защитные свойства** в тонкой пленке, то есть, чтобы после обработки металлические детали могли храниться без дополнительной консервации на какой-то период.
- **бактерицидную стойкость** при хранении, транспортировании и применении: не д.б. поражения сульфатовосстанавливающими бактериями (СВБ) и др. микроорганизмами, грибами и плесенью, ухудшения коллоидной стабильности и др. свойств в процессе эксплуатации как можно более длительное время, частой замены и добавления бактерицидных добавок.

Пример: на АВТОВАЗе свеженаправленная СОЖ-ЗМ типа ВЕЛС-1 и Автокат-78 имеет биостойкость в течение 10-12 дней, после чего требует добавления БП (биоцидной присадки) Сульфацид-5.

При использовании бактерицидной присадки биостойкость эмульсии возрастает до 50 дней, а срок службы эмульсии увеличивается до 2-6 месяцев.

Экологические свойства:

- хорошая ***биоразлагаемость***
- ***исключение из состава СОТС экологически опасных веществ*** (например, хлор- или серухлорсодержащих присадок, нитрита натрия и других).

Антипенные свойства:

- эмульсии из СОТС-ЭМ всех видов не должны ***вспениваться***. Это трудная проблема, так как большинство ПАВ – эмульгаторов образуют большую и стойкую пену.
- применение специальных противовспенивающих присадок кремнийорганического и неионогенного типа.

- ***Совместимость.*** СОТС не должны оказывать вредного воздействия на резинотехнические детали станка, вызывать их набухание или растрескивание, должны совмещаться с пластичными смазками и маслами, используемыми в станках и станочных линиях при их эксплуатации, совмещаться с лаками и красками.
- ***Возможность утилизации, очистки и регенерации*** отработанных СОТС.

Сам технологический процесс применения, *техника применения* и *система применения СОТС* не должны быть трудно выполнимыми, не должны требовать дополнительных затрат и должны быть удобными для проведения текущего контроля

Классификация СОТС

По агрегатному состоянию СОТС разделены на четыре типа:

- *газообразные СОТС,*
- *жидкие СОТС,*
- *пластичные СОТС*
- *твердые СОТС*

По химическому составу, структуре и назначению разделены на классы, подклассы, ряды, группы и подгруппы (классификация ВНИИПКнефтехим (ныне УкрНДИНП «МАСМА»))

Обозначение СОТС

Обозначение СОТС характеризует его агрегатное состояние, состав и свойства, состоит из буквенных и цифровых индексов, к-рые указывают на наличие присадок, усиливающих смазочные свойства СОТС, уровень легирования присадками, растворимость присадок в маслах или воде, класс по химической природе и активность по отношению к меди

Наличие присадок

- О - отсутствие присадок;
- П - присутствие присадок;
- ПМ - маслорастворимые присадки;
- ОМ - маслорастворимые присадки, активные по отношению к меди;
- ПВ - водорастворимые присадки;
- ПМВ - масловодорастворимые присадки;
- ПН - маслорастворимые присадки (добавки, наполнители)

Степень легирования присадками, усиливающими смазочные свойства СОТС (содержание присадок), обозначается цифрами:

- - до 5% масс. - невысокая;
- - 5-10% масс. - умеренная;
- - 10-30% масс. - высокая;
- - более 30% масс. - очень высокая.

Класс присадок по химической природе обозначается буквами:

- а - животные жиры, растительные масла, синтетич. сложные эфиры, органич. кислоты;
- б - галогенсодержащие;
- в - серосодержащие;
- г - фосфорсодержащие;
- д - азотсодержащие;
- е - содержащие др. актив., элементы;
- ж - комплексные металлоорганические соединения;
- з - растворимые в масле или в воде полимеры;
- и - органические наполнители;
- к - неорганические наполнители;
- л - др. химические соединения.

Примеры классификационного обозначения СОТС:

Э1 .ПМ1абв - концентрат водосмешиваемого СОТС, образующего в воде грубодисперсную эмульсию, активного по отношению к меди, содержащего до 5% масс., маслорастворимых жировых добавок, галогено- и серосодержащих присадок;

МЗ.ПМЗабг - неактивное высоковязкое масляное СОТС с высоким содержанием жиров, хлор- и фосфорсодержащих присадок

Классификация СОТС для обработки металлов резанием по агрегатному состоянию

Тип	Класс	Подкласс	Ряд	Группа	Подгруппа
Газо-обр. (Г)	Инертные (Г1)			Специальные	
	Активные (кислородсодержащие) (Г2)				
Жидк. (Ж) (СОЖ)	Масляные (нефтяные или синтетические) (М): М1 - I группа вязкости (мм ² /с) - $v_{50}=1\div 9$ ($v_{40}=2\div 12$) группа вязкости ISO - 2, 3, 5, 7, 10 М2 - II группа вязкости (мм ² /с) - $v_{50}=10\div 20$ ($v_{40}=10\div 20$) группа вязкости ISO - 3, 15, 22 М3 - III группа вязкости - $v_{50}>20$ ($v_{40}>30$) группа вязкости ISO - 32, 46, 68, 100	Без присадок (0)	Неактивн.	Массовые и специальные	Неуниверсальные
		С жировыми и др. присми (Па)	Неактивн.		
		С противозадирными (МП), противоизносными (МП) и др. присадками	Неактивн., активные	Массовые и специальные	Универсальные и неуниверсальные
	Водосмешиваемые (В)	Эмульгирующиеся (эмульсолы) (Э) грубые эмульсии (Э1) полусинтетические или микроэмульсии (Э2)	Активные	Массовые и специальные	Универсальные и многоцелевые
			Неактивн., активные		
			Синтетические (Р): растворы органических веществ (Р1) растворы электролитов (Р2) растворы органических веществ и электролитов (Р3)	Неактивн., активные	
Неактивн., активные					
Неактивн., активные					
Быстроиспаряющиеся (И)					
	Расплавы (Р): металлов (РС1) солей (РС2) других веществ РС3)			Специальные	

продолжение

Тип СОТС	Класс	Группа
Пластичные (П)	На загустителях: <ul style="list-style-type: none">•углеводородных (П1)•мыльных (П2)•смешанных (П3)•других (П4)	Специальные
Твердые (Т)	Слоистые неорганические соединения (Т1) Мягкие металлы (Т2) Органические соединения (Т3) Смешанные (Т4) Другие (Т5)	Специальные

ГАЗООБРАЗНЫЕ СОТС

Активные газы (кислородсодержащие: воздух, кислород, диоксид углерода) - играют роль охладителя и защищают поверхности трения от изнашивания, образуя на них оксидные пленки. Хорошими качествами обладают фреон, озон, Cl , HCl и H_2S .

Инертные газы (азот, аргон и гелий) используются в качестве СОТС при резании титановых сплавов для предотвращения контакта ювенильных поверхностей металла с активными газами. При обработке металлов инструментом из керамики в качестве защитной среды используют азот. Жидкий азот применяется для глубокого охлаждения зоны обработки высоковязких металлов и сплавов для уменьшения их деформации и интенсификации процесса обработки.

Применяются газообразные СОТС лишь в тех случаях, когда по условиям технологического процесса не допускается применение жидких СОТС - масляных и водосмешиваемых.

ПЛАСТИЧНЫЕ СОТС

Это пластичные смазки на углеводородных, мыльных, смешанных и др. загустителях. Могут содержать противоизносные и противозадирные присадки и наполнители (порошкообразные металлы, графит, MoS_2 , слюду и др.).

Пластич. СОТС на УГВ загустителях используют в мелкосерийном производстве при нарезании резьбы (метчиками и плашками), сверлении отверстий вручную, на отдельных операциях протягивания и развертывания, при полировании и обработке металлов напильниками.

Наиболее распространены технологические смазки в виде паст - композиции, состоящие из абразивных наполнителей и связующих.

В качестве связующих применяют органические и неорганические вещества в различных сочетаниях (парафин, церезин, петролатум, олеиновая, стеариновая и пальмитиновые кислоты, растительные и животные жиры, воски, нефтяные масла, полигликоли, эфиры ненасыщенные жирные кислоты, мыла, полимеры, канифоль, скипидар, глицерин, аэросил, мел, тальк и др.).

Применение пластичных СОТС ограничивается трудностью введения их в зону резания, невозможностью сбора, очистки и повторного применения.

ТВЕРДЫЕ СОТС

По химическому составу разделяют на:

- слоистые неорганические соединения (тальк, слюда, дисульфид молибдена, йодиды, сульфиды и галогениды металлов и др.);
- мягкие металлы (олово, свинец, медь, барий и др.);
- органические соединения (воски, мыла, твердые жиры);
- смеси слоистых неорганических соединений с органическими;
- др. твердые вещества (полимерные материалы: полиэтилен, полиамид, политетрафторэтилен и др.).

К твердым СОТС условно относят смазочные составы, к-рые заключены в капсулы, т.е. тонкую оболочку пленкообразующего материала. Содержание капсулируемого вещества в капсуле составляет 70-85%, иногда больше. В качестве материала для капсул используют синтетические и природные полимеры, парафин или неорганические материалы.

Принято подразделение по размерам капсул на:

- макро (0,5-5,0 мм),
- микро (0,001-1 мм),
- нанокapsулы (0,00005-0,0002 мм).

ЖИДКИЕ СОТС

Жидкие СОТС (СОЖ) разделяют на:

- *масляные СОТС,*
- *водосмешиваемые СОТС,*
- *быстроиспаряющиеся СОТС,*
- *расплавы металлов,*
- *расплавы солей и др. веществ.*

Самые распространенные СОТС при обработке металлов - масляные и водосмешиваемые (лучше смазывающие, охлаждающие, моющие, пластифицирующие свойства, экономичность, доступность, по сравнению с газообразными, пластичными, твердыми и др. СОТС)

МАСЛЯНЫЕ СОТС

- **Основа (до 50-98% масс.)** - нефтяные, синтетич. или растит. масла (или продукты их химич. переработки - жирные кислоты и эфиры жирных кислот) или их смеси; синтетич. и природные сложные эфиры (безопасное воспроизводимое сырье).
- **Присадки:** противоизносные, противозадирные, жировые, и др.
- **Лучшая база - масла с максимально высоким содержанием П, И, Н и минимальным - А:** меньшая склонность к нагаро- и лакообразованию, повышенная стабильность против окисления, малое изменение вязкости в от т-ры, меньшая токсичность, лучший внешний вид, нейтральность к лакокрасочным покрытиям станков, меньшее отрицательное влияние на резиновые детали металлорежущего оборудования.
- **Маловязкие (1,4-4 и 4-10 мм²/с при 50°С) высокоочищенные масла и узкие нефтяные фракции с т-рой вспышки выше 100°С** используются как основа СОТС для хонингования, шлифования, глубокого сверления и др., где охлаждение, смачивание и смывание стружки играют первостепенную роль.
- Особые требования предъявляются к **масляным СОТС для проката алюминиевой ленты и фольги:** узкий фракционный состав и высокая т-ра вспышки, необходимые трибологические хар-ки, свойство равномерно растекаться по поверхности листа и не давать нагара при низкотемпературном отжиге алюминиевого рулона.
- **Жидкости с более высокой вязкостью** используются при необходимости высоких трибологических характеристик, *адгезии* и *демпфирующего действия* СОТС.

Требования к качеству нефтяных масел для масляных СОТС, применяемых при обработке металлов

Показатели	Кинематическая вязкость нефтяных масел при 50°C, мм ² /с									
	2-4	4-6	6-10	10-14	10-18	16-18	15-20	20-25	25-30	30-35
Цвет, ед. ЦНТ, не выше	-	0,5	1,0	1,5	-	-	2,0	-	-	-
ИВ, не ниже			-	-			95	95	95	95
Содержание ВКЩ	Отсутствие									
К.Ч., мг КОН/г, не >	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Содержание, % масс:										
мехпримесей	Отсутствие									
воды	Отсутствие									
серы, не более	0,2	0,1	0,2	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0	0,3	1,0
аром. угв, не более	15	-	15	10	15	10	15	15	15	18
Температура, °С:										
вспышки, не ниже	120	140	150	180	170	190	180	185	210	215
застывания, не выше	-15	-15	-30	-20	-30	-15	-15	-15	-10	-15

ВОДОСМЕШИВАЕМЫЕ СОТС

Выпускают в виде концентратов, применяют в виде водных р-ров, эмульсий и микроэмульсий (**1-15% масс**). Имеют высокую охлаждающую способность и пожаробезопасность, низкую стоимость рабочих р-ров.

Недостатки: сравнительно низкая смазывающая способность, след., невозможность их применения при особо трудных условиях металлообработки, необходимость проведения утилизации отработанных растворов СОТС.

По составу делятся на эмульсионные, синтетические и полусинтетические.

- **Эмульсионные СОТС (эмульсолы)** - продукты на основе *минерального масла, эмульгаторов* (соли карбоновых или сульфокислот), *стабилизаторов* (напр. воду, спирт), *ингибиторов коррозии*, и *присадок* различного функционального назначения (противоизносные, антикоррозионные, антипенные, бактерицидные). Выпускают в виде масляных концентратов с добавкой эмульгатора. Основа - масла средней вязкости (содержание масла до 85% масс). Аром. угв положительно влияют на стабильность концентрата СОТС и его эмульгируемость.
- **Синтетические СОТС** - продукты на основе *ПАВ, ингибиторов коррозии, присадок* различного функционального назначения, *гликолей, электролитов, воды* и т.д. Не содержат минеральных масел. Основа - полиалкиленгликоли - линейные полимеры окиси этилена и окиси пропилена со спиртами, гликолями, аминами, кислотами и др. полимеры. Достоинства: высокая смазывающая способность, химическая и физическая стабильность, устойчивость в воде повышенной жесткости. Антикоррозионные свойства усиливаются введением водорастворимых ингибиторов коррозии: алканоламинов, боратов, нитритов и других известных. Содержание воды в концентратах - **до 50% масс. и выше**. Применяется питьевая или деминерализованная вода.
- **Полусинтетические СОТС** - продукты на основе *ПАВ, ингибиторов коррозии, присадок* функционального действия, различных *добавок, в том числе, и минерального масла* (до 40% масс.). Могут содержать *воду* в незначительных количествах или до 50% масс, и выше. При растворении в воде дают **прозрачные или полупрозрачные микроэмульсии** (размер капель 0,05 мкм). В основе создания полусинтетических СОТС лежит явление *солюбилизации*.

БЫСТРОИСПАРЯЮЩИЕСЯ СОТС.

Основа - быстроиспаряющиеся галогенпроизводные углеводороды.

Испаряясь, они охлаждают режущий инструмент и обрабатываемое изделие и оставляют на поверхностях трения тонкие смазывающие слои присадок, входящих в их состав. Применяют при обработке резанием труднообрабатываемых сплавов и пакетов из пластин разнородных металлов на операциях сверления, развертывания, нарезания резьбы и протягивания.

РАСПЛАВЫ МЕТАЛЛОВ

Используются в качестве жидких СОТС.

При сверлении коррозионно-стойких и жаропрочных сплавов в качестве жидких СОТС используют расплавы эвтектики олово – цинк: уменьшает интенсивность изнашивания инструмента и существенно снижает удельную работу резания. При обработке титана и его сплавов применяются расплав кадмия и смесь расплавов висмута, олова, цинка с кадмием, а также расплавов их солей.

Использование жидких металлов в условиях массовой обработки металлов крайне затруднено, т.к. требует решения ряда инженерно-конструкторских задач, связанных с подогревом среды и обеспечением минимально необходимой подачи расплава в зону резания.

СВОЙСТВА СОТС И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

Физико-химические свойства СОТС определяют *качество СОТС* и его чистоту при производстве, хранении и применении.

По физико-химическим свойствам СОТС проводится:

паспортизация при пр-ве

входной контроль при поступлении к потребителю

текущий контроль при эксплуатации (уровень загрязненности твердыми веществами, посторонними неэмульгированными маслами, микроорганизмами, водой, содержание концентрата СОТС в рабочем растворе и т.д), что дает возможность диагностировать состояние рабочей жидкости для принятия решения о ее дальнейшем использовании в *системе применения СОТС*.

Продолжение

Функциональные свойства СОТС определяются трибологическими характеристиками (противозадирными, противоизносными, антифрикционными свойствами), химической активностью, охлаждающим, режущим, пластифицирующим и моющим действиями.

Разделить различные эффекты действия СОТС бывает весьма трудно, так как они могут проявляться одновременно и порознь в различных зонах контактной поверхности инструмента, стружки и заготовки в зависимости от особенностей обработки, характеристик обрабатываемого и инструментального материалов.

Эксплуатационные свойства СОТС - это, в первую очередь, способность оказывать положительное влияние на стойкость инструмента, усилия резания, качество обрабатываемой поверхности. Кроме того, СОТС должны обладать химической активностью

Основные показатели качества масляных и водосмешиваемых СОТС

Показатели качества	Характеризуемые свойства
Вязкость кинематическая	Реологические свойства
Коррозионное воздействие на металлы (масляные СОТС)	Состав. Активность
Содержание механических примесей	Состав и эксплуатац. свойства
Содержание воды	Состав
Кислотное число	-"-
Число омыления	-"-
Общая щелочность	-"-
Содержание активных элементов (серы, хлора, фосфора)	-"-
Коксуемость	-"-
Зольность	- "-
Трибологические характеристики	Эксплуатац. свойства
Биоцидная активность	Тоже
Склонность к пенообразованию, устойчивость пены	Состав и эксплуатационные свойства

Продолжение

Показатели качества	Характеризуемые свойства
Значение pH	То же
Коррозионная агрессивность в отношении черных и цветных металлов (эмульсии и растворы)	-"-
БЕЗОПАСНОСТЬ. Температура вспышки в открытом или закрытом тигле	Экологические свойства
НАДЕЖНОСТЬ Стабильность при хранении Стабильность при низких температурах Температура текучести и застывания Влияние жесткой воды Гарантийный срок хранения	Эксплуатац. свойства То же -"- -"- Стабильность
ЭРГОНОМИЧНОСТЬ Внешний вид Запах ПДК вредных веществ в воздухе	Состав То же Экологические свойства
БЕЗОПАСНОСТЬ Температура вспышки в открытом или закрытом тигле	Экологические свойства
Класс опасности	То же

ХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СОТС

- определяется особенностями межмолекулярных взаимодействий в самом продукте и в зоне механической обработки металлов.
- При резании металлов на контактирующих поверхностях режущего инструмента, стружки и детали возникают большие нагрузки и высокие т-ры. После срезания инструментом стружки на металлической поверхности образуется ювенильная поверхность, обладающая необычными свойствами. Идеально чистая ювенильная поверхность проявляет высокую реакционную способность, поэтому создаются условия для протекания химических реакций.
- на поверхностях трения создаются граничные смазывающие пленки. В процессе они разрушаются и сразу же образуются вновь. Этим замедляется процесс изнашивания инструмента.
- Решающий фактор – т-ра и наличие присадок. При определенных т-рах присадки реагируют с активными металлическими пв и образуют на них смазывающие пленки физически адсорбированных ПАВ, мыл, металлов, хлоридов, фосфоридов или сульфидов.
- Хлорсодержащие присадки реагируют с металлической поверхностью при т-ре около 180°C.
- Фосфорсодержащие присадки, которые могут содержать и др. активные элементы (напр., серу, цинк), образуют на поверхности металлов фосфиды при т-ре 200-650°C.
- Органические соединения серы вступают в реакцию с металлом при более высоких т-рах (600-800°C), поэтому их добавляют в СОТС, работающих при тяжелых режимах резания.

Примерные минимальные и максимальные t-ры реакции некоторых присадок к СОТС с металлом

Присадки	T, °C	Продукты реакции
Растительные и животные жиры (триглицериды)	220-260	Хемосорбированные пленки
Жирные кислоты	180-215	Хемосорбированные пленки металлических мыл
Хлорсодержащие	140-530 (180)	Хлориды
Фосфорсодержащие (могут содержать и др. элементы (серу, цинк))	200-650	Фосфиды
Серусодержащие, включая элементную серу	200-1000 (600-800)	Сульфиды

Классификация эталонов коррозии по ГОСТ 2917

Группа	Степень воздействия продукта на пластинку	Балл	Цвет пластинки
Свежеотполированная пластинка	-	-	-
1	Слабая побежалость	1а 1в	Светло-оранжевый, близкий к цвету свежеотполированной пластинки. Тёмно-оранжевый
2	Умеренная побежалость	2а 2в 2с 2д 2е	Бордово-красный Бледно-лиловый Многоцветный с пятнами лилово-синего и (или) серебряного цвета на красном Серебристый Латунный или золотистый
3	Сильная побежалость	3а 3в	Сиреневато-красные (фуксиновые) пятна на латунном Многоцветный с красным или зеленым оттенком (переливчатый), но не серый
4	Коррозия	4а 4в 4с	Прозрачно-черный, темно-серый или коричневый с едва заметным переливчато-зеленым Графитовый или тускло-черный Блестяще черный или черный, как смоль

Стабильность СОТС

СТАБИЛЬНОСТЬ СОТС характеризует их способность сохранять свои ФХС в процессе транспортирования, хранения и эксплуатации. Различают *физическую и химическую стабильность* СОТС. Показатели физической стабильности СОТС: внешний вид, цвет, плотность, вязкость и др. Химическая стабильность масляных СОТС при резании заметно ускоряется за счет каталитич. действия обрабатываемых металлов, его окисление может протекать с образованием твердых сажеподобных продуктов.

- **СТАБИЛЬНОСТЬ СОТС ПРИ НИЗКИХ Т-РАХ** определяется по ГОСТ 6343, п. 5.

Метод заключается в выдерживании в течение 48 ч концентрата исследуемой жидкости, залитой в пробирку, в холодильной камере при заданной т-ре. Затем жидкость в течение 2 ч выдерживают при т-ре $20 \pm 5^\circ \text{C}$ и производят визуальный осмотр ее состояния.

- **СТАБИЛЬНОСТЬ СОТС ПРИ ХРАНЕНИИ** определяется по ГОСТ 6243, п. 6.

Концентрат СОТС выдерживают в течение опред. времени при переменных т-рах (от -10 до $+40^\circ \text{C}$), а затем подвергают центрифугированию и затем визуально оценивают состояние продукта.

- **СОТС считается выдержавшим испытание при отсутствии выделения осадка или образования различных жидких слоев.**

БИОПОВРЕЖДЕНИЕ СОТС

- необратимое изменение свойств СОТС под действием микроорганизмов, что приводит к преждевременному разложению СОТС, коррозии обрабатываемых деталей, сокращению срока службы оснастки и станков, ухудшению санитарно-гигиенических условий в производственных помещениях (появлению неприятного запаха продуктов разложения, увеличению токсичности СОТС).

Источники инфицирования - микроорганизмы, встречающиеся в воде, пыли, воздухе и других средах и главным образом в остатках отработанной СОЖ, сохранившейся на стенках емкостей и трубопроводов).

Синтетические (до года) < Полусинтетические < Водосмешиваемые < Эмульсионные (1-3 недели)

Степень биоповреждения СОТС зависит от их компонентного состава (наличия биоцидной присадки, биостатического компонента и др.).

Современные СОТС в большей или меньшей мере обладают биологической защитой. Однако принятые меры по биологической защите при производстве концентратов СОТС не всегда достаточны для условий эксплуатации. Кроме того, бактерии и грибы, воздействующие на СОТС, характеризуются чрезвычайно высокой способностью к адаптации к среде обитания, т.е. к конкретному виду СОТС

Продолжение

- **низкая склонность к пенообразованию**
- **противотуманные свойства**
- **пожароопасность (возгораемость, воспламенение и самовоспламенение)**
- **не разрушать поверхность металлов химическими или электрохимическими процессами (коррозия),**

КОРРОЗИОННАЯ АГРЕССИВНОСТЬ СОТС В ОТНОШЕНИИ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ (эмульсии и растворы)

Определяют по ГОСТ 6243 капельным методом или методом контактных пар:

- **Капельный метод:** наносят 5 капель СОТС на металлич. пластинку и выдерживают ее на рассеянном свете в течение 4 ч при т-ре $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ в помещении с нормальной влажностью при отсутствии паров кислот и агрессивных газов или в эксикаторе, соединенном с атмосферой. Затем визуально определяют состояние поверхности металла в местах нанесения капель. Жидкость считается коррозионно-агрессивной, если две или более капель вызвали потемнение металла.
- **Метод контактных пар:** наносят СОТС на чугунную стружку (две порции), размещенную на поверхности стальной пластинки, помещают ее в герметически закрытый сосуд и выдерживают при т-ре $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности 95-97% в течение времени, установленного НД на СОТС. Затем тщательно осматривают Пв стружки и пластинки. Жидкость считается выдержавшей испытания при отсутствии сплошной или точечной коррозии на стружке и пластинке. Если на стружке или пластинке имеется 3-4 точки коррозии, то испытание повторяют. Если при повторном испытании обнаруживается коррозия - жидкость считается коррозионно-агрессивной.

ВОЗДЕЙСТВИЕ СОТС НА РЕЗИНУ

Это - свойство СОТС вызывать набухание или растворение резины или быть нейтральной к ней.

Степень набухания или растворения резины зависит от компонентного состава СОТС, химической природы присадок и их концентрации.

Среди масляных СОТС наименьшее отрицательное влияние на резину оказывают неактивные продукты, содержащие небольшое количество присадок. Активные масляные СОТС, содержащие хлор и серу, вызывают набухание и растворение резины.

Среди водосмешиваемых СОТС отрицательное воздействие на резину оказывают эмульсионные продукты, содержащие большое количество минерального масла, и активные присадки, синтетические или полусинтетические СОТС с высокой щелочностью и высоким содержанием активных компонентов.

Воздействие СОТС на резину определяется при его разработке и в дальнейшем гарантируется стабильностью его компонентного состава и технологией приготовления.

Определение стойкости резино-технических изделий станочного оборудования к воздействию СОТС определяется по методике, сущность которой заключается в выдерживании образцов резины в среде СОТС при заданной т-ре и времени. Влияние СОТС оценивают по изменению массы и размеров образцов резины (ГОСТ 9.030).

ВОЗДЕЙСТВИЕ СОТС НА ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Свойство СОТС ухудшать состояние лакокрасочного покрытия (потеря блеска, изменение цвета, растрескивание, шелушение, отдельные очаги ржавчины) металлообрабатывающего оборудования или быть нейтральными к ним.

- Влияние СОТС на лакокрасочные покрытия оценивают по ГОСТ 9.403 и ГОСТ 9.407. Сущность испытаний заключается в определении внешнего вида покрытий после воздействия на них жидкости в течение заданного времени при $t\text{-ре } 20\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- **Масляные СОТС** обычно нейтральны к лакокрасочному покрытию, **водоэмульсионные** (в зависимости от состава) могут оказывать незначительное влияние или быть нейтральными, полусинтетические и **синтетические** - более агрессивны.
- СОТС должны обладать высокими антикоррозионными свойствами - надежно защищать станочное оборудование от коррозии, а также гарантировать антикоррозионную защиту готовых изделий на определенный межоперационный период даже при неблагоприятных атмосферных условиях их хранения. Особенно это касается консервационно-штамповочных масел типа «Прелюб». Защитная способность СОТС оценивается по ГОСТ.

ИСПАРЯЕМОСТЬ СОТС

характеризуется скоростью перехода продукта из жидкости в пар. На практике различают два вида испаряемости:

- - статическую испаряемость с поверхности жидкости, находящейся в покое и в неподвижном воздухе.
- динамическую испаряемость, когда жидкость и/или воздух находятся в движении.

При эксплуатации СОТС имеют место оба вида испаряемости. Как статическое, так и динамическое испарение зависит от многих факторов: т-ры жидкости и воздуха, поверхности испарения, условий подачи в зону резания СОТС и их свойств.

Масляные СОТС при хранении и в рабочих условиях испаряются, что приводит к повышению пожароопасности производственных помещений и загрязнению окружающей среды. Поэтому при создании новых СОТС испаряемость стремятся понизить до минимума подбором нефтяного масла с узким фракционным составом и высокой т-рой вспышки.

Нефтяные масла одинаковой вязкости могут испаряться по-разному, что объясняется их углеводородным составом.

Масла с высоким содержанием **ароматич. > нафтеновых > парафиновых.**

Высокоиндексные масла характеризуются низкими потерями от испарения. Кроме того, исп-сть СОТС зависит от фракционного состава нефтяной основы.

Предпочтительно, чтобы пределы выкипания базового масла для СОТС составляли 50-60°C, что обеспечивает снижение потерь жидкости от испарения, повышение пожаро- и взрывобезопасности. Кроме того снижается дымо- и

Продолжение

- Для снижения испаряемости СОТС необходимо исключить его перегрев, установить на рабочих местах оборудование для очистки воздуха и соответствующую вентиляцию

МОЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СОТС (СОЖ)

это способность СОЖ интенсивно удалять загрязнения с различных металлических поверхностей и диспергировать их в объеме

Лабораторная моечная установка:

1 - ванна с раствором СОЖ;

2 - съемная крышка;

3 - металлическая пластинка;

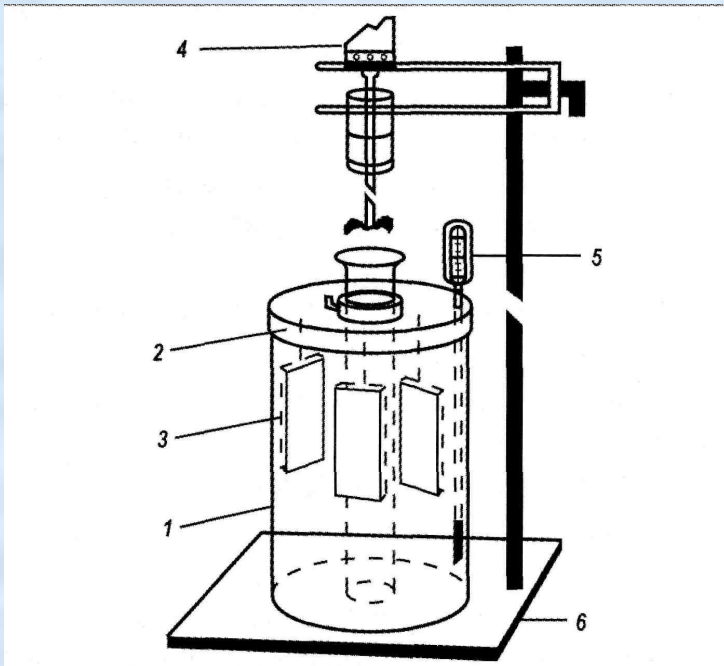
4 - электродвигатель с мешалкой;

5 – термометр

Моющую способность определяют по ф-ле:

$$M_c = (P_1 - P_2) - 100 / (P_1 - P_0),$$

где P_1 - масса загрязненной пластинки; P_2 - масса пластинки после мойки и сушки; P_0 - масса чистой пластинки.



ОКИСЛЯЕМОСТЬ СОТС

- приводит к существенному ухудшению качества СОТС: ускорению срабатываемости присадок и накоплению продуктов окисления, изменению цвета СОТС и повышению кислотности.
- Низкая хим. стабильность СОТС обуславливает их быстрое окисление, в результате образуются растворимые и нерастворимые в масле органич. кислоты, смолы, асфальтены и др. В продукте появляются осадки в виде шлака и шлама и агрессивные вещества, вызывающие коррозию металлов.
- Для стабилизации масляных СОТС против окисления наиболее часто используют алкилфенолы и бисалкилфенолы, напр. 4-метил-2,6-ди-трет-бутилфенол (ионол) и 4,4'-метилен-бис (2,6-ди-трет-бутилфенол).
- Присадки добавляют в количестве 0,1-0,2 % масс.
- Оценивается по определению эффекта действия кислорода или воздуха на нефтепродукт при повышенных т-рах в присутствии кт или без них. Недостаток методов: условия испытания не соответствуют условиям применения нефтепродуктов. Напр. кратковременные (10-14 ч) испытания непригодны для оценки потенциальной многодневной работоспособности масла в системах охлаждения станков и смазочных системах.

СМАЗЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА СОТС

- оценивают на 4-шариковой машине трения (ЧШМ) по ГОСТ 9490, ASTM D 2266 и ASTM D 2783, машине трения Timken по ASTM D 2782, машине трения Falex ASTM D 2782 , а также Reichert (несущая способность и противозадирные свойства). Определение на разных машинах трения может давать различные результаты, поэтому необходимо проводить сравнение для каждого конкретного случая с эталонной СОТС.
- Машины трения не моделируют процессы металлообработки, поэтому результаты испытаний СОТС на них и результаты, полученные при резании, не всегда совпадают. Однако результаты, полученные на машине трения, могут служить надежным ориентиром в оценке трибологических свойств СОТС.

СОТС ДЛЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Это газообразные, твердые, пластичные и жидкие технические вещества, вводимые в зону контакта абразивного инструмента и металлической заготовки для смазывания и охлаждения.

При выборе СОТС необходимо учитывать:

- способ алмазно-абразивной обработки;
- характеристику обрабатываемого материала и абразивного инструмента,
- режим резания;
- требования к точности обработки.

А.а.о. металлов относятся операции полирования, хонингования, шлифования.

Операции алмазно-абразивной обработки

Полирование - операция для уменьшения параметра шероховатости пв до $< 0,1$ мкм.

Осуществляют механическим, химическим, химико-механическим, электрохимическим и газохимическим методами. В качестве СОТС используют:

- порошки (твердые СОТС - алмаз, корунд, оксиды Cr, Fe, Al, известь),
- пасты (пластичные СОТС - порошки, жирные кислоты, ПАВ и т.д.),
- масла и эмульсии (жидкие СОТС - спирты, смолы, нефтяные сульфонаты кальция, эфиры жирных кислот и т.д.).

СОТС для полирования металлов называют полиролями.

Хонингование - финишная операция, применяемая для обеспечения высокой точности размеров и формы поверхности обрабатываемых изделий. Производят брусками (хонами) из оксида алюминия (корунда), карбида кремния на традиционных керамических и бакелитных связках, кубического нитрида бора (КНБ) и алмаза на сверхтвердых синтетических или металлических связках.

При хонинговании – очень высокие требования к точности обработки.

Хонингование при легких режимах осуществляется с применением низковязких нефтяных масел высокой степени очистки с т-рой вспышки не ниже 120°С и содержанием ароматических углеводородов не более 15% масс.

При жестких режимах хонингования в СОТС добавляют жировые продукты (животные жиры, растительные масла, жирные кислоты, эфиры жирных кислот и др.) или противозадирные присадки.

Из водосмешиваемых СОТС чаще всего для хонингования применяют синтетические или полусинтетические, т.к. требуются высокие моющие действия для эффективного смыва шлама с детали и инструмента и обеспечения высокого качества обрабатываемой поверхности.

Шлифование - чистовая обработка деталей шлифовальными кругами (или лентами).

Основные особенности:

- высокая скорость резания (в 10-50 раз превышающих скорость резания при лезвийной обработке),
- сильное размельчение (диспергирование) стружки,
- неблагоприятная геометрия режущих зерен абразивного круга,
- высокий нагрев обрабатываемой поверхности и стружки

Специальные требования к СОТС:

- более высокие диспергирующие и
- охлаждающие свойства.

Водосмешиваемые СОТС (эмульсии типа «масло в воде») - для чугуна, сталей, твердых сплавов и титана. Предпочтение отдается синтетическим или полусинтетическим СОТС

Маловязкие масляные СОТС ($v_{50}=3-10$ мм²/с) - при чистовом и тонком шлифовании сталей и сплавов, склонности металлов к образованию микротрещин и применении станков с управлением от ЭВМ.

Вязкие масляные СОТС ($v_{50}=20-30$ мм²/с) с противозадирными и др. присадками - при шлифовании сложных профилей резьбы, зубьев и винтовых поверхностей

Чистые нефтяные масла ($v_{50}=12-20$ мм²/с) – при ленточном шлифовании (иногда с небольшим содержанием противозадирных присадок).

Газообразные СОТС (активные кислородсодержащие - воздух, углекислый газ, кислород) - специальные стали и сплавы, заточка режущего инструмента. Активные газы способствуют образованию защитных пленок в зоне контакта металлов, снижают трение и засаливание круга.

Скоростное шлифование - высокопроизводительный процесс вышлифовывания канавок и пазов в заготовках из закаленных и незакаленных материалов: скорость резания 30-45 м/с с большой подачей на глубину (глубинное шлифование), при шлифовании под углом (врезное шлифование) и продольном шлифовании.

Преимущество скоростного шлифования - возможность изготовления изделия (например, сверла, ролика, ходового винта) на одном станке и за один проход.

СОТС должно обеспечить интенсивное охлаждение детали, очистку рабочей поверхности абразивного инструмента и удаление из зоны обработки металлической стружки и продуктов износа шлифовального круга.

Условия применения:

- Давление СОТС - до 0,5-2,5 МПа, расход -180-400 л/мин на 1 см³ снимаемого металла или не < 10 л на 1 мм ширины шлиф. круга.
- Т-ра циркулирующей в системе жидкости - не более 55°С, степень загрязнения твердыми механическими примесями - не более 0,2 г/л.
- Обильная подача СОТС под высоким давлением вызывает ее разбрызгивание и распыление, что требует герметизации зоны обработки, установки брызговиков, устройств отсасывания тумана и очистки воздуха.

СОТС ДЛЯ ВОЛОЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Это твердые или жидкие технические вещества, вводимые в зону волочения проволоки или прутков для получения сортового проката с высокой точностью геометрических размеров и хорошим качеством поверхности.

СОТС играет особую роль при высоких скоростях и обжатиях, снижая трение и износ.

Для процесса волочения проволоки при выборе СОТС учитывается:

- характеристика проволоки - твердость и состояние после термической обработки,
- чистота и качество поверхности
- тип волочильного стана
- характеристика инструмента.

Простые минеральные масла - при гидродинамической смазке, т.к. эффективность смазывания зависит только от вязкости масла. Важную роль играет углеводородный состав масла, так как вязкость циклических углеводородов растет с увеличением давления быстрее, чем парафиновых.

Масла с добавками полярных присадок, активных в зоне трения, когда не м.б. обеспечен режим гидродинамической смазки.

Водосмешиваемые СОТС (эмульсии типа «масло в воде») - если помимо смазывающего действия, требуется интенсивное охлаждение в зоне деформации.

Применяют также синтетические СОТС без минерального масла.

Используемые при волочении водосмешиваемые СОТС должны содержать компоненты (жирные кислоты, их эфиры и мыла и т.п.), к-рые при высоких т-рах деформации образуют комплексные соединения мыл с солями металлов на поверхности заготовки.

При сухом волочении используют соли металлов (стеараты алюминия), т.е. порошки. Порошки обычно применяют при черновом волочении.

СОТС ДЛЯ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Это - жидкое техническое вещество, вводимое в зону контакта лезвийного режущего инструмента и металлической заготовки для смазывания и охлаждения.

Основные факторы при выборе СОТС:

- вид технологической операции,
- обрабатываемость металлов,
- режимы резания.

Водосмешиваемые СОТС - при черновом точении и фрезеровании для теплоотвода из зоны резания

Чистые масла без присадок и с присадками - при чистовых операциях для смазывания

Водосмешиваемые СОТС – для отдельных операций сверления, пиления и точения.

Эмульгирующиеся или масляные СОТС с противоизносными и противозадирными присадками - при резании труднообрабатываемых сталей и сплавов для подавления адгезионных и диффузионных процессов

Присадки: синергетические смеси высокощелочных сульфонатов кальция с активными серосодержащими присадками, напр. растворенной серой, полисульфидом (содержание серы более 40% масс.) и/или сульфидированными жировыми продуктами

Многоцелевые СОТС должны удовлетворять ряду дополнительных требований:

- низкое давление паров жидкости для избежания кавитации;
- высокая деаэрирующая способность;
- оптимальная вязкость;
- высокие вязкостно-температурные характеристики.

Глубокое сверление

- Водосмешиваемые СОТС (эмульсионные, полусинтетические, синтетические) используют при низких нагрузках и т-рах в зоне резания т.е. при обработке легко и нормально обрабатываемых материалов.
- Активные масляные СОТС с серо- и фосфорсодержащими присадками - при сверлении труднообрабатываемых материалов.
- Для снижения износа опорных планок в жидкость добавляют жировые продукты.
- СОТС с v_{50} 6-12 мм²/с - при сверлении (при °С) глубоких отверстий диаметром до 30 мм, с v_{50} 15-25 мм²/с - более 30 мм.
- СОТС подают под давлением для снижения трения в зоне контакта режущего инструмента, отвода теплоты и обеспечения непрерывного схода стружки. Скорость движения жидкости по передней поверхности сверла должна в 5-10 раз превышать скорость схода стружки.

Нарезание резьбы

На операциях нарезания резьбы в большинстве случаев наиболее эффективны масляные СОТС активного ряда.

Чем больше содержание активной серы в жидкости и чем выше ее активность, тем выше качество резьбы и стойкость режущего инструмента.

Маловязкие масла (с v_{50} до 10 мм²/с) применяют при нарезании мелких резьб и резьб в глухих отверстиях.

Средневязкие или высоковязкие (с v_{50} 15-150 мм²/с) - для обеспечения лучших смазывающих свойств, снятия вибраций режущего инструмента и предотвращения быстрого стекания СОТС с инструмента и детали.

Высокую эффективность при нарезании резьб обеспечивают синергетические смеси в масле элементной серы (или полисульфидов, или сульфированных сложных эфиров ненасыщенных жирных кислот) и щелочных сульфонатов кальция или их смеси с добавкой сульфидированных жиров или сульфидированных эфиров ненасыщенных жирных кислот.

Для нарезания резьб могут применяться и водосмешиваемые СОТС.

Протягивание

Характеризуется небольшими скоростями резания и изменением глубины резания, приходящейся на один режущий зуб, а также затрудненным отводом стружки из-за небольших размеров ячеек в протяжке для сбора стружки.

При протягивании используют масляные СОЖ (с v_{50} 4-10 и 10-20 мм²/с), содержащие в качестве противозадирных присадок хлорированные жиры или хлорированный парафин.

Иногда вводят жиры и активные серосодержащие присадки.

В последние годы - синергетические смеси в нефтяном масле сульфонов щелочных металлов, сульфидированных жировых продуктов и (или) активных серосодержащих присадок.

Водосмешиваемые СОТС применяют только при протягивании низкопрочных сталей, цветных и легких металлов и их сплавов.

Строгание, зубонарезание, зубофрезерование, зубодолбление черных металлов и их сплавов обычно осуществляют с использованием масляных СОТС с жировыми и противоизносными и противозадирными серосодержащими активными присадками

СОТС ДЛЯ ПРОКАТКИ МЕТАЛЛОВ

(технологические смазки)

Это - твердое, пластичное или жидкое СОТС, вводимое в зону обработки металла для охлаждения валков, снижения трения, повышения коэффициента вытяжки и снижения давления на валки.

Твердые смазки - при прокатке на тихоходных станах, не требующих охлаждения валков (церезин, смеси парафина, воска и канифоли, смеси очищенного воска и солидола, смеси парафина и твердых жиров).

Минеральные масла повышенной вязкости – при горячей прокатке, где охлаждение имеет повышенное значение, растительные и животные жиры, смеси природных и синтетических жиров с минеральными маслами и эмульсии.

Эмульсии типа «масло в воде» с содержанием масла 2-5% об. - при горячей прокатке алюминия

Масляные композиции и эмульсии – при прокатке стали

Перед холодной прокаткой листы из черных металлов промасливают эмульсионными СОТС.

При холодной прокатке алюминия используют высокоочищенные керосиновые фракции с v_{20} 2-6 мм²/с с добавкой полярных соединений, напр. спиртов алифатического ряда, с присадками (антиокислительными, антистатическими и присадками, понижающими трение и усилия пластической деформации). Т-ра конца кипения углеводородной смеси не должна быть выше самой низкой т-ры отжига (320°С), типичной для производства алюминия.

При прокатке меди используются эмульсионные СОТС, при прокатке жести - маловязкие растительные жиры или синтетические жидкости, а тончайшей жести - масляные смеси.

СОТС ДЛЯ ШТАМПОВКИ МЕТАЛЛОВ

Это - твердое, пластичное или жидкое СОТС, вводимое в зону обработки металлов для обеспечения высокой стойкости штампа, облегчения скольжения металла по контактной поверхности, улучшения пластической деформации металла без его разрушения.

Горячая штамповка - минеральные масла



в чистом виде или с наполнителями, водные растворы солей, водные и масляные суспензии графита, стеклосмазки, термостойкие эмали, смеси графита с MoS_2 , пластичными смазками и др.

Выбор и применение СОТС зависит от специфических особенностей операции, обрабатываемости металлов и эффективности обработки с применением той или другой среды.

СОТС ДЛЯ ШТАМПОВКИ МЕТАЛЛОВ

Холодное выдавливание:



Требования к СОТС:

- отвод теплоты и снижение трения и износа,
- предотвращение налипания металла на инструмент (пуансон и матрицу)
- создание защитной пленки между инструментом и заготовкой

Применяют металлические мыла в виде порошка, пластичные смазки, смесь порошков с пластичными смазками, а также минеральные масла с S-, P-, Cl-содержащими присадками и с наполнителями (графитом, MoS_2 и т.п.).

При холодном выдавливании цветных металлов применяют: пластичные смазки, воски или минеральные масла, содержащие соединения хлора, растительные или животные масла, жирные кислоты. Эти соединения образуют в процессе выдавливания соответствующие мыла металлов, к-рые формируют разделительный слой между инструментом и деталью. Т-ра плавления образующихся мыл должна быть выше т-ры в зоне деформации металла.





Прессование металлов:

- нефтепродукты с наполнителями, особенно слоистыми
- графит и графитсодержащие смазки
- вещества, плавящиеся в условиях деформации (стекло, шлаки, горные породы, соли и др.).

Глубокая вытяжка:

- композиции на основе минерального масла (могут содержать антикоррозионные и смазывающие добавки, графит, мел, тальк и др.)
- иногда используют мыльные эмульсии, пластичные СОТС.
- При глубокой вытяжке труднообрабатываемых материалов также применяют композиции на основе высоковязких масел с добавкой противозадирных присадок (S-, P-, Cl- содержащих), а иногда и наполнителей.

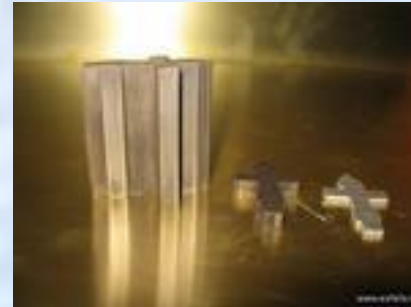


Высадка (уменьшение длины части заготовки с получением местного увеличения поперечных размеров).

При выборе СОТС для высадки основное значение должно уделяться его вязкости, смазочным свойствам, смачивающей способности и защитным свойствам.



СОТС ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ



Это - жидкое техническое легко ионизируемое вещество, используемое для заполнения ванны электроэрозионной обработки, для создания такой изоляции между электродами, при которой электрический разряд возникает только при малых расстояниях между электродами.

Такие СОТС применяют на операциях резки, снятия с поверхности тонкого слоя металла и чистовой обработки деталей.

Требования:

- минимальная вязкость, обеспечивающая свободное прохождение через рабочий зазор,
- смывание шлама из зоны обработки
- эффективный теплоотвод
- низкая испаряемость при высокой т-ре вспышки во избежание интенсивного испарения, создающего угрозу пожара
- химическая инертность во избежание коррозии или воздействия на свойства электродов и образование ядовитых испарений.



Для электроискровой обработки применяют:

- высокоочищенные масляные фракции с низким содержанием ароматических углеводородов, с $\nu_{40} = 2-4,5 \text{ мм}^2/\text{с}$ и низкой электрической проводимостью.

При электроискровой обработке очень мелких деталей и с предельно малым рабочим зазором, при резке проволочными электродами в качестве диэлектрика часто применяют дистиллированную воду (она хорошо смывает шлам).

В качестве рабочей жидкости в электроэрозионных станках, напр. используются жидкости РЖ-3, РЖ-8, РЖ-8У

МЕХАНИЗМ РАБОТЫ СОТС

СМАЗЫВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СОТС

Это - уменьшение сил трения, схватывания, заедания, задира, изнашивания, нагревания и повреждения контактирующих поверхностей инструмента и заготовки под действием СОТС в зоне механической обработки металлов.



В зоне обработки между контактирующими металлическими поверхностями образуется *жидкостная, твердая, гидродинамическая, полужидкостная (смешанная) или граничная смазка* или различное их сочетание.

Уменьшает процессы *адгезии* и *когезии* металлов, снижает налипание и наростообразование на кромках инструмента, теплообразование, усилия обработки и шероховатость обработанной поверхности.

СМАЗЫВАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СОТС

(продолжение)

На смазывающие свойства СОТС влияют:

- операция и режим обработки**
- свойства обрабатываемого и инструментального материалов**
- геометрия инструмента.**

Смазывающие свойства определяется зависит от:

- скоростей химических реакций образования и изнашивания смазочных пленок**
- химического состава СОТС**
- способности смачивать поверхности обрабатываемого инструментального металла**
- трибологических характеристик**

ОХЛАЖДАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СОТС

Это - уменьшение тепловыделения в зоне механической обработки металлов под воздействием СОТС. О.д. СОТС основано на законах теплообмена.

Нагретые до высоких температур режущий инструмент, заготовка и стружка передают путем конвективного теплообмена смазочно-охлаждающей среде часть теплоты. Теплоотводы, связанные с излучением, испарением и химическими реакциями невелики.

Поэтому при оценке охлаждающего действия СОТС ограничиваются рассмотрением конвективного теплообмена, который зависит главным образом от теплофизических свойств и гидродинамических условий подачи жидкости.



- На теплообмен наиболее сильно влияют:
вязкость,
- теплопроводность,
- теплоемкость,
- плотность
- смачиваемость СОТС
- разность температур охлаждаемой поверхности и потока жидкости.

ОХЛАЖДАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СОТС

(продолжение)

Эффективность о. д. СОТС повышается при подаче жидкости в распыленном состоянии, под давлением или через внутренние каналы в инструменте по сравнению с подачей СОТС свободнопадающей струей

Достоинства:

Охлаждающее действие СОТС повышает стойкость режущего инструмента, уменьшает шероховатость поверхности и погрешность размеров изделия, вызываемую термическими деформациями.

Недостатки:

При фрезеровании твердосплавным инструментом с высокой скоростью резания, применение СОТС ведет к колебаниям т-ры режущей части фрезы и уменьшению ее стойкости.

Интенсивное охлаждение поверхности обрабатываемого изделия приводит к возникновению в металле внутренних напряжений растяжения, что ухудшает эксплуатационные свойства.

МОЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СОТС

Это - совокупность физико-химических процессов, приводящих к очистке поверхностей обрабатываемой заготовки, инструмента и деталей станка от шлама и стружки.

Начальная стадия - смачивание загрязненных поверхностей, металлических и неметаллических частиц.

Одновременно ПАВ молекул СОТС взаимодействуют с поверхностью твердых тел с образованием на них двойного электрического слоя или сольватной оболочки. Защищенные адсорбционными слоями (оболочками) твердые частицы шлама не слипаются между собой, не налипают на механические поверхности, удерживаются в объеме СОТС и легко уносятся ее потоком.

Последующие стадии моющего действия СОТС сводятся к образованию устойчивых суспензий шлама.

Моющее действие СОТС зависит от:

- моющей способности СОТС, подаваемого в зону обработки,**
- скорости потока**
- способа подачи.**

СМАЧИВАНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ СОТС

Это - явление, возникающее при соприкосновении жидкости с поверхностью твердого тела или др. жидкостью. При контакте жидких СОТС с твердым телом прежде всего происходит смачивание и растекание СОТС по поверхности тела.

Характер смачивающего действия СОТС определяется краевым углом смачивания - углом между касательной к поверхности капли СОТС и смоченной поверхностью твердого тела. Свойства жидкости смачивать поверхность твердого тела, в первую очередь, связывают с работой адгезии, обусловленной поверхностной энергией взаимодействующих материалов.

Хорошее смачивающее действие СОТС обеспечивается при низких значениях поверхностного натяжения и небольших краевых углах смачивания.

Растекаемость по твердой поверхности зависит от ее поверхностных свойств, от вязкости и т-ры. Скорость растекания жидкостей возрастает с уменьшением вязкости и повышением т-ры.

Водосмешиваемые и масляные СОТС хорошо растекаются по поверхности металлов и смачивают ее. Это подтверждают изменения краев смачивания СОТС платиновой пластинки во времени, кинетика растекания СОТС по поверхности металла, а также поверхностное натяжение на границе фаз.

ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СОТС

Это - способность СОТС облегчать и локализовать пластическую деформацию металла в результате адсорбции или хемосорбции ПАВ на его поверхности. В результате облегчается выход *дислокаций** на поверхность металла, что улучшает его пластичность. Движение дислокаций на поверхность металла и составляет сущность пластической деформации.

Образующийся пластифицированный (размягченный) слой играет роль смазочного материала и препятствует налипанию обрабатываемого материала на режущий инструмент. Это улучшает качество обрабатываемой поверхности и уменьшает усилия резания.

Способностью к адсорбционному пластифицированию поверхности металлов обладают органические кислоты, эфиры, спирты, сульфиды, хлориды, расплавы некоторых металлов, амины и др. вещества.

*Дислокации – смещение, дефекты кристаллов

РЕЖУЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ СОТС



Это - облегчение разрыва химических связей в обрабатываемом материале под воздействием СОТС или способность облегчить разрушение и дробление (диспергирование) металла, т.е. оказать действие, способствующее образованию новой поверхности. Режущее действие - одно из функциональных действий СОТС при обработке металлов резанием.

Механизм изменения прочности твердых тел в присутствии растворов ПАВ:

- ПАВ изменяет поверхностную энергию твердых тел
 - облегчаются зарождение и распространение микротрещин в металле
-
- в самых узких местах микротрещин возникают дополнительные расклинивающие давления, вызываемые адсорбционными слоями, что приводит к «охрупчиванию» металла и его разрушению.
 - хрупкость металла может повышаться за счет диффузии атомов и ионов СОЖ в деформируемые слои
- В результате прочность металла в зоне деформации быстрее достигает предельного значения и металл разрушается при меньших затратах энергии

ПРИМЕНЕНИЕ СОТС



**Полный комплект
оборудования для подачи
СОТС**

Влияние СОТС может существенно изменяться в зависимости от следующих основных факторов:

- вид обработки,
- свойства обрабатываемого и инструментального материала,
- режимы механической обработки,
- конструкция инструмента и др.

При выборе СОТС необходимо знать, какое действие (смазывающее, охлаждающее, диспергирующее, моющее и др.) или комплекс действий оно должно оказывать в конкретных условиях обработки.

Выбор СОТС для обработки металлов резанием

СОТС для обработки металлов резанием выбирают в зависимости от тяжести технологической операции (вида обработки).

По уменьшению относительной тяжести и увеличению скорости резания операции лезвийной и абразивной обработки можно условно расположить в следующем порядке:

внутреннее протягивание \Rightarrow нарезание внешней и внутренней резьбы \gg поверхностное протягивание $>$ профильное (резьбо- и фасонное) шлифование $>$ нарезание обычной резьбы \gg зубонарезание $>$ глубокое сверление \gg сверление и расточка $>$ фрезерование \gg точение \gg распиловка и отрезка \gg силовое и скоростное шлифование \gg обычное шлифование $>$ хонингование и номерование

(продолжение)

Тяжесть технологической операции не является единственным фактором выбора правильной СОТС.

На выбор СОТС для операций обработки металлов резанием влияют режимы обработки (подача, скорость, глубина резания, конструкция режущего инструмента) и обрабатываемость металла.

СОТС для различных металлов могут существенно отличаться составом и свойствами. Правильный выбор СОТС обеспечивает ее рациональное применение.

СМАЗОЧНО-
ОХЛАЖДАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СРЕДСТВА

для обработки
металлов резанием

СПРАВОЧНИК

СОТС

СМАЗОЧНО-
ОХЛАЖДАЮЩИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СРЕДСТВА

Справочник

МАШИНОСТРОЕНИЕ

(продолжение)

Техника применения СОТС сложная.

При приготовлении рабочих растворов жидких СОТС из концентратов (масляных, эмульсолов, синтетических или полусинтетических):

- подготавливают основу (масло для масляных СОТС и воду для водосмешиваемых СОТС),
- в основу вводят концентрат СОТС при перемешивании
- подготавливают систему применения СОТС к эксплуатации
- заправляют систему приготовленной рабочей жидкостью

В процессе эксплуатации СОТС контролируют:

- рабочую концентрацию СОТС (эмульсии, микроэмульсии, раствора),
- объемную долю свободных масел и механических примесей,
- биостойкость,
- стабильность,
- склонность к пенообразованию,
- коррозионное воздействие на металлы,
- значение рН и др. показатели и диагностируют его состояние.

Если рабочая жидкость загнивает, ее обеззараживают путем добавления биоцидных присадок к СОТС. При необходимости уменьшают жесткость воды, проводят дегазацию водной или масляной основы СОТС, флотацию СОТС, гидроциклонную экстракцию, магнитную или электромагнитную сепарацию СОТС, а также другие мероприятия, направленные на продление срока службы СОТС.

Технология получения СОТС

ЖИДКИЕ СОТС (СОЖ)

СОЖ разделяют на:

масляные,

водосмешиваемые,

быстроиспаряющиеся,

расплавы металлов,

расплавы солей и др. веществ.

Самые распространенные СОТС при обработке металлов - масляные и водосмешиваемые, что обусловлено их более активными по сравнению с газообразными, пластичными, твердыми и др. СОТС смазывающими, охлаждающими, моющими, пластифицирующими и др. действиями, экономичностью и доступностью.

Водно-масляные СОЖ

- это коллоидный раствор 6-10 различных компонентов в воде.

Основной компонент – эмульсол (75-85 % нефтяного масла с добавлением эмульгатора, присадок и других компонентов).

Масла - обычно индустр. с ν_{50} 30-40 мм²/с (иногда меньше).

Для получения водно-масляных СОЖ эмульсол на месте разбавляют водой (2-10 % эмульсола в растворе).

При выборе базового компонента и присадок учитывают обрабатываемость металла, трудность операции, срок службы инструмента, требуемое качество обработки и производительность процесса.

Например, для обработки коррозионно-стойких сталей и сплавов требуются СОТС с активными противозадирными присадками, а для стали и чугуна - различные сочетания неактивных или умеренно активных противозадирных присадок. Для обработки Al и Al-сплавов рекомендуют водосмешиваемые СОТС, в частности, эмульсолы, не содержащие присадок с активными компонентами, а требуемое качество обработки достигается за счет повышения рабочих концентраций СОТС до 8-20% масс.

продолжение

Содержание активных присадок сниженное в рецептурах СОТС для высокоскоростной обработки легкообрабатываемых металлов на операциях точения, сверления, фрезерования, а также для операций при медленных подачах и небольшой глубиной резания.

Многие годы при создании СОТС для обработки черных металлов использовали хлорированные парафины, опасные для окружающей среды. Теперь их заменяют активными или неактивными сульфидированными растительными маслами, жирными кислотами или их эфирами. Важными характеристиками сульфидированных присадок являются цвет, запах, активность, вязкость и полярность.

Масляные СОЖ

- это высокоочищенные нафтеновые или парафиновые базовые масла ν_{50} до 45 мм²/с с добавлением до 20 % растительных масел, а также композиций присадок. Чаще всего их применяют в прокате цветных металлов (Например, СОЖ "Укринол").

Примерный состав масляных СОЖ:

- маловязкая нефтяная основа;
- хлорпарафины (2-45 %);
- диалкилдитиофосфат цинка (5-12 %);
- многозольный сульфонат кальция (4-10 %);
- окисленный петролатум (2-15 %).

Эмульсолы и растворимые масла

- это смесь 20% масла и 80% H_2O с различными добавками и присадками для того, чтобы масло равномерно распределялось в водной среде.

Вода лучше других жидкостей снимает тепло при испарении, но ее воздействие на металл при его обработке приводит к коррозии, кроме того, при испарении она уносит частички металла.

Масло, с одной стороны имеет смазывающие свойства, что плохо для технологии обработки металлов, но зато оно образует пленку на поверхности и тем самым не позволяет воде попадать к узлам трения, а также не дает мелким частичкам металла попадать в пары воды.

Поэтому эмульсолы обладают высокой смазывающей и охлаждающей способностью.

ПРИСАДКИ К СОТС

- вещества, добавляемые к основе СОТС для придания новых свойств или усиления существующих.

В СОТС используются:

- антифрикционные,
- антикоррозионные, антиокислительные,
- противоизносные,
- противозадирные,
- депрессорные,
- вязкостные,
- противопенные,
- моющие и диспергирующие,
- биоцидные и другие присадки.

Применяются полифункциональные присадки (улучшающие одновременно несколько свойств) или пакеты присадок (смеси нескольких присадок).

Для тяжелых операций механической обработки труднообрабатываемых металлов в СОТС используются *присадки высокого давления (EP-присадки)*.

Технология получения СОТС

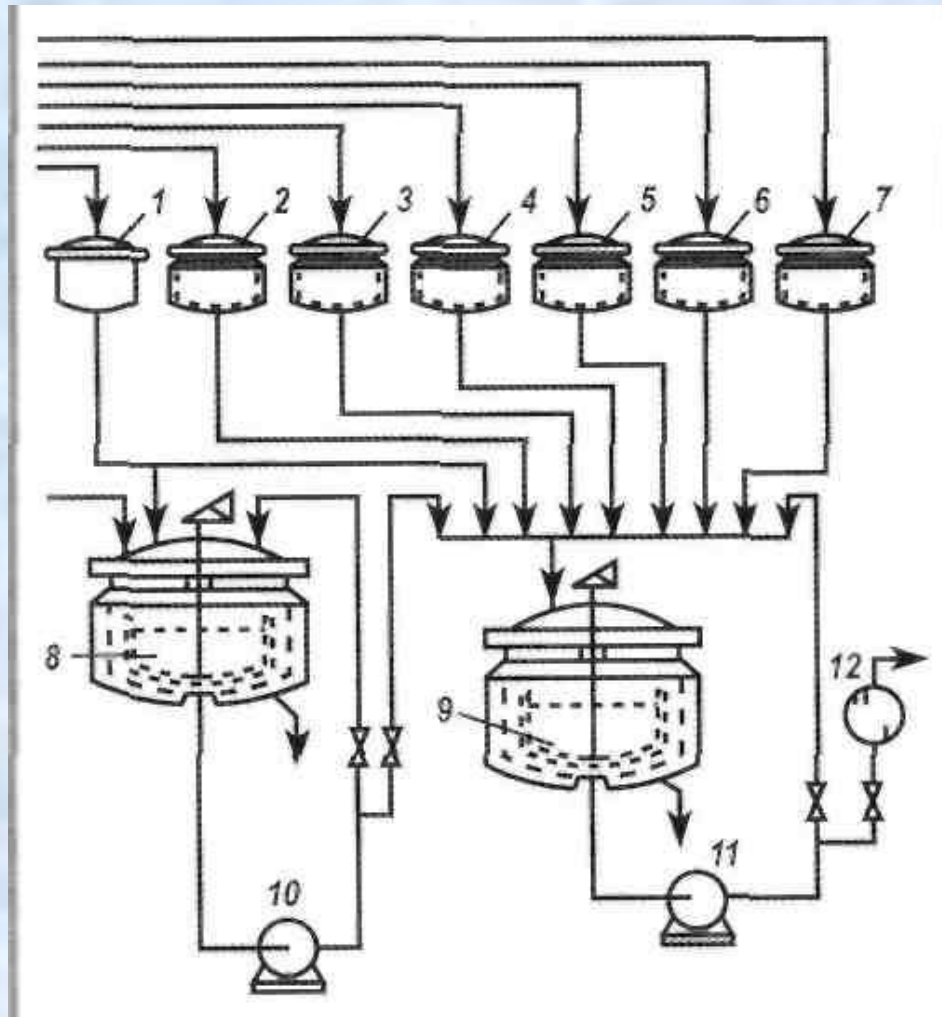
определяется его компонентным составом.

Типы установок:

- периодические - при малотоннажном производстве
- непрерывные - при специализированном крупнотоннажном производстве
- иногда используются полунепрерывные технологические схемы.

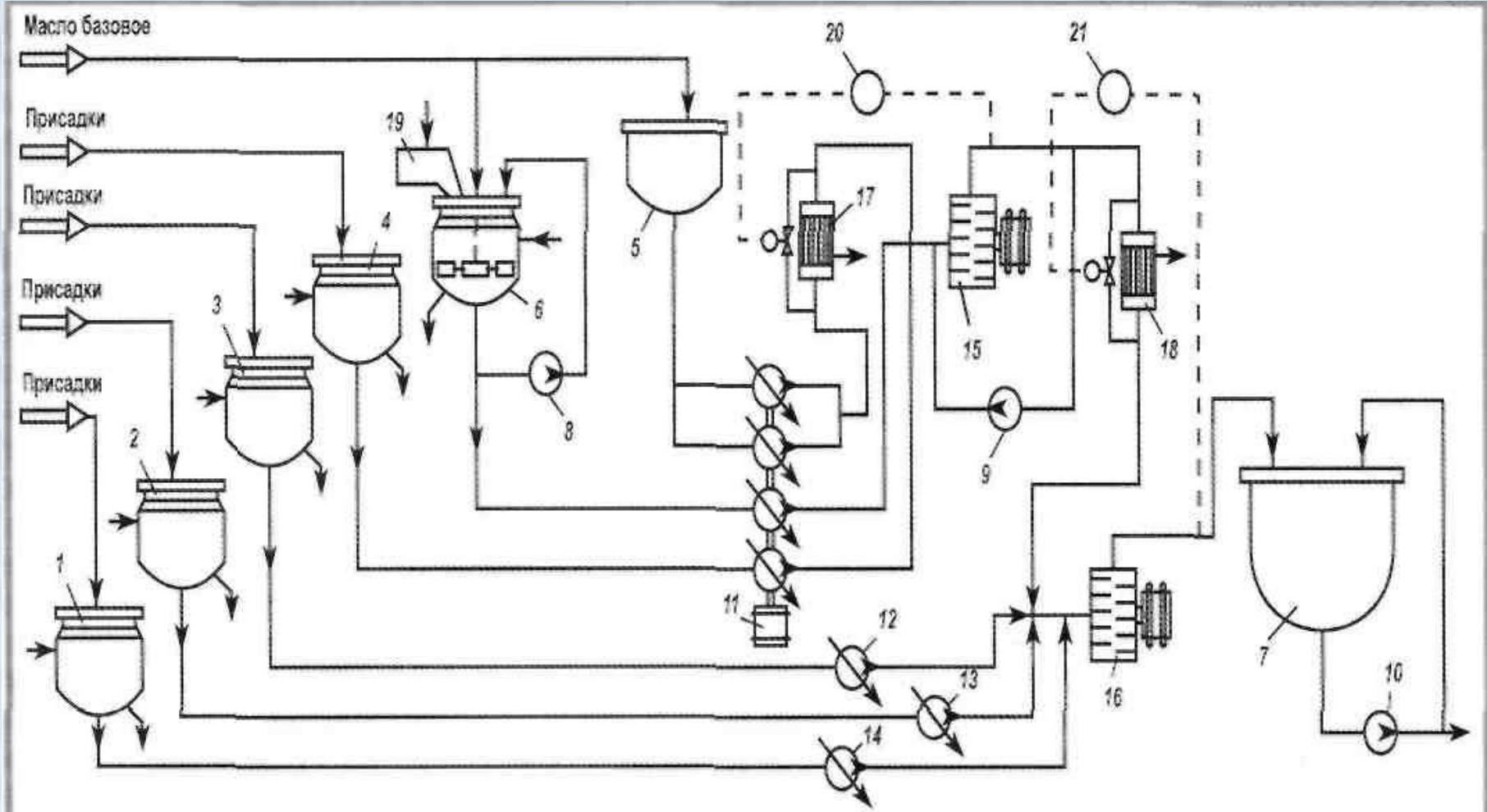
Процесс производства СОТС состоит из следующих стадий:

- подготовка сырья (проверка его качества по показателям ГОСТ или ТУ, разогрев вязких компонентов до текучего состояния, взвешивание и доставка на установку);
- получение полупродуктов (продуктов омыления растительных масел и жирных кислот, продуктов конденсации и осернения и др.);
- получение концентрата СОТС (компаундирование компонентов);
- предварительный анализ готового продукта;
- фильтрация, затаривание и паспортизация.



Технологическая схема периодической установки получения концентратов СОТС

1-7 - дозирующие емкости для компонентов; 8 - реактор-смеситель для приготовления смеси сыпучих или труднорастворимых компонентов;
 - реактор-смеситель для получения СОТС; 10 – 11 - насосы; 12 - фильтр



Технологическая схема установки получения концентратов СОТС при непрерывном режиме работы:

1-5 - дозирующие емкости для компонентов; *6* - реактор-смеситель для приготовления смеси сыпучих или труднорастворимых компонентов; *7* - емкость готовой СОТС; *8-10* - циркуляционные насосы; *11-14* - дозировочные насосы; *15, 16* - смесители; *17, 18* - теплообменники; *19* - дозатор сыпучих присадок; *20, 21* - регуляторы температуры

Приготовление СОТС

Приготовление масляных СОТС в основном заключается в смешивании присадок с базовым маслом, при температурах, обеспечивающих их полное растворение.

Приготовление водосмешиваемых СОТС

Малокомпонентные эмульсолы получают в одну стадию путем растворения в минеральном масле эмульгаторов, ингибиторов коррозии и присадок функционального назначения при t -ре 60-85°C.

Эмульсолы более сложного состава получают в две стадии:

- приготовление базового полифункционального компонента при t -ре 100-150°C
- компаундирование базового компонента с минеральным маслом и другими компонентами СОТС при заданной t -ре.

(продолжение)

Приготовление полусинтетических СОТС - процесс многостадийный, включает стадии получения водорастворимой и маслорастворимой части СОТС и их смешивание.

В зависимости от рецептурного состава СОТС и структуры производства можно уменьшить или увеличить число стадий получения СОТС.

Приготовление синтетических СОТС происходит путем смешения различных компонентов с водой, гликолями или их смесью.

Получение синтетических СОТС может включать получение полупродуктов, напр. мыл, эфиров и т.д. с последующим их смешением.

СОТС готовят в герметично закрытой аппаратуре. Установка должна быть оборудована вытяжной вентиляцией и необходимой контрольно-измерительной аппаратурой. Пары из реакторов-смесителей улавливают и после абсорбционной очистки подают в общую цеховую вентиляционную систему

Приготовление водосмешиваемых СОТС при применении состоит из подготовки воды (снижение жесткости, умягчение, обезжелезивание, деионизация и обеззараживание) и смешивание с водой концентрата СОТС.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ЖИДКИХ СОТС

- восстановление исходных физико-химических свойств функционирующей или отработанной СОЖ. При регенерации выполняют следующие операции:
 - обезжиривание
 - нейтрализация,
 - восстановление водной фазы,
 - обезвоживание масляных СОЖ,
 - введение в них концентратов, эмульсолов, присадок различного назначения.

Регенерацию отработанных СОТС проводят:

- на машиностроительных предприятиях, где они используются, - с целью их повторного использования при обработке металлов резанием или по др. назначению
- на специализированных предприятиях.

Регенерация отработанных масляных СОТС и масел, выделенных из отработанной эмульсии

Стадия	Назначение	Процесс
1	Глубокое удаление воды и механических примесей	Осаждение
2	Удаление низкокипящих фракций и остаточной воды	Атмосферная перегонка до температуры около 250°C
3	Удаление продуктов окисления и присадок	Сернокислотная очистка с последующей нейтрализацией известью
4	Удаление кислого гудрона	Слив, фильтрование
5	Разделение на один или два маловязких дистиллята и остаток	Вакуумная перегонка (8-10 кПа)
6	Отбеливание и стабилизация фракции	Очистка отбеливающей глиной

Регенерация водосмешиваемых СОТС.

Отработанные водосмешиваемые СОТС содержат металлические частицы, продукты термодеструкции компонентов СОТС, грибные образования и продукты жизнедеятельности бактерий масла, вытекающие из гидравлических систем и др.

Регенерация водосмешиваемых СОТС - процесс многостадийный.

1. Удаление механических загрязнений отстоем и фильтрацией (без подогрева)
2. Удаление минерального масла в маслоотделителе или с помощью полимерных флокулянтов
3. Обеззараживание СОТС от биопоражения добавлением биоцидных и фунгицидных присадок или с использованием механических или физических методов (например с использованием ультразвука, магнитной или термообработки).
4. Корректировка свойств СОТС по показателям ТУ добавлением концентрата водосмешиваемой СОТС и при необходимости др. корректирующих агентов (ингибиторы коррозии, стабилизаторы рН, умягчители воды, пеногасители и др.).

Способы утилизации СОТС

	Способ реализации	Способы утилизации
Отработанные масляные СОТС	Топливо в заводских котлах Закалочные среды	Добавление в жидкие топлива; обмасливание каменных углей для повышения их калорийности Очистка от механических примесей*, обезвоживание*, смешивание с чистыми маслами
Масло, выделенное из отработанных водосмешиваемых СОТС	Технологические смазочные материалы, используемые при литье и обработке металлов давлением Основа для изготовления грунтовок, красок, мастик и др. Основа для изготовления полирующих средств	Очистка от механических примесей, обезвоживание, загущение, введение добавок (графита, MoS_2 , алюминиевого порошка и др.) То же Очистка от механических примесей, обезвоживание, введение специальных добавок

*Очистке от механических примесей и обезвоживанию подлежат только отработанные масляные СОТС, которые не подвергались регенерации