

УДК 621.7.02

В. Ю. ШОЛОМ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ И СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЗА СЧЕТ НАУЧНО ОБОСНОВАННОГО ВЫБОРА СОТС

Дано обоснование методологии, используемой для оценки, выбора и применения специальных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), основанной на результатах моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) зоны контакта инструмента с заготовкой (с учетом фактора трения), натуральных экспериментов и опытно-промышленных испытаний. Приведены данные исследований, полученные в соответствии с этой методологией, позволившие оптимизировать маршрутно-операционную технологию изготовления крепежных деталей по критериям энергозатрат, производительности труда, износостойкости инструмента и качества обработанной поверхности за счет использования специальных СОТС серии «Росойл». *Эффективность маршрутно-операционной технологии; крепежные детали; специальные СОТС серии «Росойл»*

Опыт передовых машиностроительных предприятий показывает, что рациональное использование современных высокоэффективных СОТС позволяет многократно повысить стойкость инструмента, форсировать режимы обработки и, как следствие, производительность труда, уменьшить энергозатраты при механообработке и получить более высокое качество обработанной поверхности без дополнительных материальных затрат, всего лишь заменив жидкость в системе станка. А в сочетании с модернизацией оборудования, использованием современного инструмента, режимов резания и обрабатываемых материалов этот эффект становится еще более значительным.

Однако выбор СОТС должен производиться с учетом специфики конкретной операции, используемого оборудования, геометрии заготовки и инструмента, обрабатываемых и инструментальных материалов и в строгом соответствии с режимами обработки. В противном случае можно получить отрицательный результат даже при использовании очень эффективных СОТС.

Из закона о постоянстве оптимальной температуры резания [1] следует, что для каждой пары инструмент–деталь существует оптимальная температура резания, при которой обеспечивается минимальный износ режущего инструмента, наименьшая шероховатость

обработанной поверхности и минимальный наклеп. Использование СОТС не только снижает износ инструмента, но и смещает оптимальную скорость резания в диапазон более высоких либо низких скоростей обработки за счет охлаждающей способности и величины снижения тепловыделения от трения (рис. 1).

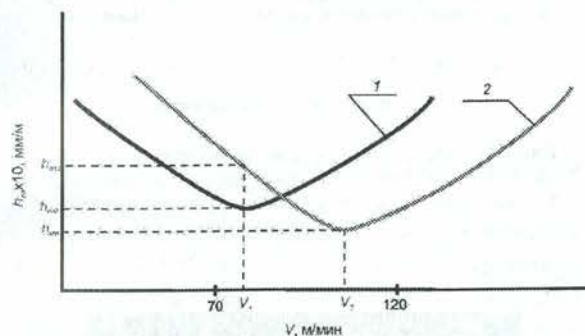


Рис. 1. Зависимость относительного линейного износа инструмента $h_{ол}$ от скорости резания V при точении материала 12Х18Н10Т резцом из ВК8 и использовании в качестве СОЖ И-20 (кривая 1) и Росойл-503 (кривая 2)

В своей практике мы нередко сталкиваемся с такой ситуацией: новая СОТС, поступившая на промышленные испытания, обеспечивает более низкий износ инструмента на более высоких скоростях обработки (кривая 2). Кажется бы, чего еще желать: повышается производительность при одновременном повышении стойкости инструмента!

Однако в производственных условиях испытания СОТС, как правило, проводятся на тех же режимах, что и при ранее используемой СОЖ (кривая 1). В результате можно получить неверный вывод: новая СОТС многократно увеличивает износ режущего инструмента и к промышленному применению непригодна.

Как и все смазочные материалы, смазочно-охлаждающие технологические среды классифицируются и оцениваются в первую очередь по физико-химическим свойствам, таким, как вязкость, температура вспышки, температура застывания, индекс вязкости, зольность, коксуемость, склонность к окислению, поверхностная активность, коррозионная агрессивность и т. д. Однако все эти показатели являются в значительной степени косвенными и не характеризуют в полной мере эксплуатационные характеристики смазочного материала в реальном триботехническом процессе. Более полную информацию об используемом смазочном материале дают триботехнические испытания, позволяющие оценить противозадирные, противоизносные, антифрикционные и другие свойства смазочных материалов в условиях, моделирующих реальный процесс трения. Однако такие испытания являются более трудоемкими и требуют специального оборудования.

Исторически сложилось так, что для триботехнических испытаний смазочно-охлаждающих технологических сред, применяемых при металлообработке, используются те же методики и испытательные стенды, что и для исследований смазочных материалов, используемых в узлах трения деталей машин. Однако, как показывает практика, результаты этих испытаний не всегда коррелируются с результатами, полученными на реальном производственном оборудовании. Это объясняется тем, что схемы и условия трения в узлах деталей машин и в контакте «инструмент–деталь» существенно отличаются. Если в узлах трения деталей машин давления в трущихся парах находятся в пределах упругих деформаций, то при обработке металлов реализуются давления пластических деформаций (обработка давлением) и разрушения (лезвийная и абразивная обработка). При обработке сложнопрофильных деталей могут одновременно реализовываться различные скорости взаимодействия инструмента и детали, степени деформации отдельных объемов обрабатываемого материала, нормальные давления, температуры и т. п.

Многообразие технологических процессов и широкая номенклатура обрабатываемых материалов в машиностроении существенно усложняют задачу создания универсальных методик для проведения лабораторных испытаний и исследований. В то же время проведение натуральных испытаний на реальном промышленном оборудовании — очень трудоемкий и дорогостоящий процесс, который (особенно в случае отрицательного результата) может привести к выходу из строя оборудования и оснастки, браку, срыву производственной программы и т. п., тем более что одним из требований к современным смазочно-охлаждающим жидкостям является универсальность, т. е. возможность использования на различных технологических операциях и оборудовании.

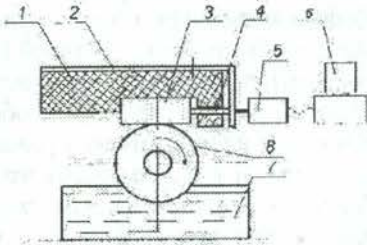
Исходя из этих соображений, в лабораториях ХТЦ УАИ, помимо методик испытаний физико-химических свойств смазочных материалов и стандартных триботехнических испытаний, были поставлены методики испытаний, моделирующие реальные технологические процессы металлообработки, характеризующиеся высокими удельными нагрузками до 2500 МПа, скоростями скольжения до 100 м/с и температурами до 700°C при различной геометрии контакта поверхностей трения [2]. Испытательные машины подключены к ПЭВМ, что позволяет по заданным программам быстро обрабатывать массив регистрируемых параметров с каждой схемы испытаний, получать необходимую информацию в виде графиков и таблиц и накапливать банк данных о трибологических характеристиках смазочных материалов. Определение конкретного трибологического параметра в разных схемах испытаний при одинаковых давлениях, скоростях и температурах позволяет конкретизировать область эффективного действия как целой смазочной композиции, так и входящих в её состав ингредиентов. Это позволило повысить достоверность результатов лабораторных исследований функциональных характеристик СОТС и сократить объем опытно-промышленных испытаний (рис. 2, 3).

В качестве объекта исследования в данной работе выбрана технология изготовления крепежных деталей в условиях массового производства на ОАО «Автонормаль», г. Белебей [3].

Рассматривались следующие технологические операции:

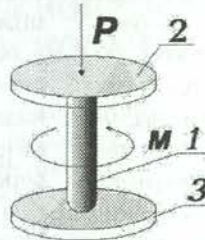
Оценка триботехнических свойств смазочных материалов

Испытания по схеме «ролик – обойма»



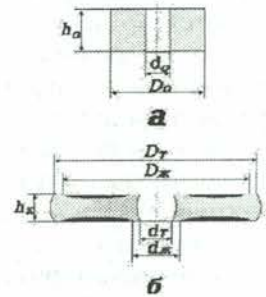
1 - тефлоновая подложка, 2 - гибкая пластина, 3 - ролик, 4 - переходник, 5 - датчик перемещения или силы, 6 - компьютер, 7 - смазочная ванна, 8 - обойма

Определение адгезионной составляющей силы трения

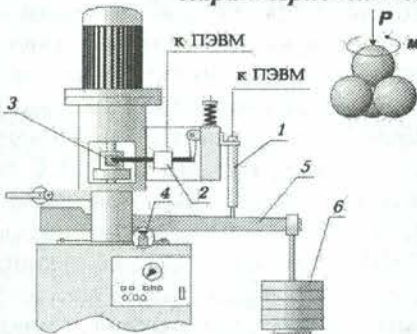


1 - индентор со сферической поверхностью; 2, 3 - образцы из исследуемого материала

Осадка кольцевого образца (коэффициент трения и экранирующая способность)



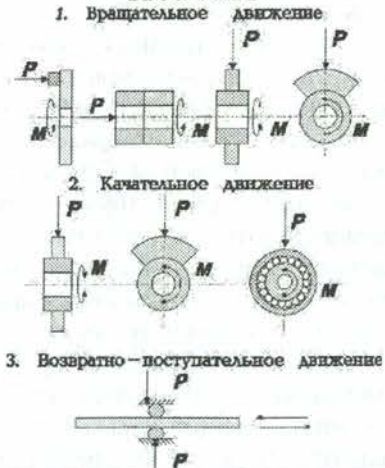
Определение триботехнических характеристик на ЧМТ-1



1 - датчик перемещения, 2 - датчик силы, 3 - узел трения, 4 - призма, 5 - рычаг, 6 - грузы

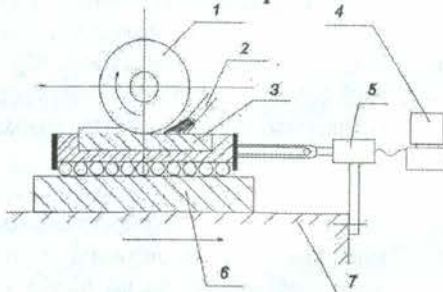
Критическая нагрузка P_k
Индекс задира I_z
Показатель износа D_u
по ГОСТ 9490-75

Схемы испытаний на машине 2168 УМТ



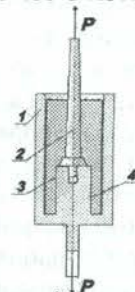
Оценка эффективности смазочных материалов в процессах абразивной обработки и литья под давлением

Плоское шлифование



1 - абразивный круг, 2 - система подачи смазочного материала, 3 - металлический образец, 4 - компьютер, 5 - датчик силы, 6 - приспособление для крепления образца, 7 - стол шлифовального станка

Литье в кокиль



1 - пресс-форма, 2 - стержень, 3 - заливаемый материал, 4 - поверхность трения

Рис. 2. Методики исследований

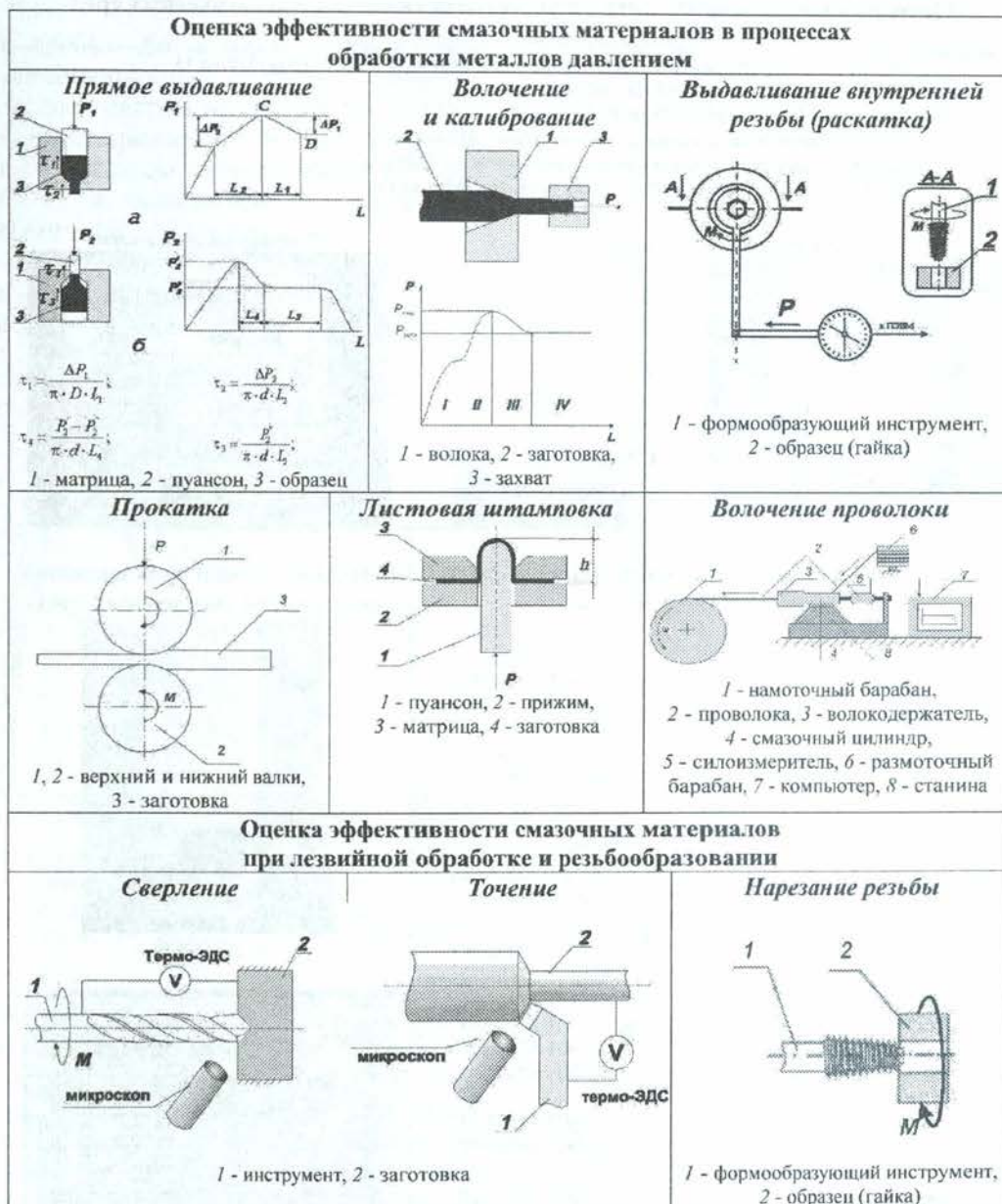


Рис. 2. Методики исследований (продолжение)

- удаление окалины с поверхности заготовки;
- волочение (калибрование) подката под холодную высадку;
- холодная высадку;
- термообработка;
- резбобразование;
- консервация готовых деталей.

Подготовка поверхности подката под холодную высадку на заводе производилась по традиционной схеме: травление окалины — фосфатирование — волочение (калибрование). Недостатком этой технологии является необходимость использования агрессивных сред (кислот) при травлении и фосфати-

ровании, применение и последующая утилизация которых приводят к неблагоприятным экологическим последствиям, и высокая трудоемкость. Поэтому была поставлена задача разработать технологию бескислотной подготовки поверхности подката для волочения и калибрования.

На первом этапе в лабораторных условиях оценивали влияние состояния поверхности после удаления окалины различными способами на триботехнические параметры контакта при волочении (калибровании).

Рассматривались варианты:

- заготовка в состоянии поставки (с окалиной);



Рис. 3. Методики исследований физико-химических, теплофизических и антикоррозионных свойств технологических сред

- традиционная обработка (травление, фосфатирование + омыливание);
- окалина удалялась травлением в кислоте;
- окалина удалялась точением на линии Кезерлинг;
- окалина удалялась дробеметной обработкой.

При этом использовались наиболее эффективные серийные смазочные материалы.

Наименьшие усилия волочения были получены при дробеметной обработке поверхности (рис. 4). Кроме того, было установлено, что для каждого состояния поверхности наиболее эффективной оказывалась своя СОТС (рис. 5). Например, использование смазки Э-3 наиболее эффективно на образцах, подвергнутых дробеметной обработке, но неэффективно на точеных образцах. Следующим этапом был подбор смазочной композиции для волочения горячекатаного подката, обрабо-

танного дробью до полного удаления окалина, обеспечивающей снижение триботехнических параметров волочения по отношению к фосфатированным и омыленным заготовкам. При этом оптимизировались вязкость СОТС в зависимости от интенсивности дробеметной обработки и скорости волочения, содержание химически активных присадок и поверхностно-активных веществ различной природы в различных комбинациях.

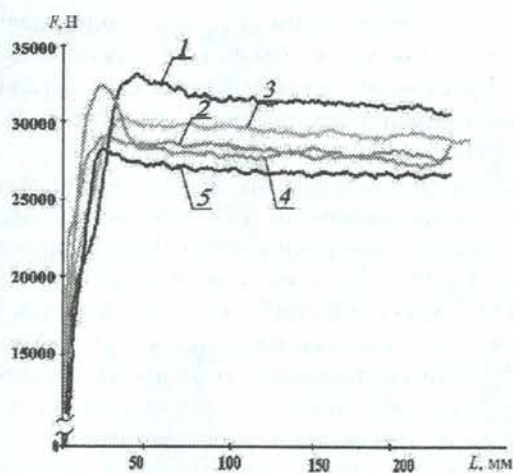


Рис. 4. Влияние подготовки поверхности на усилие волочения («Росойл-101»): 1 — состояние поставки; 2 — фосфатирование + омыливание; 3 — травление; 4 — точение; 5 — дробеметная обработка

Результатом этого этапа явилась разработка СОТС «Росойл-101М», обеспечивающая триботехнические характеристики при волочении в сочетании с дробеметной обработкой, не уступающие классической схеме подготовки поверхности, включающей фосфатирование заготовок, и уточнение режимов дробеметной обработки и волочения. С учетом этих результатов была спроектирована и изготовлена линия дробеструйной обработки стали ДОС-1. Производственные испытания полностью подтвердили результаты лабораторных прогнозов. В настоящее время три таких установки функционируют на БелЗАНе и одна на ОАО Завод «Красная Этна» (Н. Новгород).

Эффективность этой технологии объясняется тем, что при дробеметной обработке не только удаляется окалина, жировые и масляные загрязнения, но и разрушаются оксидные пленки, облегчая взаимодействие химически активных присадок с поверхностью металла, создается развитый рельеф поверхности, позволяющий удерживать смазку в процессе объемного деформирования, образуются поверхностные сжимающие остаточные напряжения, благотворно влияющие на трибо-

технические параметры процесса волочения. Внедрение этой технологии позволяет исключить экологически грязные операции кислотного травления и фосфатирования заготовок при волочении и калибровании.

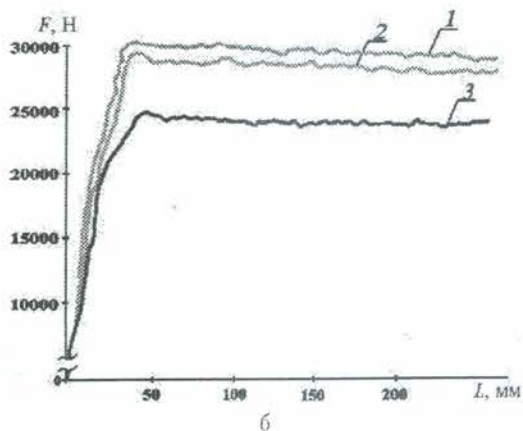
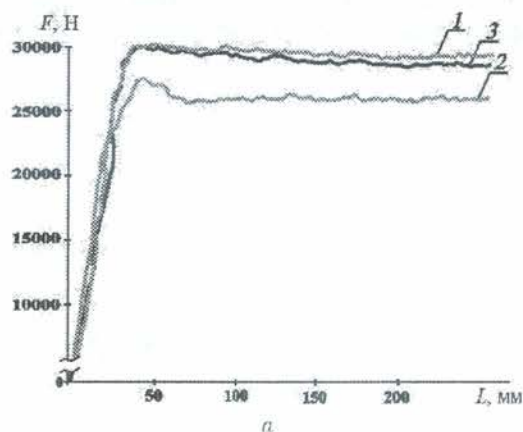


Рис. 5. Влияние смазок на силу волочения при различной подготовке поверхности образцов: а — точение; б — дробеструйная обработка; 1 — Э-1; 2 — Э-2; 3 — Э-3 — экспериментальные смазки

Математическое моделирование контактных условий между инструментом и заготовкой в процессе волочения выполнялось на основе программно-вычислительного комплекса (ПВК) ANSYS 5.7. Создание и реализация такой модели позволили оценить напряженно-деформированное состояние заготовки и инструмента, а также рассчитать силы деформационного сопротивления при волочении с учетом контактных условий, геометрии инструмента и технологических режимов. Это позволяет существенно сократить объем экспериментальных исследований.

На рис. 6 показана конечно-элементная модель процесса волочения, а на рис. 7 — расчетная зависимость силы волочения от коэффициента трения. Прямые горизонтальные

линии 1 и 2 на рис. 7 соответствуют экспериментально полученным значениям силы волочения образцов с различной обработкой поверхности: 1 — перед волочением поверхность подвергнута дробеструйной обработке и покрыта смазочным материалом «Росойл-101М»; 2 — поверхность образца покрыта фосфатом с последующим омыливанием. Точка пересечения экспериментально полученной силы волочения и расчетной кривой соответствует определенному значению коэффициента трения. Так, для стали 20Г2Р при степени деформации $\epsilon = 21\%$ и при использовании варианта подготовки поверхности (1) коэффициент трения $f_m = 0,052$, а при использовании варианта (2) — $f_m = 0,085$.

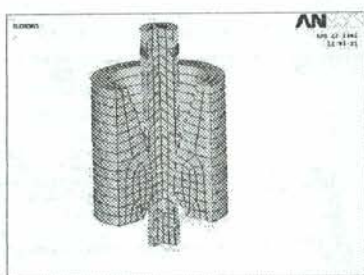


Рис. 6. Конечно-элементная модель процесса волочения

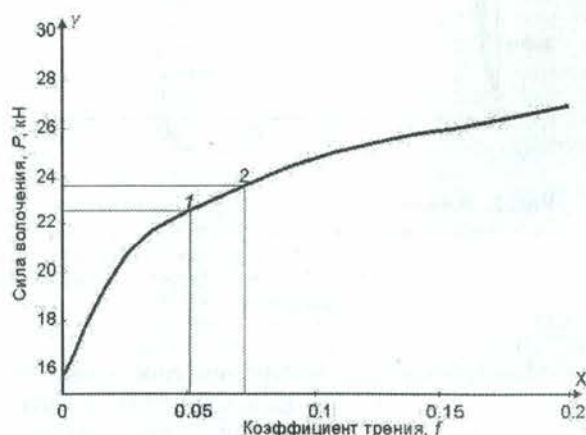


Рис. 7. Расчетная зависимость силы волочения от коэффициента трения при степени обжатия 21% в процессе волочения стали 20Г2Р: 1 — дробеструйная обработка поверхности заготовки со смазочным материалом Росойл-101М; 2 — фосфатирование поверхности с последующим омыливанием

По результатам этой работы был предложен расчетно-аналитический метод определения коэффициентов трения между инструментом и заготовкой в процессе пластического деформирования. Метод заключается в том, что по результатам моделирования технологического процесса строится расчетная

зависимость силы деформирования от коэффициента трения, затем экспериментально, на лабораторных стендах, определяются усилия деформирования на той же технологической операции при использовании различных смазочных сред и при различных способах обработки поверхностей. После этого на основе экспериментальных значений усилий деформирования из графика расчетной зависимости определяются коэффициенты трения, соответствующие этим усилиям.

Полученные таким образом коэффициенты трения можно использовать для определения граничных условий при моделировании более сложных технологических процессов и проектировании инструмента.

Холодная высадка на заводе осуществлялась с использованием технологической смазки «Макко Экструдинг-Ойл-641» производства США. Попытки использовать другие СОТС, как отечественного, так и европейского производства, приводили к снижению стойкости инструмента, ухудшению качества изделий, либо просто не обеспечивали необходимой деформации металла. Кроме того, имели место случаи существенного загрязнения воздушной среды продуктами термомеханической деструкции смазочного материала, отрицательно влияющего на самочувствие и здоровье рабочих.

Математическое моделирование контактных условий при холодной объемной штамповке проводили с использованием ПК DEFORM. По результатам моделирования были определены поля распределения температур, напряжений и деформаций по контактной поверхности заготовки в процессе прямого холодного выдавливания в зависимости от коэффициентов трения. Построена диаграмма сила деформирования — коэффициент трения (рис. 8).

По результатам экспериментально-исследовательских работ была разработана технологическая смазка для холодной высадки «Росойл-Шок», выполнены исследования физико-химических технологических и эксплуатационных свойств и определены области ее рационального использования на других технологических операциях. В настоящее время «Росойл-Шок» внедрен на ОАО «Автонормаль» в качестве основной технологической смазки для холодной высадки. Кроме этого, «Росойл-Шок» используется на предприятиях России и СНГ на операциях лезвийной и абразивной обработки как в каче-

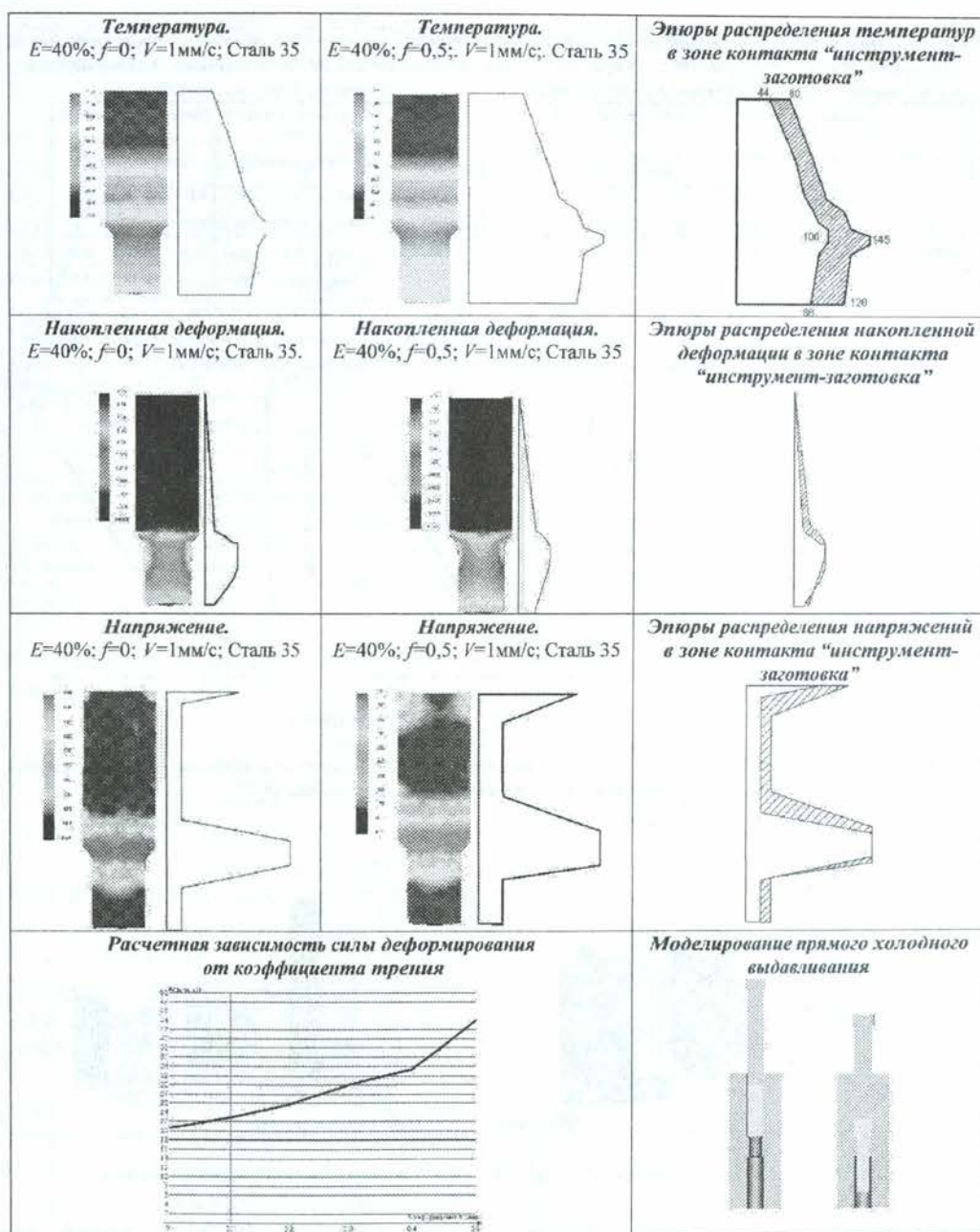


Рис. 8. Математическое моделирование прямого холодного выдавливания с помощью программного комплекса Deform

стве СОТС, так и в качестве присадки к индустриальным маслам (рис. 9).

Внедрение на предприятии технологической операции формообразования внутренних резьб бесстружечными метчиками (раскатка резьбы) показало ее высокую технологическую эффективность по отношению к используемой ранее нарезке резьбы. Однако эта операция оказалась очень чувствительной к эффективности технологической смазки. При попытках использовать малоэффективные смазки происходило мгновенное «сва-

ривание» заготовки с раскатником и инструмент безвозвратно выходил из строя.

Моделирование контактных условий формирования внутренней резьбы проводили с помощью ПК ANSYS 5.3 и DYNA-3D. Полученная модель позволяет определить напряженно-деформированное состояние в заготовке и бесстружечном метчике в процессе формирования резьбы с учетом реальной формы контактирующих объектов и их физико-механических свойств и изменение нормальной составляющей вектора радиальной силы на поверхности раскатника.

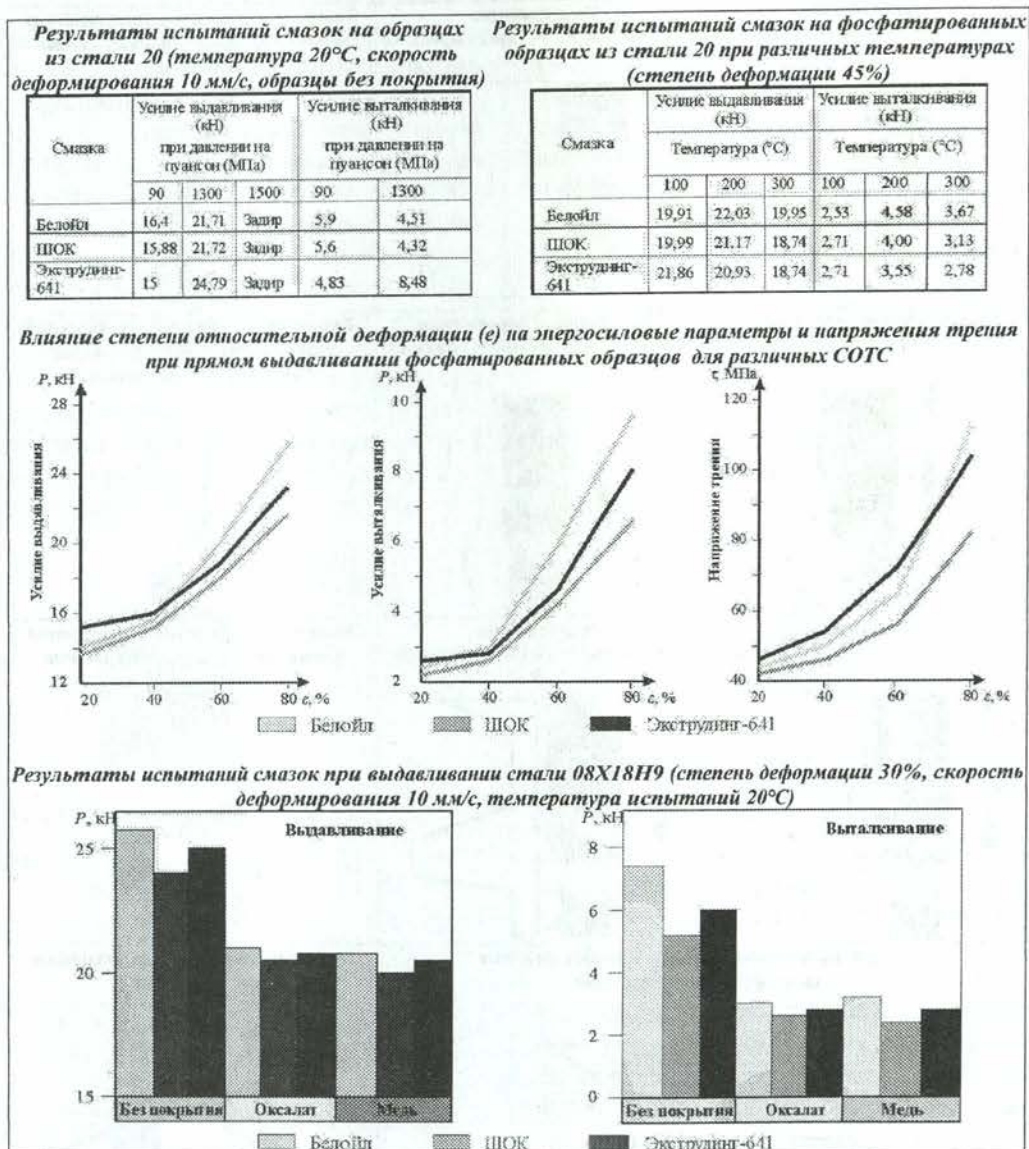


Рис. 9. Исследование эффективности СОТС в процессе прямого выдавливания

После большого количества лабораторных экспериментальных работ для этой операции была предложена СОТС «Росойл-503» [4], которая не только обеспечивала повышение стойкости инструмента и качества резьбы, но и позволила в 2,5 раза повысить скорость обработки и на 20% снизить энергосиловые параметры ($M_{кр}$) (рис. 10).

При разработке СОТС «Росойл-503» ставилась задача сделать ее максимально многофункциональной. В частности, она может использоваться и как масляная СОЖ в виде концентрата, и в виде водной эмульсии. Как концентрат, так и водная эмульсия имеют высокие противозадирные, противоизносные и антифрикционные свойства.

Кроме раскатки резьбы на БелЗАНе, «Росойл-503» был внедрен на операциях

сверления, где 5%-ная водная эмульсия «Росойл-503» заменила используемое ранее индустриальное масло И-40.

В качестве масляной СОЖ на Волжском автозаводе «Росойл-503» внедрен на операциях холодной высадки клапанов, где ему отдали предпочтение по соображениям промышленной санитарии из-за низкого содержания серы и отсутствия хлора и относительно низкой цены в отличие от отечественных и зарубежных аналогов при равной технологической эффективности. Так же на АвтоВАЗе в качестве водной эмульсии (8%) «Росойл-503» позволил снизить шероховатость поверхности при протягивании шатуна с $R_a = 6,2$ до $R_a = 1,2-1,8$ по отношению к ранее используемой СОТС. Причем улучшение качества поверхности было достигнуто на тех же режи-

мах обработки, тем же инструментом, простой заменой жидкости в системах станка.

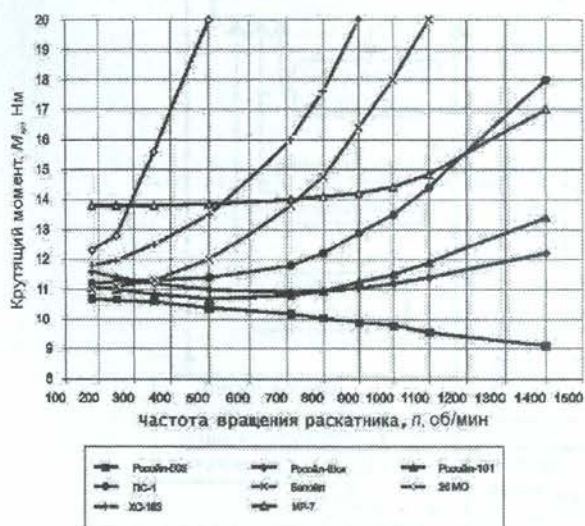


Рис. 10. Зависимость крутящего момента от частоты вращения инструмента

При производстве ряда крепежных деталей в последние годы на БелЗАНе используются борсодержащие стали типа 20Г2Р, более технологичные на холодной высадке, чем углеродистые. Однако при термообработке готовых изделий возникла проблема, связанная с тем, что при закалке в масло детали не прокаливались (пятнистая твердость), а при закалке в воду или раствор каустика появлялись браковочные трещины, которые являлись браковочным фактором. Работа с металлургами по доводке химического состава и механических свойств металла желаемых результатов не давала. По заявке завода была разработана и предложена на испытания закалочная жидкость «Росойл-50», определенная концентрация которой обеспечивала более «мягкий» режим закалки, чем вода, и более «жесткий», чем масло (рис. 11). Проблемы термообработки борсодержащих сталей на заводе снялись, однако возникла проблема текущего контроля теплофизических свойств закалочной среды в ваннах закалочного агрегата. В процессе эксплуатации закалочная среда меняет свои свойства в связи с испарением воды и попаданием в нее посторонних примесей. Поэтому для сохранения работоспособности необходимо периодически корректировать концентрацию закалочной среды добавлением определенного количества воды либо полимерного концентрата. Для уточнения этих корректировок химические методы анализов оказались малоэффективны. В лабораториях ХТЦ УАИ разрабатываются экспе-

риментальные установки для непосредственного определения теплофизических свойств закалочных сред, на одной из которых получены кривые, изображенные на рис. 11. По нашему мнению, именно отсутствие подобного оборудования сдерживает широкое внедрение в машиностроительное и металлургическое производство водно-полимерных закалочных сред, которые имеют бесспорные преимущества перед минеральными и растительными маслами: пожаробезопасность, экологичность, дешевизна и возможность регулирования охлаждающей способности концентрацией основного вещества в воде.

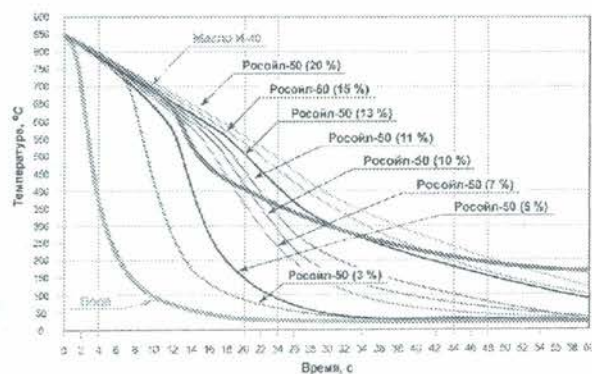


Рис. 11. Кривые охлаждения при различных концентрациях закалочной среды «Росойл-50»

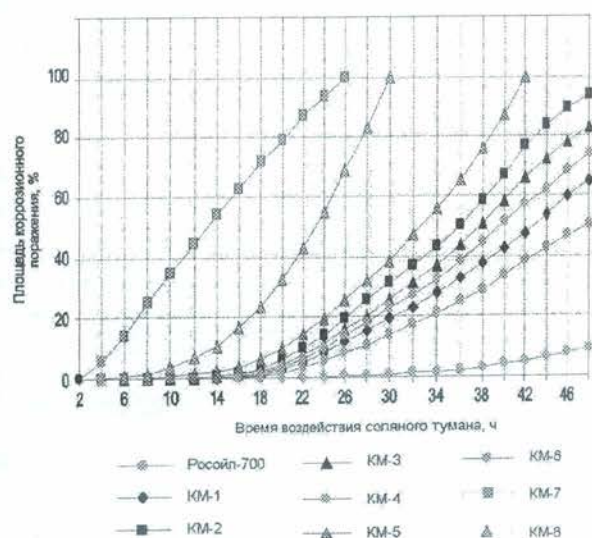


Рис. 12. Динамика развития площади коррозионного поражения в камере солевого тумана

Для защиты от коррозии металлических изделий наиболее простым и эффективным способом является использование консервационных масел. Однако отечественные консервационные масла, как правило, обладают

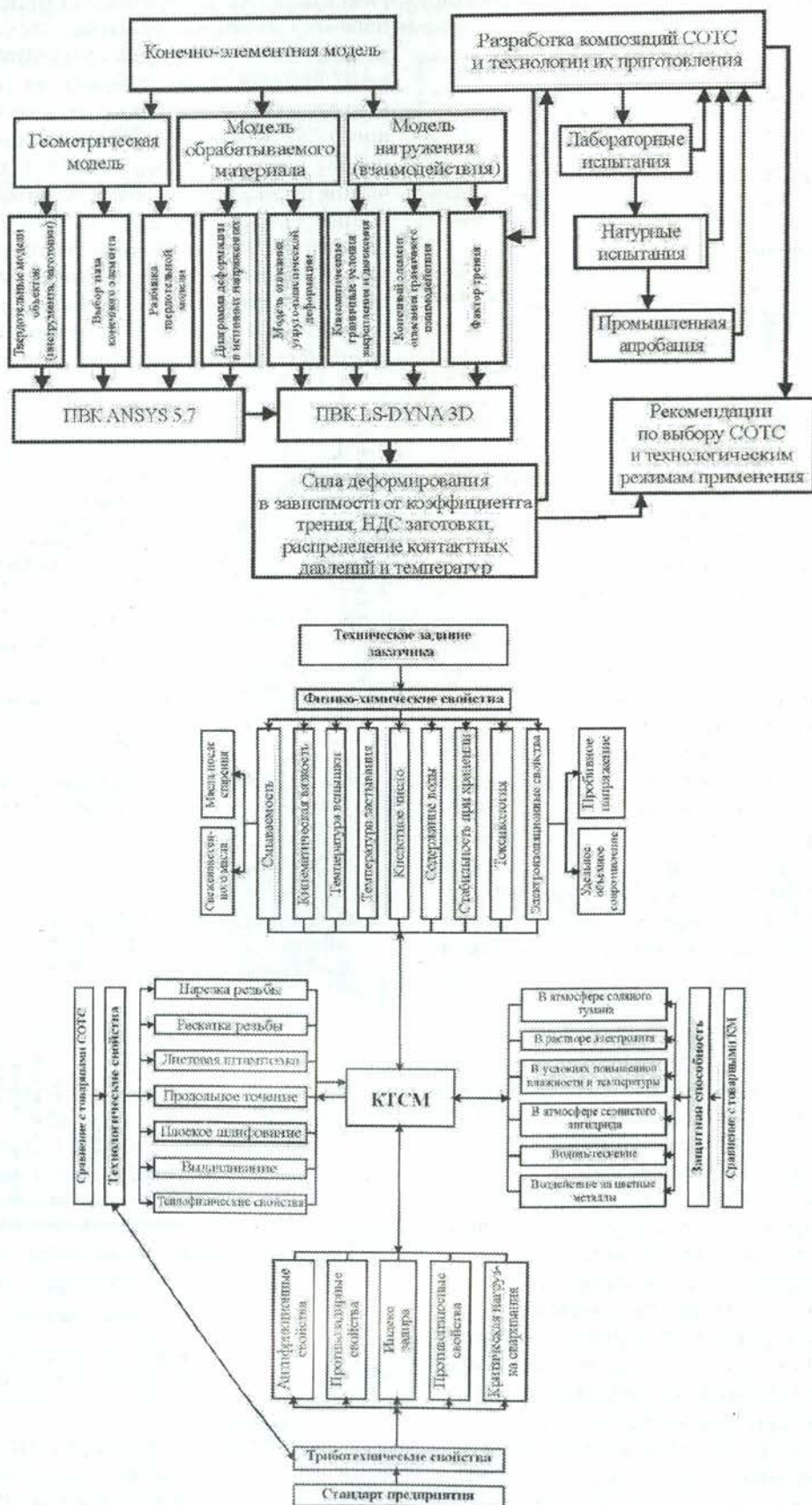


Рис. 13. Методология комплексной оценки КТСМ

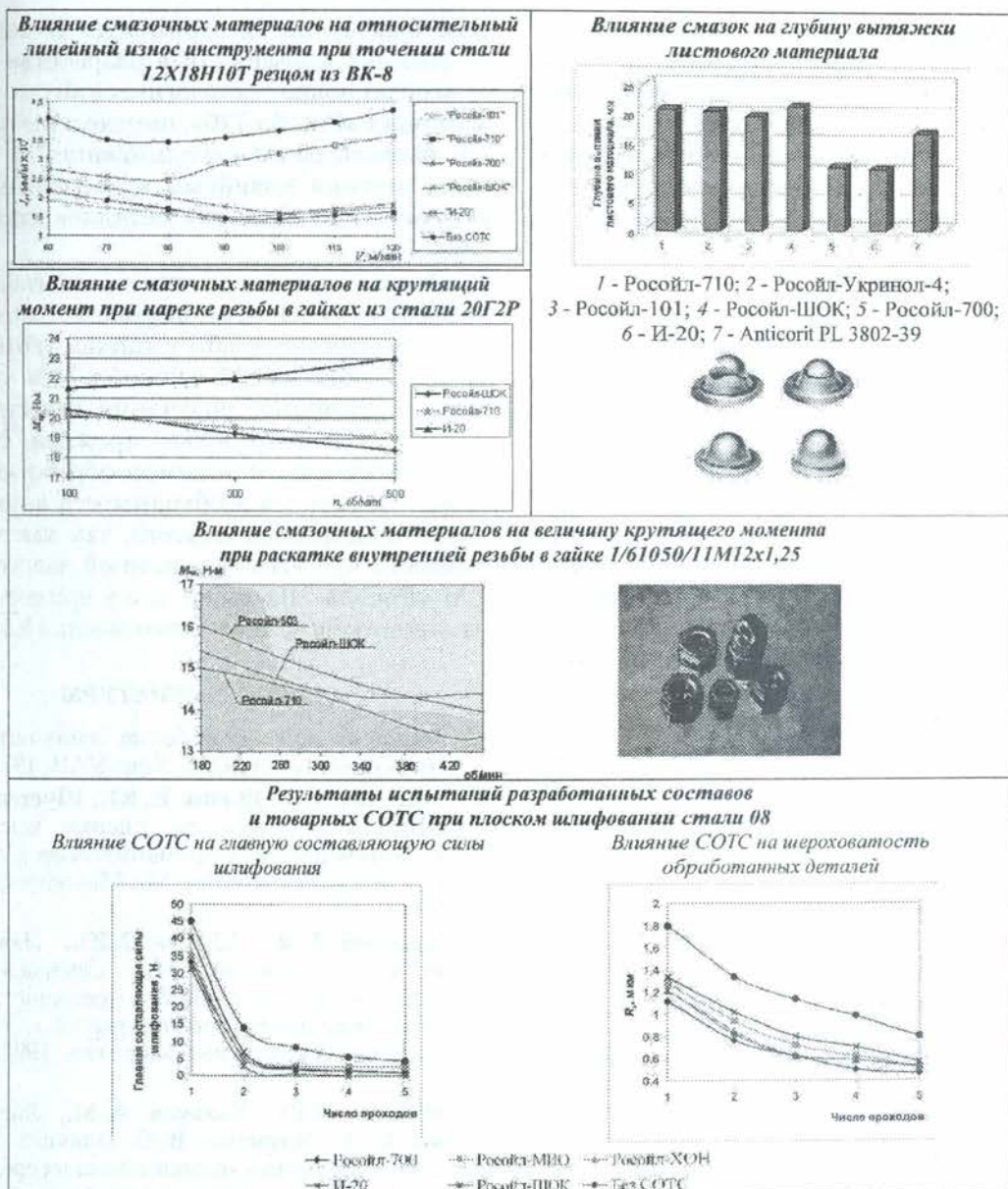


Рис. 14. Зависимости выходных параметров технологических процессов от режимов обработки и применяемых смазочных материалов

высокой вязкостью, что затрудняет их нанесение на изделия и последующую расконсервацию, либо не обеспечивают необходимой противокоррозионной защиты.

В ХТЦ УАИ разработано высокоэффективное маловязкое консервационное масло «Росойл-700» [5], которое сегодня используется на металлургических комбинатах, трубных заводах и машиностроительных предприятиях (рис. 12). На Белобесевском заводе «Автомормаль» «Росойл-700» внедрен на операциях консервации пружин клапана двигателя автомашины ВАЗ вместо используемой ранее технологии фосфатирования и промасливания масляной эмульсией «Росойл-500». По-

мимо повышения эффективности противокоррозионной защиты, внедрение новой технологии консервации пружин позволило решить еще одну проблему. При сборке и обкатке двигателей фосфатный слой на пружинах клапана при их деформации осыпался и попадал в моторное масло, загрязняя фильтры и царапая трущиеся поверхности абразивными частицами, что особенно неблагоприятно при обкатке нового двигателя. Тонкий слой масла «Росойл-700» позволяет полностью устранить этот дефект на АвтоВАЗе, куда БелЗАН поставляет свою продукцию.

Разработка консервационного масла «Росойл-700» продолжалась несколько лет.

За этот период, в связи с отсутствием финансовых средств для приобретения импортного дорогостоящего лабораторного оборудования, была спроектирована и изготовлена для внутреннего использования камера соляного тумана КСТ-2. Конструкция оказалась достаточно удачной. В настоящее время КСТ-2 сертифицирована, запатентована и производится серийно (рис. 3).

Анализируя известные механизмы формирования граничных слоев смазки при трении и поверхностных слоев при защите металлов от коррозии консервационными маслами, было замечено, что в физической природе этих механизмов много общего. Кроме того, в составе СОТС и консервационных масел используются одни и те же типы химических соединений. Так, например, жирные кислоты и их эфиры относятся к ингибиторам коррозии адсорбционного действия и используются в составе СОТС как антифрикционные компоненты. Спирты являются ингибиторами хемосорбционного действия и так же используются в качестве антифрикционных добавок в СОТС. На основе этих обстоятельств была поставлена задача создания полифункциональной технологической смазочной среды, которая обеспечит высокие антифрикционные и противозадирные свойства при металлообработке в качестве СОТС и надежную антикоррозионную защиту свежеработанной поверхности детали. Создание консервационно-технологического смазочного материала (КТСМ) позволит во многих случаях сократить маршрутные технологии при изготовлении металлических деталей за счет совмещения операций металлообработки и консервации.

Для выполнения этой задачи были сформулированы технические требования к КТСМ и предложен комплекс методов и средств для экспресс-оценки их функциональных характеристик, включающий в себя 28 методов испытаний физико-химических, триботехнических, коррозионных и технологических свойств исследуемых смазочных материалов (рис. 13).

При разработке КТСМ был использован ранее наработанный опыт создания технологических смазочных материалов и консервационных масел. С целью сокращения объема экспериментальных исследований для изучения влияния отдельных компонентов и их взаимного влияния на свойства разрабатываемого материала был использован метод крутого восхождения при пол-

ном факторном эксперименте. В результате этих исследований был разработан новый консервационно-технологический смазочный материал «Росойл-710», определены области его рационального использования на операциях резания лезвийным и абразивным инструментом и обработки металлов давлением (рис. 14).

Опытно-промышленные испытания в условиях ОАО «Автономаль» показали, что при нарезке резьбы в гайках 1/61050/11 M12x1.25-6H КТСМ «Росойл-710» обеспечивает стабильное получение качественной резьбы, при сохранении прежней стойкости инструмента и режимов обработки. При этом исключается необходимость в последующей консервации изделий, так как эффективность противокоррозионной защиты КТСМ «Росойл-710» выше, чем у применяемого на заводе консервационного масла «Котек».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров А. Д. Разработка основ оптимального резания металлов. Уфа: УАИ, 1971. 19 с.
2. Постнов В. В., Шолом В. Ю., Шустер Л. Ш. Методы и результаты оценки контактного взаимодействия применительно к процессам металлообработки. М.: Машиностроение, 2004. 103 с.
3. Закиров Д. М., Шолом В. Ю., Лавриненко Ю. А., Абрамов А. Н. Оценка возможности волочения стали без предварительного нанесения фосфатного покрытия // Кузнечно-штамповочное производство. 1996. № 10. С. 18–20.
4. Шолом В. Ю., Казаков А. М., Лавриненко Ю. А., Жернаков В. С. Влияние смазочно-охлаждающих технологических средств на повышение производительности при формировании внутренней резьбы босстружечным метчиком // Кузнечно-штамповочное производство. 1999. № 10. С. 15–19.
5. Шолом В. Ю., Савельева Н. В., Майстренко А. В. Разработка консервационно-технологического смазочного материала // Приводная техника. 2004. № 1. С. 2–5.

ОБ АВТОРЕ



Шолом Владимир Юрьевич, директор НПО «Хозрасчетный творческий центр УАИ». Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1980). Канд. техн. наук по технологии машиностроения (УГАТУ, 2001). Иссл. в обл. триботехники и СОТС.