

На правах рукописи

**ШАШИН АНДРЕЙ ДМИТРИЕВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЖ  
НА ПРОЦЕСС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНСТРУМЕНТА И  
ЗАГОТОВКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ**

**Специальность: 05.03. 01 - Технологии и оборудование механической и  
физико-технической обработки**

**А в т о р е ф е р а т**  
**диссертация на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

**Москва - 2003**

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Московском государственном индустриальном университете (ГОУ МГИУ).

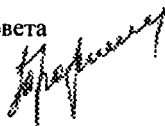
Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Берлинер Эдуард Максович
Научный консультант	кандидат технических наук, доцент Герасин Александр Николаевич
Официальные оппоненты:	доктор технических наук, профессор Гречишников Владимир Андреевич, кандидат технических наук, доцент Мороз Вячеслав Георгиевич
Ведущее предприятие:	Экспериментальный научно- исследовательский институт металло- режущих станков (ОАО ЭНИМС)

Защита диссертации состоится «17» декабря 2003 года в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.129.01 в Московском государственном индустриальном университете (ГОУ МГИУ), по адресу: 115280, Москва, Автозаводская ул., дом 16.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГИУ.

Автореферат разослан «17» ноября 2003 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат технических наук, профессор



О.Ф.Трофимов

2003-A  
19307

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** В настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию технологии механической обработки, повышению производительности и точности обработки деталей машин, повышению стойкости инструмента. Использование новых смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) на некоторых операциях обработки металлов резанием позволяет в 2-4 раза повысить стойкость инструмента, в несколько раз уменьшить высоту микронеровностей обработанной поверхности и остаточные напряжения, на 40-50% увеличить производительность обработки, снизить затраты энергии на резание.

В настоящее время нет общепризнанной теории, объясняющей многочисленные аспекты механизма действия СОЖ, не разработаны научные основы синтеза и подбора состава эффективных СОЖ. СОЖ выбирается в основном эмпирическим путем на основе личного опыта специалистов или по результатам станочных испытаний. Такой метод подбора оптимального состава требует больших временных и материальных затрат и не гарантирует получения наилучших результатов.

Результаты испытаний различных СОЖ, проведенные с разными инструментальным и обрабатываемыми материалами, трудно сопоставимы. Если при подборе инструментальных материалов достаточно учитывать два-три показателя, например такие, как теплостойкость, твердость, то для СОЖ эти критерии не найдены.

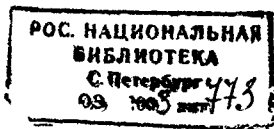
Исследование сложных и многообразных процессов, происходящих в зоне резания, затрудняют большие градиенты температур и давлений в поверхностных слоях инструмента и заготовки, высокие скорости деформаций.

Повышение технологической эффективности СОЖ является комплексной многокритериальной проблемой, и выбранное направление исследования является актуальным.

**Объектом исследования** являются смазочно-охлаждающие жидкости, используемые на машиностроительных заводах при обработке металлов резанием.

**Методы исследования.** Теоретические исследования проводились с использованием научных основ процесса резания металлов, технологии машиностроения, физической химии и трибологии. Экспериментальные исследования проводились на модельных установках, натуральных стендах и металлорежущих станках.

**Достоверность результатов,** полученных при проведении исследований, подтверждена разработанными теоретическими положениями по повышению эффективности СОЖ и экспериментальными данными лабораторных и производственных испытаний.



**Цель исследования:** разработка теоретических основ повышения качества, точности и производительности обработки деталей машиностроения за счет применения эффективных составов СОЖ и целенаправленного подбора их компонентов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ механизма действия СОЖ в процессе резания;
- разработать теоретические вопросы, базирующиеся на анализе факторов, обеспечивающих повышение эффективности обработки металлов резанием за счет подбора оптимального состава СОЖ;
- разработать методы количественной оценки функциональных свойств СОЖ на модельных установках;
- провести исследование различных составов СОЖ на стендах и металлорежущих станках в лабораторных и производственных условиях.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

- на основе системного подхода выполнен комплексный анализ механизма действия СОЖ в процессе резания;
- предложена теоретическая модель, объясняющая механизм действия СОЖ в процессе резания;
- выполнены теоретические и экспериментальные исследования, позволяющие дифференцированно оценить режущие и смазочные свойства СОЖ.

**Практическая значимость** работы состоит в том, что предложена методика и разработаны методы комплексных испытаний, позволяющих разработчикам создавать новые эффективные составы СОЖ. Применение результатов исследований позволяет существенно сократить время и материальные затраты на создание новых составов СОЖ.

**Реализация результатов работы.** Разработанные методики прошли проверку на АМО ЗИЛ и ОАО ЭНИМС. Теоретические результаты исследований используются в учебном процессе МГИУ.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на конференции ученых МГИУ в Москве 2002 году и на 11 Всероссийской научно-практической конференции «Инновации в машиностроении» в Пензе в 2002 году.

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 4-х печатных работах общим объемом более одного печатного листа (авторского текста более 0,8 п.л.).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы. Объем работы 118 страниц машинописного текста, включая 12 таблиц и 18 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы выполненных исследований. Применение эффективных СОЖ – один из наиболее выгодных способов повышения качества, точности и производительности обработки деталей машин, так как внедрение новых составов не требует капитальных затрат.

СОЖ представляют собой сложные системы, качество которых оценивается по большому количеству параметров. Номенклатура СОЖ постоянно изменяется в связи с возрастающими требованиями по производительности и качеству обработки.

**В первой главе** рассмотрены различные смазочно-охлаждающие технологические средства, используемые при обработке металлов резанием, указаны области применения различных марок СОЖ на водной и масляной основе, приведено уравнение теплового баланса в процессе резания.

Выбор СОЖ при разработке технологии обработки заготовок базируется на заданных технологических, экономических и эксплуатационных параметрах.

К технологическим параметрам относятся:

- достижение требуемой точности обработки, которая обеспечивается за счет снижения сил резания и трения в зонах контакта заготовки и инструмента, лучшего размещения стружки в канавках многозубых инструментов и лучшего удаления из зоны резания стружки и абразивных частиц, что способствует уменьшению деформации заготовки и инструмента;
- обеспечение заданного качества обработанной поверхности: уменьшение ее шероховатости, глубины и интенсивности наклепа;
- снижение интенсивности размерного износа инструмента.

Подбор СОЖ должен производиться с учетом обрабатываемого материала, выполняемой операции, требований, предъявляемых к качеству обработанной поверхности (шероховатость, микротвердость и др.), материала и геометрии режущего инструмента, режимов обработки и связанной с ними температуры в зоне резания.

Исследования известных российских ученых Н.Н. Зорева, А.И. Исаева, А.Я. Малкина и др. показали, что состав СОЖ оказывает влияние на процесс образования поверхностного слоя и величину усадки стружки.

Нагрев режущего инструмента в зоне контакта с прирезцово-й стороной стружки до высоких температур ( $t=700^{\circ}\text{C}$  и выше) и связанное с этим тепловыделение отрицательно влияют на инструмент и заготовку: вызывает снижение твердости режущего инструмента и потерю его режущих свойств, структурные превращения в поверхностном слое обрабатываемого металла. Температурные деформации режущего инструмента, приспособ-

собления, заготовки и станка влияют на точность обработки. Высокие температуры в поверхностном слое заготовки в процессе обработки приводят к погрешности формы и структурным изменениям в обрабатываемых поверхностях.

В настоящее время опубликовано большое количество работ, посвященных исследованию и внедрению серийно выпускаемых марок СОЖ на определенных операциях механической обработки. Возможно ли применение этих составов на других операциях обработки металлов резанием, при использовании других инструментальных или обрабатываемых материалов, определить трудно. В результате выполненного анализа делается заключение, что разработка и выбор СОЖ для различных операций обработки металлов резанием должны производиться на основании принципиально нового подхода, позволяющего прогнозировать эффективность СОЖ по научно обоснованным критериям.

Во второй главе рассмотрены теоретические основы повышения эффективности процесса резания за счет применения оптимальных составов СОЖ. Состав СОЖ, физико-химические процессы, протекающие в зоне контакта инструмент-заготовка, в значительной степени влияют на трибологические процессы в данной системе и выходные технологические параметры процесса резания.

Параметры, характеризующие трибологические процессы в зоне контакта инструмент-заготовка, можно представить в виде:

$$\Delta = f(\varepsilon_1; \varepsilon_2; \varepsilon_3; \varepsilon_4; \varepsilon_5), \quad (1)$$

где:  $\varepsilon_{1-5}$  - шероховатость контактирующих поверхностей (резец-стружка); их микротвердость, геометрические, температурные, частотные характеристики.

Данную зависимость в частных производных можно представить в виде:

$$d\Delta = \frac{\partial \Delta}{\partial \varepsilon_1} d\varepsilon_1 + \frac{\partial \Delta}{\partial \varepsilon_2} d\varepsilon_2 + \frac{\partial \Delta}{\partial \varepsilon_3} d\varepsilon_3 + \frac{\partial \Delta}{\partial \varepsilon_4} d\varepsilon_4 + \frac{\partial \Delta}{\partial \varepsilon_5} d\varepsilon_5, \quad (2)$$

Исходя из трибологических условий контакта системы инструмент-деталь можно, в частности, выполнять расчет стойкости режущего инструмента. Составлено уравнение, устанавливающее связь между заданной стойкостью режущего инструмента  $T_{и}$ , допустимым износом  $h$  и шероховатостью контактирующих поверхностей.

В большинстве работ, опубликованных в российской и зарубежной печати и посвященных СОЖ, рекомендуется разработку новых, более эффективных составов производить только по результатам их испытаний на

металлорежущих станках. Такой метод подбора компонентов требует большого количества новой СОЖ (примерно 100 – 400 литров) для заливки в станок. Он предполагает, что специалист, занимающийся созданием нового состава, хорошо знает специфику различных операций обработки металлов резанием.

На наш взгляд, на первых этапах разработки нового состава СОЖ подбор компонентов целесообразно производить по их функциональным свойствам: смазочным, режущим, охлаждающим, моющим, что позволит привлечь к разработке СОЖ большой контингент специалистов, занимающихся синтезом новых присадок для автомобильных, авиационных масел, для гидравлических жидкостей.

Количественная оценка целого ряда функциональных свойств жидкостей, выполненная на модельных установках регламентируется в России и за рубежом специальными стандартами. Проведение достоверных испытаний функциональных свойств СОЖ является важным этапом процесса направленного выбора высокоэффективных составов.

К сожалению, в большинстве монографий и статей по СОЖ или вообще не рассматриваются их функциональные свойства, или отсутствуют сведения об их количественной оценке. Содержание этих работ сводится к качественному описанию функциональных свойств.

Смазывающее действие СОЖ состоит в уменьшении реакционной способности образуемых в процессе резания ювенильных поверхностей, снижении количества и прочности адгезионных связей между контактирующими поверхностями, в уменьшении площади (длины) контакта стружки с передней поверхностью инструмента и в образовании граничной пленки, защищающей поверхность контакта обрабатываемого и инструментального материалов от физико-химической и механической деструкции.

Однако усиление смазывающих свойств СОЖ может иметь и отрицательные последствия в тех случаях, когда:

- введенные присадки усиливают коррозионно-механическое изнашивание инструмента;
- нарост оказывает защитное действие, например, при обработке сталей на сравнительно невысоких режимах резания инструментами из быстрорежущей стали;
- в зоне контакта инструмент-деталь образуются граничные пленки, которые имеют более высокую прочность, чем металл заготовки, что приводит к возрастанию сил резания;
- увеличивается количество зерен, скользящих по обрабатываемой поверхности и не участвующих в процессе резания, при внутреннем шлифовании и при недостаточной жесткости технологической системы, что снижает производительность и качество алмазно-абразивной обработки.

Значительный вклад в научное понимание физики явлений трения и изнашивания внесли российские ученые В.Д. Кузнецов, И.В. Крагельский, Б.И. Костецкий, А.С. Ахматов, Н.А. Буше, Н.Н. Давиденков, Ю.С. Терминасов, И.А. Буяновский, а за рубежом – Д. Арчард, Ф. Боуден, Д. Тейбор, Т. Кун и др.

СОЖ с хорошими режущими свойствами (эффект Ребиндера) обеспечивает уменьшение прочности тончайших поверхностных слоев обрабатываемого металла, сопротивление сдвигу и силы резания. Форма проявления эффекта Ребиндера зависит от химической природы обрабатываемого металла, его структуры, условий резания. Этот эффект может проявляться в виде: адсорбционного пластифицирования (облегчения пластического деформирования), адсорбционного понижения прочности и даже самопроизвольного диспергирования структуры твердого тела.

Наиболее сильно эффект П.А. Ребиндера проявляется при использовании жидкостей близких к твердому телу по молекулярной природе. Следует учитывать, что, если компоненты жидкости вступают в химическую реакцию с твердым телом, эффект адсорбционного понижения прочности не наблюдается.

Лучшими охлаждающими свойствами обладают водные СОЖ. Однако у них хуже смазочные свойства. При выборе СОЖ необходимо принимать во внимание режимы резания, так как для каждого инструментального материала существует оптимальная температура, обеспечивающая его максимальную стойкость. Например, для быстрорежущих сталей Р6М5, Р9, Р18 повышение размерной стойкости инструмента достигается при температуре 297°С, для твердых сплавов ВК8 и Т15К6 – при 197 и 777°С. Теплопередачу резко ухудшает образование паровой пленки на поверхности инструмента при резании.

**В третьей главе** разработана методология подбора и разработки новых составов СОЖ. При выборе СОЖ необходимо учитывать довольно большое количество факторов: химический состав обрабатываемого материала и инструмента, метод обработки, режимы резания, требования к точности и качеству обработанных поверхностей. Кроме того, следует принимать во внимание такие обстоятельства, как универсальность СОЖ (возможность применения на различных операциях механической обработки), ее стоимость, эксплуатационные, санитарно-гигиенические и сопутствующие свойства: возможность транспортировки зимой, легкость приготовления в производственных условиях, стабильность, воздействие на краску и отсутствие отложений на подвижных частях станка, возможность разложения и регенерации.

Для количественной оценки смазочных свойств СОЖ рекомендуется использовать машины трения скольжения с точечным контактом, позволяющим развивать более высокие давления, чем при линейном контакте.



В ряде опубликованных работ трибологические свойства жидкостей оценивают по коэффициенту трения в парах металл - металл или металл - абразивный инструмент. Проведенные модельные и станочные испытания более десяти составов водных и масляных СОЖ показали, что наиболее информативным показателем с точки зрения стойкости инструмента является не коэффициент трения, а нагрузка сваривания  $P_c$ , которая определяет предельную работоспособность смазочного материала. Она определяется по минимальной нагрузке, вызывающей сваривание шаров (имеется в виду условное сваривание, при котором крутящий момент на шпинделе становится больше установленного).

Были проведены специальные исследования по количественной оценке смазочных свойств СОЖ на четырехшариковой машине КТ-2, разработанной в Институте Машиноведения Академии Наук России (ИМАШ). На этой машине шпиндель вращается со скоростью 1 об/мин, чтобы избежать фрикционного нагрева. СОЖ нагревается от внешнего источника тепла. Опыты не показали какой-либо связи между коэффициентом трения и технологической эффективностью СОЖ.

Более надежно на модельных установках противоизносные свойства СОЖ можно проконтролировать, измеряя износ шариков на четырехшариковой машине трения в течение одного – двух часов, создав постоянную осевую нагрузку на шпиндель. На основании проведенных нами в течение двух часов для каждой присадки испытаний индустриального масла И12-А, растворов в этом масле трибополимеробразующей присадки (ТПТ), предложенной Институтом машиноведения АН России, присадок, предложенных Институтом физической химии АН России, и противоизносного продукта Fenom (Феном), выпускаемого ФГУП НИИ физических проблем им. Ф.В. Лугина (Москва-Зеленоград) для испытаний на металлорежущих станках, были отобраны две присадки: ТПТ и Fenom. ТПТ улучшает приработку контактирующих поверхностей, образует на них полимер трения, который не содержит таких химически активных элементов, как сера, фосфор, хлор. В настоящее время ведутся переговоры с Институтом машиноведения АН России об испытаниях этой присадки в цеховых условиях на ЗИЛе.

Понижение температуры на площадке контакта стружки и плоской поверхности реза в результате охлаждающего действия СОЖ, на наш взгляд, целесообразно рассчитывать по формуле Рейля:

$$T(x, z) = -\frac{\alpha}{2\pi\lambda_p} \iint \frac{T(x_1, z_1) dx_1 dz_1}{((x-x_1)^2 + (z-z_1)^2)^{\frac{3}{2}}}, \quad (3)$$

где  $T(x_1, z_1)$  – температура в данной точке реза.

$\alpha$  – коэффициент теплопередачи между СОЖ и резцом.

Отметим, что площадь, охлаждаемая СОЖ, во много раз больше площади контакта стружки с инструментом. Интегрирование проводится по всей поверхности, поливаемой СОЖ.

Коэффициент теплопередачи между СОЖ и резцом рассчитывается по числу Нуссельта из формулы (4), определяющей конвективный теплообмен между поверхностью инструмента и СОЖ:

$$Nu = \frac{\alpha D_{\text{наз}}}{\lambda}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  - теплопроводность СОЖ, Вт/(м•К);

$K$  - градусы Кельвина.

**В четвертой главе** описываются методы экспериментального исследования СОЖ на металлорежущих станках, которое проводилось с использованием методики полного факторного эксперимента. В связи с тем, что физико-химические процессы в зоне резания, пластические деформации и тепловые явления связаны со скоростью резания нами было изготовлено специальное устройство, позволяющее нарезать резьбу с использованием различных СОЖ на вертикально-сверлильном станке и производить мгновенную остановку метчика. Крутящий момент от шпинделя станка передавался метчику через быстросменный патрон и специальный патрон, чека которого входила в шпоночный паз на хвостовике метчика. Две мощные пружины выталкивали чеку в заданный момент времени, и метчик мгновенно останавливался. Разъемные образцы для нарезания внутренней резьбы делались из двух плотно прилегающих друг к другу шлифованных по поверхности стыка пластинок, которые зажимались в тисках. Плоскость разъема совпадала с осью метчика.

После нарезания резьбы и остановки метчика образцы вместе с метчиком осторожно, чтобы не повредить корни стружек, извлекались из приспособления. Из них вырезались образцы шириной около 10 мм вместе со стружкой, которые заливались полистиролом или оловом. Микрошлиф металла изучался на микроскопе при увеличении от 30 до 300 раз и фотографировался.

Проведенные эксперименты показали, что процесс стружкообразования в значительной степени зависит от обрабатываемого материала. Микрофотография сечения корня стружки, полученная при обработке стали 45 со скоростью резания 9 м/мин с использованием 5%-ной эмульсии ЭТ-2, показана на рис. 1. Обработка стали происходила в условиях интенсивного наростообразования. Опережающая трещина отсутствовала. Скорость перемещения частиц наименьшая у поверхности передней грани инструмента.



Рис. 1. Нарост, образующийся при нарезании резьбы в стали 45. Скорость резания 9 м/мин. СОЖ: 5%-ная эмульсия ЭТ-2 (x300)

Образование стружки при нарезании резьбы в ковком чугуне даже без использования СОЖ происходило без застойных явлений на передней поверхности инструмента при скоростях резания 3, 9 и 27 м/мин.

Для подтверждения ряда положений, высказанных в главе 2 и предлагающих рассматривать стружку и инструмент как трибологическую пару, нами был проведен ряд экспериментальных исследований по установлению влияния режимов резания на высоту микронеровностей прирезцово-й стороны стружки  $R_{z_{смп}} = f(V_{рез}, S, t)$  и ее микротвердости  $HV = f(V_{рез}, S, t)$ .

Эксперименты проводились на токарном станке модели 16К20 при наружном точении стали 45 с диаметром заготовки 50 мм. Было проведено три варианта опытов: в сухую (без использования жидкости), при охлаждении водной полусинтетической СОЖ ЭРА и масляной СОЖ РЦ-2.

Влияние СОЖ на состояние поверхностного слоя после обработки металлов резанием оценивалось по следующим параметрам:

- шероховатость обработанной поверхности;
- деформационное упрочнение (глубина и степень наклепа).

Шероховатость обработанной поверхности измерялась на профилометре-профилографе «Калибр 201». Деформационное упрочнение оценивалось путем измерения микротвердости на приборе ПМТ-3.

Опыты показали, что из исследованных параметров режимов резания наибольшее влияние на шероховатость обработанной поверхности и прирезочной поверхности стружки оказала скорость резания. Максимальная шероховатость поверхности наблюдалась при скорости резания 5 м/мин. Дальнейшее увеличение скорости резания до 25 м/мин способствовало снижению высоты микронеровностей. Используемая СОЖ не изменяет вид функции  $R_{z,cmp} = f(V_{рез})$ , а влияет лишь на абсолютную величину  $R_{z,cmp}$ .

Зависимости наклепа от скорости резания носит сложный характер, проходя период снижения при малых скоростях и возрастая при увеличении скорости резания в три-четыре раза. Однако заметного влияния СОЖ на величину наклепа в этом случае не наблюдается. Заметное изменение наклепа происходило в этих опытах с увеличением подачи для больших значений скоростей резания.

Эксперименты показали, что можно рассматривать несколько критических температур на поверхности контакта инструмент-заготовка. Одна критическая температура соответствует началу температурных структурно-фазовых превращений в материале заготовки и приводит к образованию задира на прирезочной стороне стружки. Другая критическая температура связана с температурной стойкостью адсорбированных на поверхностях контакта заготовка-деталь пленки компонентов, входящих в состав СОЖ. Еще одна критическая температура связана с интенсификацией диффузионных процессов в зоне резания, что способствует высокотемпературной ползучести прирезочных слоев на опорной поверхности стружки и способствует минимальному износу режущего инструмента.

Все три критические температуры связаны с физико-механическими характеристиками и химическим составом инструментального и обрабатываемого материалов, используемой СОЖ. Температура в зоне контакта инструмент-заготовка в значительной степени определяет выходные характеристики процесса резания металлов: шероховатость обработанной поверхности, остаточные напряжения, износ инструмента.

В процессе обычных испытаний СОЖ на металлорежущих станках трудно дифференцировать режущие и смазочные свойства СОЖ, так как и те и другие способствуют уменьшению сил резания. Их отличие состоит в том, что режущие свойства СОЖ облегчают процесс резания за счет снижения прочности тончайших поверхностных слоев обрабатываемого металла, а смазочные – за счет уменьшения сил трения между инструментом и заготовкой.

Для дифференцированной оценки режущих и смазочных свойств СОЖ в МГИУ был разработан и изготовлен стенд, позволяющий прово-

дить эксперименты, используя меньше одного литра СОЖ. Стенд (рис. 2) устанавливался на столе вертикально-сверлильного станка 1 мод. 1А135. СОЖ 5 заливалась в цилиндр емкостью 1 – 1,5 литра, внутри которого закреплена обрабатываемая заготовка. Цилиндр 3 устанавливался на столике тензометрического динамометра 6, позволяющего по показаниям миллиамперметров 8 определить составляющие усилия резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  и крутящий момент  $M_k$ .

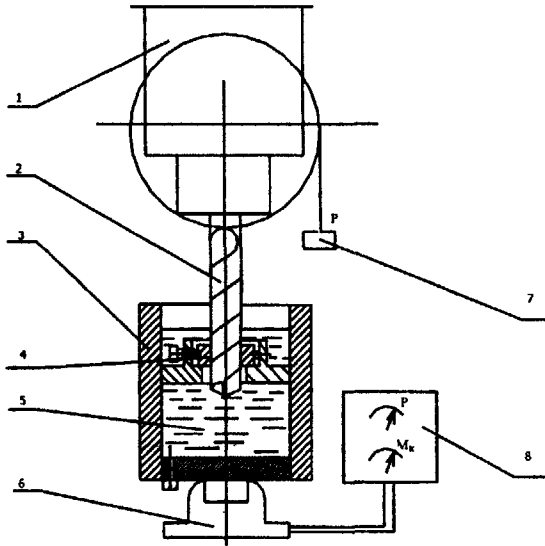


Рис. 2. Стенд для оценки режущих и смазочных свойств СОЖ

Наиболее информативными операциями с точки зрения режущих и смазочных свойств СОЖ, на наш взгляд, являются такие операции, как сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы.

Оценка «режущих» свойств СОЖ проводилась по величине минутной подачи сверла 2 при сверлении отверстия в заготовке 4 с постоянной осевой нагрузкой инструмента, создаваемой грузом 7. Все образцы были изготовлены из одного прутка. Для большей стабильности результатов экспериментов все образцы зацентрировались на постоянную глубину.

Чтобы оценить погрешности, возникающие из-за увеличения сил резания по мере затупления сверла, первый эксперимент по оценке режущих свойств СОЖ повторяли в конце всех испытаний и определяли, насколько увеличилось время сверления. Расчеты показали, что погрешность измерения не превышала 2%.

Результаты испытаний приведены на рис. 3. Они показали, что максимальная подача сверла наблюдалась в масле, минимальная – в воде. Очевидно, это связано с тем, что масло обеспечивает снижение сил трения на поверхностях контакта инструмент – заготовка. Трибополимеробразующая (ТПП) присадка способствовала образованию на поверхностях контакта защитных пленок, затрудняющих процесс резания. Минимальная подача сверла на 1 оборот шпинделя была отмечена при использовании воды. Возможно, это связано с уменьшением скорости окислительных процессов в зоне резания по сравнению с обработкой на воздухе.

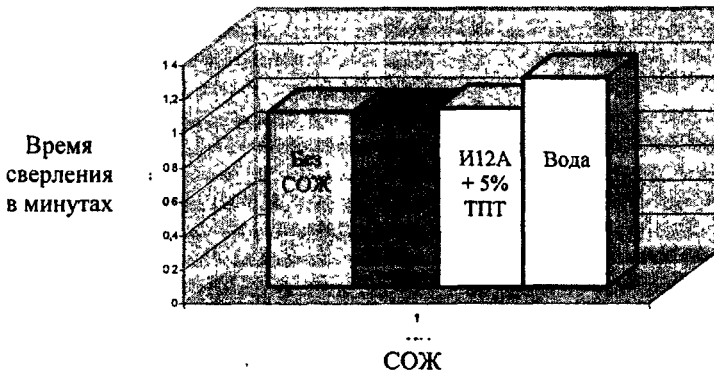


Рис. 3. Влияние СОЖ на время сверления отверстия постоянной глубины при постоянной осевой нагрузке на шпиндель станка

Были проведены лабораторные испытания влияния СОЖ различных типов на шероховатость шлифованной поверхности при шлифовании в течение 6 минут деталей из стали ШХ15 кругом 25А40СМ26К5 на плоскошлифовальном станке. Улучшение смазочных свойств СОЖ за счет перехода с водной основы на масляную привело к уменьшению шероховатости обработанной поверхности. Минимальную шероховатость поверхности обеспечила масляная СОЖ, содержащая специальные пластифицирующие компоненты (олеиновую кислоту). Действие этих компонентов связано не только с улучшением смазывающих свойств СОЖ, но и с изменением физико-механических характеристик тончайших поверхностных слоев заготовки. Опыт эксплуатации СОЖ в цеховых условиях показывает, что не на всех операциях абразивной обработки улучшение смазочных свойств СОЖ

приводит к улучшению выходных параметров. При внутреннем шлифовании и суперфинишировании из-за недостаточной жесткости системы может снизиться производительность обработки, ухудшится качество поверхности вследствие отжата шпинделя и увеличения количества зерен, скользящих по обрабатываемой поверхности и не участвующих в процессе резания.

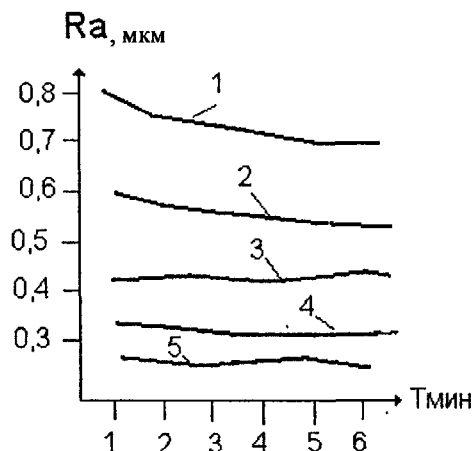


Рис. 4. Влияние состава СОЖ на шероховатость шлифованной поверхности: 1 - 2,5% раствор триэтанолamina в воде, 2 - 2,5%-ная водная эмульсия, 3 - масло И-12А, 4 - масляная СОЖ, 5 - масляная СОЖ с добавлением олеиновой кислоты

Следует отметить, что на шероховатость шлифованной поверхности влияет не только химический состав СОЖ, но и методы получения ее компонентов. Так, добавление синтезированной олеиновой кислоты, в отличие от натуральной, практически не влияло на шероховатость шлифованной поверхности.

Эксперименты в цеховых условиях ЗИЛа подтвердили существование оптимальных концентраций масляной фазы в эмульсиях, при которой обеспечивается максимальная производительность или минимальная шероховатость обработанной поверхности, причем значение оптимальной концентрации может колебаться в зависимости от выбранного технологического показателя.

На шлифовальных станках с магнитным столом улучшение смазывающих свойств СОЖ может привести к сдвигу заготовки в процессе шлифования под воздействием сил резания, что недопустимо. В процессе эксплуатации некоторых эмульсий отмечено их расслоение с выделением

масляной фазы. В силу того, что масляная фаза лучше смачивает обрабатываемый металл, чем водная составляющая, то происходит истощение эмульсии.

Улучшение технологических параметров процесса резания можно достичь за счет повышения реакционной способности СОЖ по отношению к свежееобразованным при резании металлов поверхностям. Для перевода эмульсии в метастабильное состояние и повышения ее стабильности разработана конструкция механического активатора.

Корпус активатора ввертывался одним концом в трубопровод, по которому СОЖ под давлением подается в зону обработки. Жидкость с большой силой ударяется о пластину из пружинящего материала. Энергия активации, сообщаемая СОЖ в результате ее столкновения с вибрирующей пластинкой, зависела от скорости перемещения жидкости внутри корпуса, толщины и упругости пластины, которая вибрировала под напором струи.

Механическая активация способствовала многократному повышению стабильности эмульсии, уменьшению шероховатости обработанной поверхности на 30–40%, снизила удельную мощность шлифования.

### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

1. Установлены основные закономерности механизма действия СОЖ в процессе резания, позволяющие вести целенаправленную разработку новых составов СОЖ, обеспечивающих повышение качества, точности и производительности обработки.
2. Для оценки эффективности СОЖ предложена расчетная модель, учитывающая физико-механическую природу процесса резания и контактное взаимодействие поверхностей заготовки с рабочими поверхностями инструмента.
3. Разработана методика экспериментального исследования режущих и смазочных свойств различных СОЖ на специальном стенде. На основании проведенных испытаний с использованием небольшого количества новых присадок (несколько десятков грамм) выбран оптимальный, который рекомендован для испытаний в цеховых условиях.
4. Рациональный цикл разработки эффективных составов СОЖ должен базироваться на аналитических методах оценки их химического состава и функциональных свойств, на экспериментальных исследованиях на модельных установках, натурных стендах, на испытаниях СОЖ в лабораторных и производственных условиях.
5. На основе проведенных экспериментальных исследований предложен механизм активации СОЖ.



**Основные результаты научных исследований по теме диссертации  
изложены в следующих публикациях:**

1. Влияние смазочных свойств СОЖ на шероховатость шлифованной поверхности. Актуальные проблемы технических, экономических и социальных наук. Сборник трудов аспирантов и молодых ученых. - М.: МГИУ, 2002. С. 101 – 102.
2. Улучшение технологических параметров процесса шлифования за счет применения эффективных СОЖ. Инновации в машиностроении/ II Всероссийская научно-практическая конференция. - Пенза, 2002. С.155 – 157.
3. Оценка «режущих» свойств смазочно-охлаждающих жидкостей для обработки металлов резанием. Технология, экономика и организация производства технических систем: Межвузовский сборник научных трудов .- М., 2003. С.3-4.
4. Теория процесса резания металлов. Технология, экономика и организация производства технических систем: Межвузовский сборник научных трудов. - М., 2003. С.60-64.

**А. Д. ШАШИН**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЖ НА ПРОЦЕСС  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНСТРУМЕНТА И ЗАГОТОВКИ ПРИ  
ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

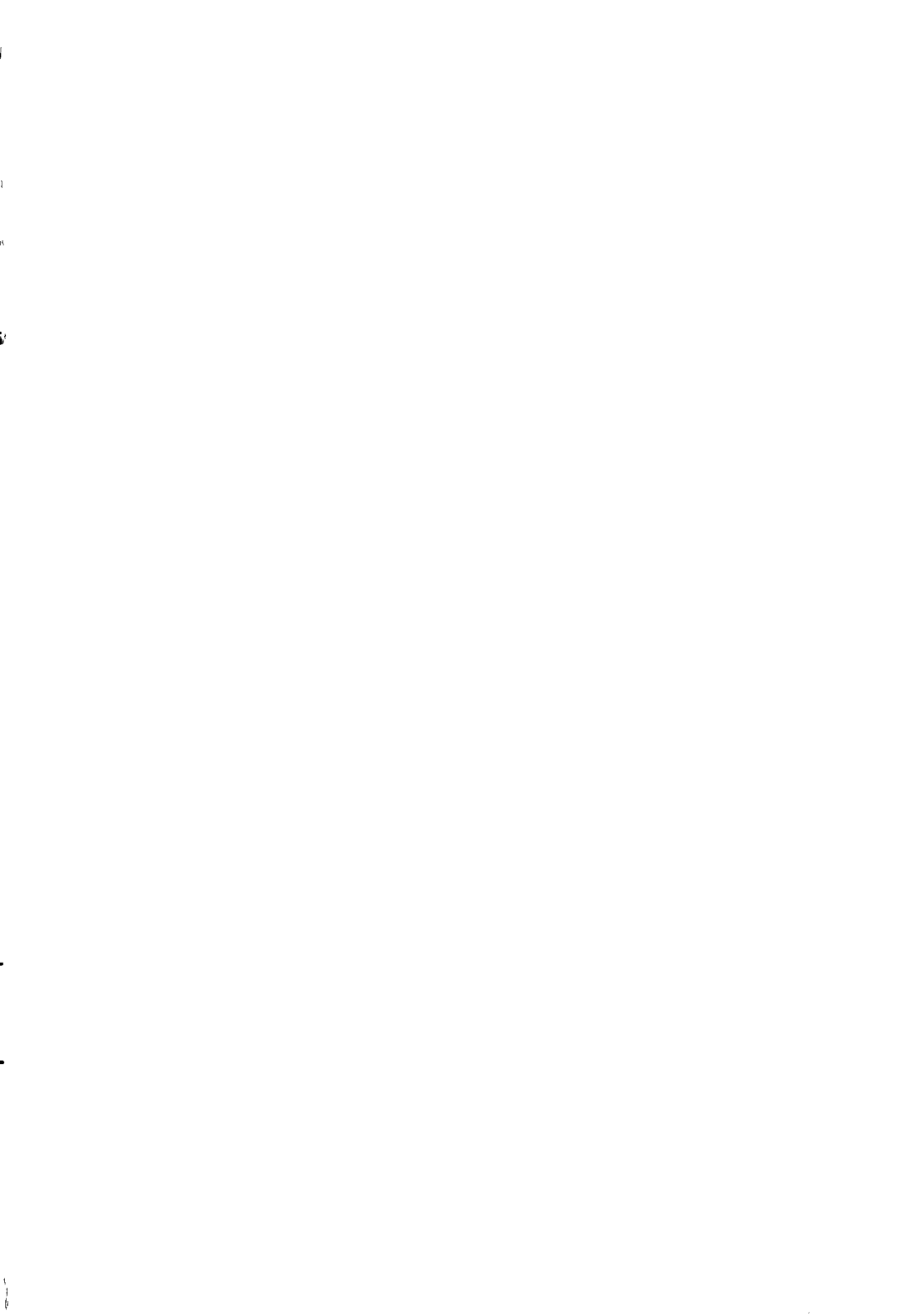
---

Подписано к печати 13.11.03  
Формат 60x90/16  
Усл.печ.л. 1,4  
Тираж 80

Сдано в производство 14.11.03  
Бум. множит.  
Уч.-изд. л. 1,4  
Заказ № 916

---

Ротапринт МГИУ, 115280, Москва, Автозаводская, 16



19307

2003-A

---

19307