

И 86724

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена
Трудового Красного Знамени
государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

КОВАЛЕНКО Сергей Ефимович

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕХАНООБРАБОТКИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ
СТАЛЕЙ, ОБРАЗУЮЩИХ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ ЗАЩИТНЫЕ ПЛЕНКИ
НА РЕЖУЩИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ИНСТРУМЕНТА

05.03.01.- Процессы механической и физико-технической
обработки, станки и инструменты

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1992

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель:	-кандидат технических наук, доцент ПОКРОВСКИЙ В.П.
Официальные оппоненты:	-доктор технических наук, профессор СГИБНЕВ А.В. -кандидат технических наук, с.н.с. АНДРЕЕВ В.Н.

Ведущая организация - Московский инструментальный завод

Защита состоится "26" ноября 1992г. на заседании специализированного совета К 053.15.15 в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного знамени государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана по адресу:
д. 5, МГТУ им. Ба

Ваш отзыв
печатью, просим

С диссертации

Теле

Автореферат

УЧЕНЫ
СПЕЦИАЛИЗирован
к.т.

Подписано к печати
заказ 528

М 86724

1/12

Актуальность проблемы. Развитие машиностроения наряду с увеличением объема производства стимулировало внедрение новых, а также расширение использования традиционных материалов, но с улучшенными технологическими свойствами. В то же время формирование функциональных поверхностей деталей машин в подавляющем большинстве по-прежнему осуществляется с помощью резания, что ведет к постоянному обновлению и расширению многочисленного парка металлорежущих станков, в т.ч. с числовым программным управлением, а также автоматических линий.

Важнейшим условием повышения эффективности использования этого современного высокопроизводительного оборудования является повышение эффективности и надежности работы режущего инструмента. Для достижения этой цели существует целый ряд мер, которые обычно требуют дополнительных капиталовложений, нередко трудно реализуемы или весьма трудоемки.

В то же время известно, что существенному повышению стойкости и, как следствие, надежности работы РИ способствуют применение сталей улучшенной обрабатываемости, образующих при их обработке резанием пленкообразный защитный слой на контактных поверхностях режущего инструмента, замедляющий его износ.

Установлено, что этот эффект достигается за счет изменения технологии выплавки или раскисления стали, введения специальных присадок при сохранении или незначительном изменении ее физико-механических свойств. К таким сталям относятся автоматные и, в первую очередь, кальцийсодержащие стали, имеющие ряд преимуществ по сравнению с другими сталями улучшенной обрабатываемости резанием (сернистыми, свинцовистыми, теллур-, бор- и висмутсодержащими), что и определило огромный интерес к ним во всем мире.

Однако до настоящего времени нет единой точки зрения на механизм улучшения обрабатываемости кальциевых и других сталей повышенной обрабатываемости резанием, в том числе коррозионностойких и жаропрочных, отсутствуют научно обоснованные рекомендации по их рациональному использованию, применению инструментальных материалов для их эффективной обработки. Решением этих задач и определяется актуальность данной работы.

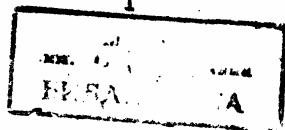
Цель и задачи работы. Целью работы является изучение физических основ влияния различных кальций- и барийсодержащих раскисляющих лигатур на контактно-деформационные и тепловые

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1086724

Коваленко С.Е. Повышение



процессы в зоне резания, износ и эксплуатационные характеристики твердосплавных резцов при точении различных типов сталей, раскисленных данными щелочноземельными элементами (ЩЗМ); установление основных положений механизма образования и регенерации самовосстанавливающихся защитных пленок (ЗП), способствующих улучшению обрабатываемости резанием вышеупомянутых сталей; определение оптимальной степени их микролегирования ЩЗМ элементами с т.з. наилучшей обрабатываемости резанием и выработка рекомендаций металлургам по созданию новых аналогичных конструкционных материалов.

Методы исследования. Исследования проводились в лабораторных и производственных условиях по одно- и многофакторным схемам планирования экспериментов с применением современной контрольно-измерительной аппаратуры, оптических, металлографических и растровых электронных микроскопов, систем для проведения микрорентгеноспектрального анализа, оптико-электронной системы термовидения, а также профилографов, профилометров и т.п.

Научная новизна работы.

- теоретически обоснована и практически подтверждена гипотеза улучшения обрабатываемости сталей, раскисленных ЩЗМ элементами - кальцием и барием, заключающаяся в образовании на режущих поверхностях инструмента многослойных самовосстанавливающихся защитных пленок, предохраняющих его от различных видов износа;
- по результатам изучения механизма улучшения обрабатываемости представлены рекомендации металлургам по рациональному раскислению и микролегированию конструкционных сталей элементами, улучшающими обрабатываемость резанием, на основании которых созданы несколько типов сталей с улучшенной обрабатываемостью резанием;
- доказана большая эффективность кальция как элемента, улучшающего условия резания по сравнению с серой, предложена зависимость, определяющая примерное соотношение их влияния на интегральный эффект улучшения обрабатываемости твердосплавным металлорежущим инструментом;
- предложена экспресс-методика определения рациональных режимов резания с точки зрения наибольшей стойкости режущего инструмента, а также приводятся научно-обоснованные режимы резания кальцийсодержащей стали АЦ12Х18Н10Т;

- предложена и опробована в ходе экспериментов новая конструкция сборного твердосплавного токарного резца, отличающегося от аналогов повышенной жесткостью и технологичностью крепящего узла.

Практическая ценность. Использование предложенных в работе рекомендаций по режимам механической обработки и применению инструментальных материалов для их обработки позволит без дополнительных капитальных затрат увеличить производительность лезвийных методов обработки не менее, чем на 10-15% при одновременном снижении расхода твердосплавного инструмента в 1,2-1,5 раза, снижение энергопотребления на 10-25%.

Практическое использование положений данной работы позволило создать новые стали с улучшенной обрабатываемостью резанием, которые образуют самовосстанавливающиеся многослойные ЗП на контактных поверхностях РИ при их раскислении соединениями ЦЗМ.

Результаты исследований прошли промышленную апробацию и внедрены на Волжском механическом заводе (г.Волжский) и ПО "Темп" г.Черкассы. Общий подтвержденный экономический эффект составил 53.205 руб. в ценах 1990-91 гг.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Всесоюзных научно-технических конференциях "Интенсификация производства и качества машиностроительной продукции за счет применения конструкционных сталей с улучшенными технологическими свойствами" - г.Челябинск, 1987 г., "Проблемы и перспективы автоматизации производства" - г.Пермь, 1990 г., на Всесоюзном научно-техническом семинаре "Опыт восстановления нефтеперерабатывающего и нефтехимического оборудования" - г.Киев, 1990 г. Работа неоднократно обсуждалась на научных семинарах кафедры "Процессы и инструментальные системы механической и физико-химической обработки" - МГТУ им.Н.Э.Баумана. По результатам исследований опубликовано 5 печатных работ.

Автор благодарит д.т.н. Заславского А.Я., с.н.с. Филимонова С.Г., м.с. Лузину Л.П. за большую помощь в работе, а также выражает признательность к.т.н. Давиду У.Р., к.т.н. Свешниковой Г.А., к.т.н. Есову В.Б., Львову А.М., Гороховскому Г.Г., Иванову В.И., Михайлюку И.А. за оказанное содействие в проведении экспериментов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введе-

ния, пяти глав, общих выводов, списка использованных источников и приложения. Работа изложена на 277 страницах и содержит 157 страниц машинописного текста, 95 рисунков, 14 таблиц, список литературы из 154 наименований.

В первой главе показано, что стали, раскисленные соединениями ЩЗМ, как правило, имеют улучшенную обрабатываемость резанием, благодаря способности генерировать ЗП на контактных поверхностях РИ. Указывается, что добавки чистого кальция и бария не ухудшают показатели механических и вязких свойств, положительно влияют на некоторые другие эксплуатационно-технологические свойства. Анализируются НМВ на основные процессы в зоне резания и основные показатели обрабатываемости резанием. Обращается внимание на низкую растворимость ЩЗМ в жидком железе и перечисляются элементы, повышающие остаточное содержание Са в стали.

Показано, что до настоящего времени нет единого мнения о механизме образования и самовосстановления защитных отложений на РИ и о механизме улучшения обрабатываемости исследуемых сталей в целом. Отсутствуют научно обоснованные рекомендации по назначению рациональных режимов резания и выбору инструментального материала для обработки этих сталей, а также по правильному применению различных типов исследуемых сталей и по рациональной степени их микролегирования для достижения максимального улучшения обрабатываемости резанием.

Указывается на отсутствие данных о влиянии Ва на процессы в зоне резания, а также на общую обрабатываемость сталей, раскисленных с его помощью.

Сделан вывод о необходимости дальнейшего более полного и системного изучения данных вопросов, исходя из цели работы сформулированы задачи настоящего исследования.

Во второй главе изложены основные методические положения экспериментальных исследований. В качестве обрабатываемого материала были выбраны заготовки из круглого проката 24-х лабораторных и 4-х опытно-промышленных плавок сталей типа 30Х13 и 12Х18Н10Т, которые отличаются только условиями раскисления и, как следствие - содержанием микролегующих элементов. В качестве раскислителей использованы силикокальций, кальсибар, ферросилиций и алюминий. Содержание элементов, улучшающих обрабатываемость резанием, варьировалось в следующих пределах: Са = 0,001-0,010%, S = 0,009-0,290%, Ва не более

0,0015-0,002%.

Заготовки подвергались термообработке - закалке с 1000°C в масло, отжиг до 800°C - для сталей типа 30X13; прокат из сталей типа 12X18H10T не термообработывался.

В экспериментах использовались твердые сплавы: MC22I, MC146, T15K6, T5K10, BK8, в т.ч. с износостойкими покрытиями из TiC, TiN.

Точение производилось резацами токарными сборными проходными CTG PR 2525MI5 с пластиной #013II-I60308, PCLNR 2525MI2 - #120408-05II4, ВНИИ-AP848-#05II4-I20408. В ходе экспериментов конструкция крепежного узла державки AP848 была усовершенствована с целью увеличения его жесткости и технологичности. Все опорные поверхности, в т.ч. подпластину, тщательно шлифовались. Эксперименты проводились на станках 1М63, 1К62 и 16К2033.

Составляющие силы резания фиксировались с помощью универсального динамометра УДМ-600, усилителя и шлейфового осциллографа Н117 на светочувствительную бумагу УД-67.

Температуры резания измерялись с помощью естественной термопары, а также бесконтактным способом - с помощью оптико-электронной системы измерения температуры "Thermovision-880" шведской фирмы AGEMA, которая содержит комплекс вычислительной аппаратуры "TTC-800" и средства программного обеспечения для анализа термограмм. Погрешность измерения оптической термоизмерительной аппаратуры $\pm 1,5\%$.

При исследованиях влияния НМВ на контактно-деформационные процессы в зоне резания применялась оригинальная методика, отличающаяся предельной простотой получения корня стружки. Она заключается в образовании на режущей твердосплавной пластине специальных надрезов с помощью электроэрозионного проволочного стана или отрезного абразивного круга, глубина которых подбирается экспериментально из условия сохранения ее работоспособности в течение выбранного Вами промежутка времени и выхода процессов в зоне резания на установившийся режим. При этом очевидно, что данный способ обладает минимально возможной инерционностью, стремящейся к времени скола пластины, а также другим преимуществом - сколотая вершина резца очень часто остается в зоне резания, что максимально приближает объект исследования к реальным условиям.

Корни стружек вырезались с помощью электроэрозионного оборудования, помещались в латунные обоймы и заливались эпоксидной смолой, затем шлифовались и полировались по известным методикам.

После химического травления микрошлифы корней стружек фотографировались на металлографическом микроскопе "Neofhot -2I". Микротвердость деформированного металла измерялась на приборе "М-400" фирмы "Леко". Микрорентгеноспектральный анализ НМВ, ЗП и т.д. осуществлялся на системах "CAMBAX", "Cameca -MS-46", LIN KQX2000 и LINK AN10000.

Износ резцов измерялся и фотографировался с помощью оптического инструментального микроскопа УИМ-23. Шероховатость обработанной поверхности и профиль ЗП измерялись с помощью профилографа-профилометра модели 252.

В третьей главе проведен теоретический анализ влияния НМВ на основные показатели обрабатываемости металлов резанием и, в частности, на тепловыделение и температуры в зоне резания. В зоне пластических деформаций происходит поглощение тепла на размягчение и расплавление части наиболее легкоплавких НМВ. В зоне внешнего трения - снижение температур за счет уменьшения коэффициента трения и теплоизолирующей функции ЗП на контактных поверхностях РИ за счет значительно более низкой теплопроводности неметаллов по сравнению с обрабатываемым материалом. Все это на несколько десятков мкм отодвигает зону максимальных температур от режущей кромки. Более того, кальцийсодержащие и другие легкоплавкие НМВ, являясь концентраторами надлома, способствуют более стабильному стружкодроблению и уносу значительной части тепла отламливающимися элементами стружки. Делается вывод, что в общей сложности снижение температур резания при точении исследуемых сталей должно составить не менее 8-10% и прямо зависеть от количества попавших в зону резания пластичных и легкоплавких НМВ-й. При этом, на основе литературных данных, а также исходя из собственных экспериментальных исследований, указывается, что абсолютные значения температур резания остаются достаточно высокими, особенно при обработке высоколегированных сталей, когда температуры часто превыша-

ют 800°C. Этого вполне достаточно для потери большинством НМВ абразивных свойств и даже размягчения части из них.

Во втором разделе третьей главы излагается механизм и приводится схема образования и самовосстановления ЗП (см. рис. I).

При этом отмечается вклад Н.В.Талантова, А.Я.Заславского, М.И.Шевченко, М.В.Гордона, В.Б.Есова, А.И.Курченко, Д.В.Виллима и многих других отечественных и зарубежных исследователей в изучение излагаемых вопросов и предлагается собственная трактовка автора по некоторым из них. В частности, обращается внимание на важную роль различных окислов железа, способных под действием высоких температур резания образовывать более сложные соединения типа $X(CaO) \cdot Y(Fe_nO_m)$, $X(FeO) \cdot Y(Ti_nO_m)$, $(Fe, Mn)O \cdot (Ta, Nb)_2O_5$ и т.п., как правило, находящиеся в основании защитных отложений.

В свою очередь, несоответствие или существенное различие параметров кристаллической решетки может привести к вытеснению или замене некоторых соединений в составе ЗП. При этом каждый из слоев пленки является как бы компенсатором некоторого различия параметров выше- и нижележащего слоя.

Указывается, что наиболее вероятно взаимодействие НМВ с твердым сплавом по цепочкам, отмеченным темной и светлой стрелкой на рис. I с возможными ответвлениями в правой и левой его части. На поверхности ЗП, как правило, находятся оксисульфидные пленки, содержащие большое количество Ca, Mg, Mn, Fe, S, Si, Al, Ce и т.д. Обращается внимание на многослойность ЗП и их способность к самовосстановлению в течение всего периода работы твердосплавного РИ, содержащего или покрытого TiC, TaC, NbC, TiN

Отмечается, что источником или причиной образования окислов железа может быть как сам металл, так и атмосферный воздух. Указывается на способность FeO и Fe_2O_3 частично или полностью замещаться подобными оксидами - соответственно CaO, MgO , MnO, TiO и Cr_2O_3 , Al_2O_3 в соединениях, участвующих в улучшении обрабатываемости резанием исследуемых ста-

лей. При этом акцентируется внимание на то, что окислы железа обычно имеют черный цвет, а их область устойчивости (560–1370°C) совпадает с диапазоном рабочих температур резания при работе твердосплавным инструментом.

В третьем разделе из уравнения теплового баланса выводится формула для расчета максимальной толщины ЗП:

$$h = \frac{V_{\text{рнм}} C_{\text{им}} (T_{\text{им}} - T_{\text{г}})}{S \rho_{\text{п}} (q + C_{\text{п}} (T_{\text{г}} - T_{\text{оп}}))}, \quad (3.1)$$

где $\rho_{\text{им}}, \rho_{\text{п}}$ – соответственно плотности инструментально-го материала и пленки;
 $C_{\text{им}}, C_{\text{п}}$ – их удельные теплоемкости;
 V – объем твердого сплава;
 h, S – толщина и площадь ЗП;
 $T_{\text{им}}, T_{\text{г}}, T_{\text{оп}}$ – соответственно температуры инструменталь-ного материала, текучести НМВ и исходная температура НМВ.

Показано, что различие в толщинах сульфидных и окисных защит-ных пленок малосущественно, что нельзя сказать о прочности их соединения с РИ. Для расчета прочности адгезионных связей ЗП с твердым сплавом используется плоская модель, предложенная А.С. Фрейдиным и Р.А. Турусовым, состоящая из $K + 1$ слоев адгезива высотой h_i и n пограничных слоев высотой h_i^* . К тор-цам крайних слоев приложено внешнее усилие P (рис.2). Из усло-вия равновесия K -го элемента системы – dx , получаем:

$$-\tau_k dx b - N_k b + \tau_{k+1} dx b + \left[N_k + \frac{dN_k}{dx} dx \right] b = 0, \quad (3.2)$$

Отсюда получаем дифференциальное уравнение равновесия K -го элемента:

$$\tau_k - \tau_{k+1} = dN_k/dx, \quad K = 0, 1, \dots, n \quad (3.3)$$

Дифференцируя (3.3) и проведя простые математические подста-новки и преобразования, получаем систему уравнений для опре-деления усилия N_k , действующего на единицу ширины модели, в каждом из n слоев:

$$\frac{d^2 N_0}{dx^2} - \left(\frac{G_1}{h_1^*} \right) \left[\frac{N_0}{E_0 h_0} - \frac{N_1}{E_1 h_1} - \varepsilon_1 + \varepsilon_0 \right] = 0,$$

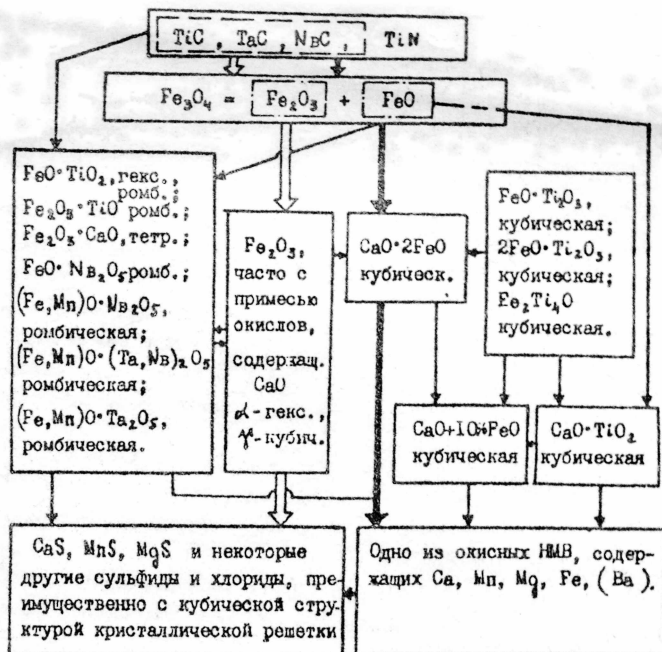


Рис. 1 Схема образования и самовосстановления защитных пленок на контактных поверхностях твердосплавного инструмента.

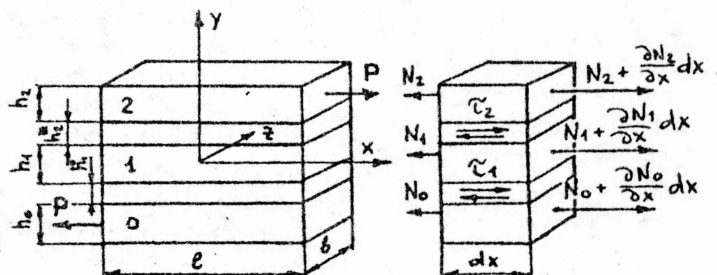


Рис. 2 Напряженно-деформационное состояние адгезионного соединения.

$$\frac{d^2 N_n}{dx^2} - \left(\frac{G_n}{h_n^*} \right) \cdot \left[\frac{N_n}{E_n h_n} - \frac{N_{n-1}}{E_{n-1} h_{n-1}} - \varepsilon_n + \varepsilon_{n-1} \right] = 0, \quad (3.4)$$

$$N_0 + N_1 + N_2 = \frac{P}{6},$$

где ε_K - обобщенная деформация К-того слоя;

E_K и G_K - соответственно модули упругости и сдвига К-го слоя.

При заданных граничных условиях при $X = \pm l/2$ (см. рис.2) решение этой системы с применением ЭВМ в настоящее время не представляет принципиальных трудностей и в силу достаточной громоздкости автором опущено. Если ε_K не зависит от X , получаем решение для слоев 0 и 2:

$$\begin{aligned} N_0 &= A_1 \operatorname{sh} S_1 x + A_2 \operatorname{ch} S_1 x + A_3 \operatorname{sh} S_2 x + A_4 \operatorname{ch} S_2 x + A, \\ N_2 &= B_1 \operatorname{sh} S_1 x + B_2 \operatorname{ch} S_1 x + B_3 \operatorname{sh} S_2 x + B_4 \operatorname{ch} S_2 x + B, \end{aligned} \quad (3.5)$$

где A_i и B_i - константы, а S_1 и S_2 - корни характеристического уравнения системы.

Расчеты показывают, что для сдвига окисных пленок требуется усилие примерно на порядок больше, чем для сдвига таких же сульфидных пленок.

В четвертом разделе показывается, что наличие окисно-сульфидных ЗП на границе раздела обрабатываемый материал-твердый сплав существенно снижает коэффициент трения, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на снижении составляющих силы резания. Кроме того, на снижение усилия резания положительно влияет и более глобулярная форма НМВ в сталях, раскисленных соединениями ЦЭМ. Действительно, при одинаковой прижимающей силе и одинаковой опорной поверхности НМВ, сопротивление набегающим слоям обрабатываемого металла будет меньше у НМВ глобулярной или близкой к ней формы.

В пятом разделе анализируется влияние самовосстанавливающихся ЗП на характер износа металлорежущего инструмента. Высказывается предположение, что снижение температурных и силовых нагрузок на РИ, а также образование защитных отложений, вызовет заметное увеличение стойкости РИ за счет снижения адгезионного, диффузионного и окислительного износа. Снижение абразивного износа твердосплавного инструмента происходит благодаря способности большинства НМВ в исследуемых сталях терять свои абразивные свойства при более низких температурах, чем НМВ в обычных сталях. Делается вывод, что для сниже-

ния износа РИ необходимо:

1. Максимально приблизить твердость НМВ к твердости металлической матрицы.

2. Снизить температуру текучести или размягчения НМВ до уровня средних температур в зоне резания при обработке данного типа сталей.

3. Придать включением форму максимально приближенную к глобулярной, что также повысит и их механические свойства.

В четвертой главе содержатся результаты экспериментов по изучению влияния НМВ на основные показатели обрабатываемости резанием.

В первом разделе анализируется форма, состав, и особенности распределения НМВ в сталях типа 30Х13, и 12Х18Н10Т при различных способах раскисления. Установлено, что Са и Ва способствуют глобуляризации большей части окисных и сульфидных НМВ в кальцийсодержащих сталях. При этом окисные включения часто становятся более пластичными, легкоплавкими и, как правило, теряют абразивные свойства. Подтверждено, что Ni и Ва повышают остаточное содержание кальция в стали. Кроме того, Ва способствует также измельчению и более равномерному распределению НМВ по слитку. В то же время, его остаточное содержание в стали не превышает 0,001-0,0015%.

Во втором разделе исследованы механические свойства испытуемых сталей. Установлено слабое влияние изученных добавок серы, кальция, бария на механические свойства нержавеющей сталей аустенитного и мартенситного классов. Испытание их механических свойств показали их полное соответствие требованиям ГОСТ 5949-75 к аналогичным серийным высоколегированным сталям.

В третьем и пятом разделах исследовалось влияние НМВ на динамические характеристики процесса резания - силы и температуры резания. Установлено, что снижение составляющих сил и температур резания при обработке кальцевых сталей типа 30Х13 и 12Х18Н10Т с нормальным содержанием серы (НСС) составило максимально 8-12% во всем исследованном диапазоне режимных параметров, для высококальциевых соответственно - 12-15%, при этом снижение пропорционально содержанию Са в металле. Для сталей с повышенным содержанием серы (ПСС) снижение составило от 15-20 до 28-30% и зависит, главным образом, от содержания последней и в меньшей степени от Са и Ва.

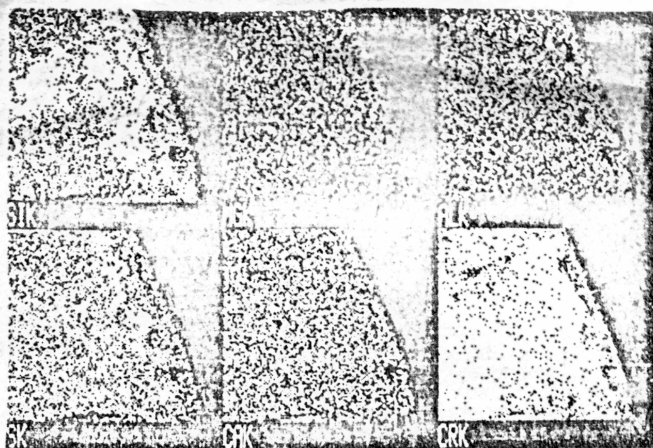
В четвертом разделе исследованы контактные процессы в зоне резания исследуемых сталей. Подтверждена неметаллическая и многослойная природа ЗП с различным химсоставом и прочностью слоев, подложной для которых служат различные окислы железа с примесью титана, кальция и т.д. Установлено наличие в вышележащих слоях защитных отложений Ca , Mg , Mn , Si , S , Al , а также установлена способность ЗП к самовосстановлению на всем протяжении периода стойкости РИ, содержащего карбиды титана, тантала, ниобия или нитрид титана.

В шестом разделе изучено влияние НМВ на особенности износа контактных поверхностей резцов, в т.ч. с износостойкими покрытиями. Предложены обобщенные формулы для расчета стойкости твердосплавных резцов марок MC22I, MC22IO, BK8 в диапазоне скоростей резания 1,0-3,75 м/с. Установлено повышение стойкости твердосплавных резцов MC22I и MC22IO при точении кальциевой аустенитной стали АЦ12Х18Н10Т (ПСС) в 1,2-3,5 раза (в различных скоростных диапазонах) по сравнению с обычной или базовой сталью ($S = 0,21$ мм/об; $t = 2$ мм; $V = 1,0-3,75$ м/с).

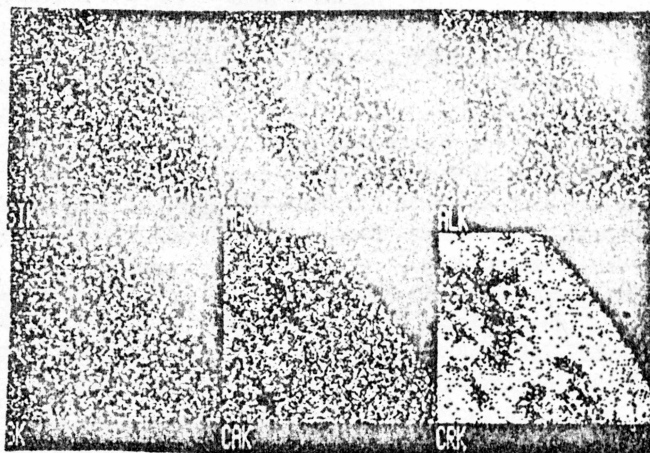
Седьмой раздел посвящен влиянию микролегирующих элементов на шероховатость обработанной поверхности. Анализ полученных данных показал, что качество обработанных поверхностей сталей, раскисленных SiCa , $\text{FeSi} + \text{Al}$, CaBaSi , в т.ч. с повышенным содержанием серы, отличаются незначительно - в пределах 1-2 разрядов одного класса. При этом кальциевые стали с CC и, особенно, раскисленные CaBaSi , часто незначительно превосходят обычные стали по этому показателю.

Восьмой раздел посвящен влиянию НМВ на характер стружкодробления. Установлено, что НМВ, характерные для кальциевых сталей, типа АЦ30Х13 и АЦ12Х18Н10Т существенно расширяют, а также несколько сдвигают в зону более высоких скоростей область устойчивого стружкодробления по сравнению с аналогичной базовой сталью. При этом совместное микролегирование серой и кальцием, а также серой, кальцием и барием более эффективно по сравнению с микродобавками только Ca .

В пятой главе предложена экспресс-методика определения области рациональных режимов резания с точки зрения наибольшей стойкости РИ. Суть методики заключается в том, что при данных режимах исследуемые стали образуют на контактных поверхностях РИ максимальные по площади и высоте ЗП (исключая области устойчивого наростообразования).



а



б

Рис. 3 Распределение элементов в характеристическом излучении в защитной пленке на передней поверхности резца MC2210 после 12 минут резания кальциевой стали:

а - типа АЦ2Х18Н10Т, пл. 44214, $V = 1,5 \text{ м/с}$, $S = 0,21 \text{ мм}^2/\text{об}$;

б - типа АЦ30Х13, пл. 53477, $V = 1,5 \text{ м/с}$, $S = 0,21 \text{ мм}^2/\text{об}$, $t = 2 \text{ мм}$.

Предложена и опробована в ходе экспериментов новая конструкция сборного твердосплавного токарного резца, отличающаяся повышенной жесткостью и технологичностью крепежного узла.

Приводятся рекомендации металлургам по рациональному микрореглированию конструкционных сталей. Для достижения максимального улучшения обрабатываемости следует стремиться к максимально возможному остаточному содержанию Са. Ва отнесен к элементам, безусловно улучшающим условия резания, особенно совместно с кальцием и серой. При введении серы следует стремиться к разумному компромиссу между эксплуатационными свойствами сталей и их высокой обрабатываемостью резанием. По результатам данной работы специалистами НИИМ и Челябинского меткомбината выплавлены и поставлены потребителю несколько новых типов сталей с улучшенной обрабатываемостью резанием. Внедрение данных сталей и режимов их мехобработки на Волжском механическом заводе и ПО "Темп" (г.Черкассы) дало подтвержденный годовой экономический эффект 53.205 рублей в ценах 1991 г.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена гипотеза улучшения обрабатываемости сталей, раскисленных соединениями щелочно-земельных металлов - кальция и бария, заключающаяся в образовании на контактных поверхностях инструмента многослойных защитных пленок (ЗП), предохраняющих его от различных видов износа.

2. Подтверждена неметаллическая и многослойная природа ЗП с различным химсоставом и прочностью слоев, подложкой для которых служат различные окислы железа с примесью соединений титана, кальция и т.д. Установлено наличие в вышележащих слоях защитных отложений следующих элементов - Ca, Mg, Mn, Si, S, Al, Cl, Fe, а также установлена способность ЗП к самовосстановлению на всем протяжении периода стойкости режущего инструмента, содержащего TiC, TaC, NbC и TiN.

3. Теоретически и экспериментально определено влияние неметаллических включений (НМВ), содержащих щелочно-земельные металлы (ЩЗМ) на силу, температуры резания и характер стружкодробления. Показано, что при точении кальцийсодержащих сталей с нормальным содержанием серы, составляющие силы резания и температуры снижаются на 8-15% и несколько расширяется,

сдвигаясь в зону более интенсивных скоростей резания, область устойчивого стружкодробления. При точении высокосернистых кальциевых сталей силы и температуры снижаются до 25-30%, а область устойчивого стружкодробления расширяется почти на весь диапазон реально применяемых подач и скоростей резания.

4. Предложена методика расчета толщины ЗП и прочности их соединения с контактными поверхностями режущего инструмента, на основании которой показано, что кальциевые и др. пластичные и легкоплавкие окисные соединения с кубической кристаллической решеткой образуют примерно на порядок более прочные пленки по сравнению с соединениями серы, снижая адгезионный, диффузионный, абразивный и окислительный износ. При этом соотношение интегральных эффектов улучшения обрабатываемости может быть представлено выражением:

$$0,008\% \text{ Ca} \approx 0,1\% \text{ S}$$

5. Доказана безусловно положительная роль бария в улучшении обрабатываемости различных сталей, а также подтверждено его благоприятное влияние на измельчение и глобуляризацию НМВ, придание им большей пластичности и легкоплавкости за счет повышения в его присутствии остаточного содержания в металле кальция.

6. Предложена рабочая гипотеза, объясняющая повышение стойкости резцов в 1,2-3,5 раза при точении сталей, раскисленных соединениями ЦМЗ. Проведено экспериментальное подтверждение гипотезы с помощью наиболее современного исследовательского оборудования. Определены особенности износа контактных поверхностей резцов, в т.ч. с износостойкими покрытиями из TiN и TiC, а также предложены обобщенные формулы для расчета стойкости твердосплавных резцов марок MC22I, MC22IO, BK8 в диапазоне скоростей резания - 1,0-3,75 м/с. и рекомендации по наиболее рациональному их применению.

7. Разработана экспресс-методика определения области рациональных режимов резания с точки зрения наибольшей стойкости режущего инструмента.

8. По результатам изучения механизма улучшения обрабатываемости представлены рекомендации металлургам по рациональному раскислению и микролегированию конструкционных сталей элементами, улучшающими обрабатываемость резанием, на основании которых созданы и поставлены потребителю несколько совершенно новых типов сталей с улучшенной обрабатываемостью резанием.

9. Предложена и опробована в ходе экспериментов новая конструкция сборного твердосплавного токарного резца, отличающаяся от аналогов повышенной жесткостью и технологичностью конструкции крепежного узла.

Основное содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в опубликованных работах:

1. Коваленко С.Е., Есов В.Б. Особенности изнашивания твердосплавных резцов при точении кальциевых сталей // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1987. - №8. - С.133-135.

2. Коваленко С.Е., Есов В.Б., Михайлюк И.А. Повышение производительности и снижение себестоимости механообработки за счет применения кальцийсодержащих сталей // Интенсификация производства и качества машиностроительной продукции за счет применения конструкционных сталей с улучшенными технологическими свойствами: Тез. докл. Всесоюз. научно-техн. конф. - Челябинск, 1987. - С.24-25.

3. Коваленко С.Е., Покровский В.П. Применение сталей улучшенной обрабатываемости - важный резерв повышения эффективной работы автоматизированного оборудования // Проблемы и перспективы автоматизации производства и управления на предприятиях и в организациях приборо- и машиностроения: Тез. докл. II Всесоюз. научно-техн. конф. - Пермь, 1990. - С.44 -45.

4. Коваленко С.Е., Покровский В.П. Применение кальцийсодержащих сталей улучшенной обрабатываемости - важный резерв повышения эффективности использования автоматизированного оборудования // Опыт восстановления и упрочнения деталей методами сварки, наплавки, напыления нефтеперерабатывающего и нефтехимического оборудования: Тез. докл. Всесоюзного научно-техн. семинара. - Киев. - 1990. - С.36-38.

5. Коваленко С.Е., Покровский В.П., Кудрявцев В.М. Рекомендации по режимам механической обработки сталей улучшенной обрабатываемости. - М.: Ассоциация "Спецнефтехиммат", ЦНИИТ-нефтехим, 1991. -22с.