

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕЦИЗИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ ПУТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Повышение промышленной чистоты гидравлических систем машин, в том числе авиационной техники, в производстве и эксплуатации и обеспечение на этой основе безотказности, увеличения ресурса - наиболее эффективный способ экономии материальных и энергетических ресурсов страны.

Процесс создания надежной с высоким ресурсом техники закладывается в процессе обоснования схемных, конструктивных, технологических решений, которые представляют собой синтез технологических систем (ТС), состоящих из множества элементов с противоречивыми свойствами, что предопределяет оптимизацию качества и себестоимости изделий. Технологическая система обладает суммарными свойствами, которые прогнозируемо и устойчиво обеспечивают требуемое стабильное качество изделий с максимальным экономическим эффектом. Оптимизация процессов, входящих в технологическую систему, возможна при научно обоснованных условиях взаимного влияния этих процессов и соответствующих установленных закономерностях, которым подчиняются эти влияния. При этом свойствами, присущими системе в целом, не обладают ее отдельные элементы, что позволяет выделить ее в виде целостного объекта. Технологическая система не сводится к простой совокупности составляющих элементов и, рассматривая эти элементы в отдельности без учета связей между ними, невозможно объективно оценить ее свойства в целом, а следовательно, нельзя оптимизировать качество продукции и затраты в производстве и эксплуатации [1].

Развитые в области машиностроения страны более четверти века назад вступили в этап перехода от разработки разрозненных прогрессивных технологий и техники для их реализации к целостным технологическим системам новых поколений. Формирование технологических систем на базе научно-технических достижений, охватывающих жизненный цикл изделий, выполняется исходя из поставленной цели и решаемых задач, обеспечивая конкурентоспособность. Конкурентная способность изделий машиностроения – многофакторная проблема, зависящая от комплекса системных организационных мероприятий и оптимального решения технологических задач в каждом конкретном случае.

В современных условиях необходимо обеспечить как конкурентоспособность выпускаемой продукции, так и надёжность технологиче-

ской базы (системы). Основу надежности ТС, элементами которой являются оборудование, инструменты, технологии, исполнители, составляет обоснованность назначения методов и режимов обработки, последовательности операций и переходов, методов и точности контроля, квалификации исполнителей и т.д., что определяет её способность производить продукцию с характеристиками, удовлетворяющими требованиям конструкторской и нормативно технической документации. При этом состав ТС, технологические операции и их последовательность должны исключать или сводить к минимуму негативные влияния технологической наследственности от сопутствующих явлений технологических процессов. Негативные сопутствующие явления технологических процессов являются причиной скрытых дефектов, которые проявляются в эксплуатации, например, шаржирование микрочастицами поверхностей трущихся пар. На рис. 1–3 показаны типичные фрагменты поврежденных поверхностей золотников, снятых с изделий после отказов агрегатов. Задиры поверхностей вызваны микрочастицами материала золотника и материалов режущих инструментов. Исследования деталей, снятых с эксплуатации агрегатов, доказывают необходимость очистки поверхностей и кромок деталей от макро- и микрочастиц. Даже микрочастицы в долях микрона (рис. 1) образуют задиры на поверхностях золотников с твердостью более 55 единиц по Роквеллу, которые приводят к отказам прецизионных изделий.

На рис. 4 показаны результаты стендовых испытаний двух агрегатов, которые позволили установить зависимость ресурсов от чистоты рабочих жидкостей, массовой концентрации и размеров частиц. Увеличение количества частиц в рабочей жидкости в два раза уменьшает ресурс в четыре раза, а увеличение в десять раз снижает ресурс в сто раз [2].

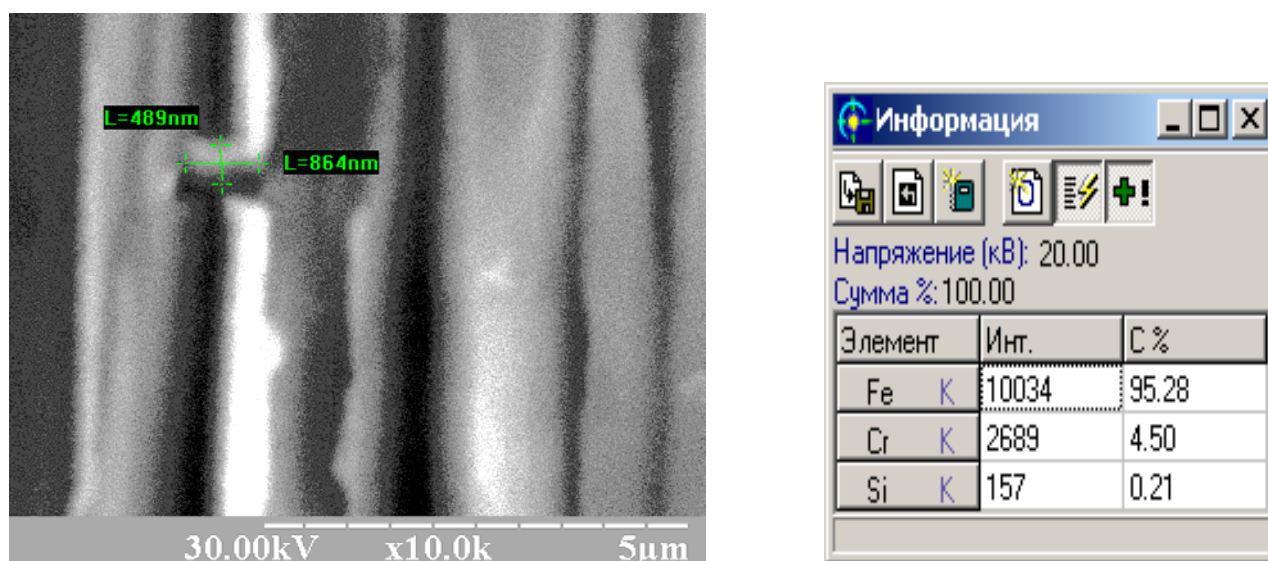


Рисунок 1 – Типичные микрочастицы материала золотника

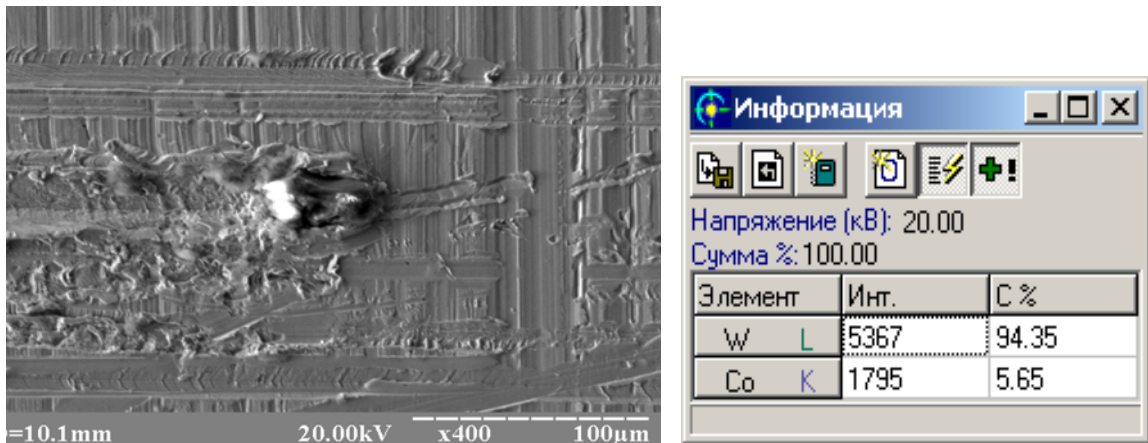


Рисунок 2 – Повреждение поверхности частицей инструмента

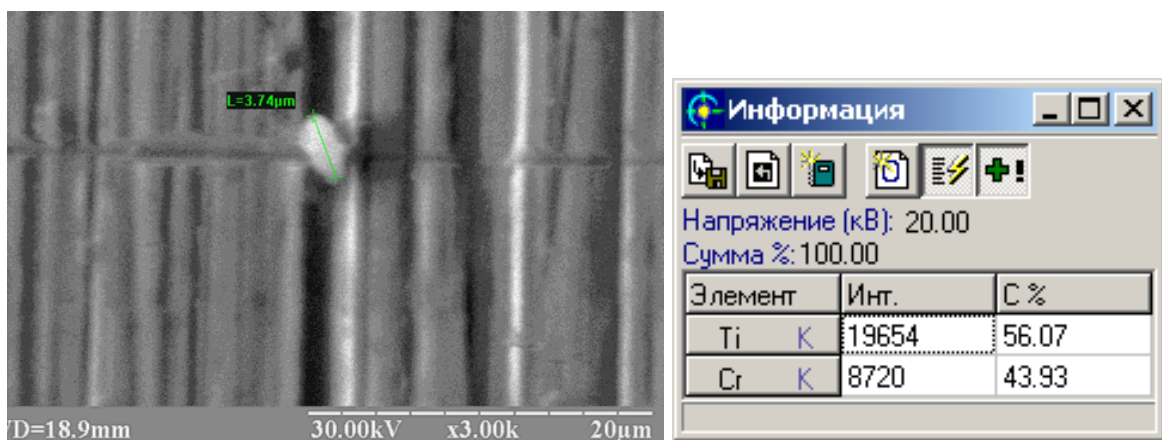


Рисунок 3 – Частица от покрытия твердосплавного инструмента

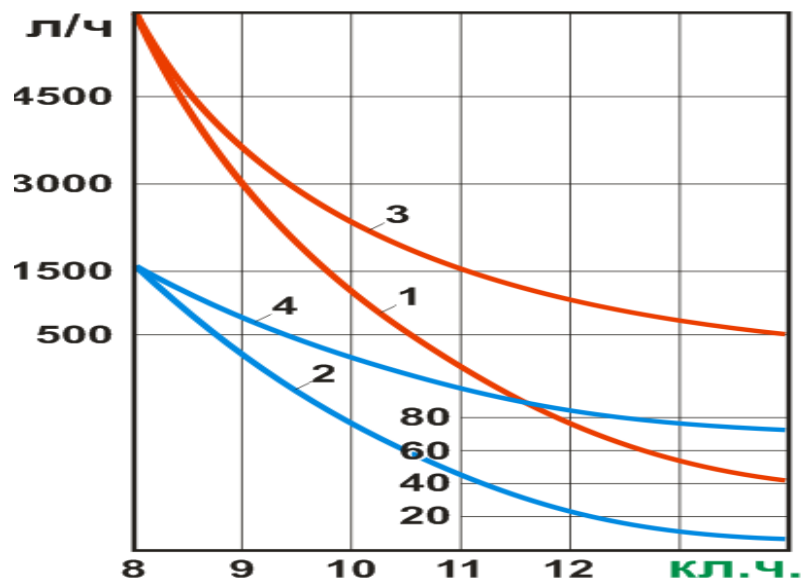


Рисунок 4 – Изменение наработки от класса чистоты рабочих жидкостей (1, 2 – зависимости с учетом превышения концентрации частиц < 5 мкм)

Надежность ТС достигается двумя путями. Первый путь – проводят корректировку ТС многостадийной доводкой технологических процессов по результатам изготовления, испытаний, эксплуатации изделий на основе причинно-следственного анализа дефектов, брака и отказов, выявляемых при изготовлении, испытаниях и эксплуатации. При таком подходе сочетание характеристик элементов технологической системы носит случайный характер. Поскольку негативные влияния технологической наследственности сказываются в эксплуатации, вне производственного процесса, то это приводит к непрогнозируемым срокам освоения производства новых изделий, значительному удорожанию работ. Второй путь – выбор технологических процессов и соответственно состава ТС на этапе технологической подготовки производства (ТПП) с использованием научно обоснованных закономерностей взаимного влияния элементов технологической системы, исключающих негативную наследственность при обработке.

Рассмотрим один из важных составляющих элементов технологической системы, влияющий на качество деталей, а следовательно, и надежность машин и механизмов – промышленную чистоту и влияние на неё качества режущего инструмента. Около 50% трудоемкости формообразования деталей выполняется лезвийными инструментами, поэтому в этой области техники интенсивно ведутся исследования по увеличению стойкости, скорости резания, формированию микрорельефа поверхностей. Эффективность процессов резания всех типов лезвийных инструментов во многом зависит от качества режущих кромок. В работах профессора Лама М.М. приводится гидродинамическая теория резания металлов. Исследования поверхностей образцов и деталей после различных видов механической обработки, выполненные нами с целью выявления ликвидов, хорошо согласуются с исследованиями выше упомянутого автора. Результаты исследований косвенно подтверждают, что физические процессы образования ликвидов при механической обработке можно объяснить законами гидродинамики следующим образом. Срезаемый слой материала разделяется на два потока клином режущей кромки, толщина которых обратно пропорциональна сопротивлению течения металла и прямо пропорциональна радиусу скругления кромки. Слой над резцом формируется в виде стружки, а микрослой между резцом и деталью - в виде микрочастиц из-за его дробления при вибрации системы СПИД. На рис. 5 и 6 показаны типичные микрочастицы на поверхности деталей после различных видов механической обработки.

При доводочных операциях в определенных условиях микрочастицы превращаются в микрослой, который в процессе работы изделия отслаивается, дробится и вызывает отказы прецизионных пар трения. Было исследовано влияние радиуса округления режущих кромок инструментов на образование микрочастиц на поверхностях деталей из различных металлов (сплавов на основе меди, алюминия, железа).

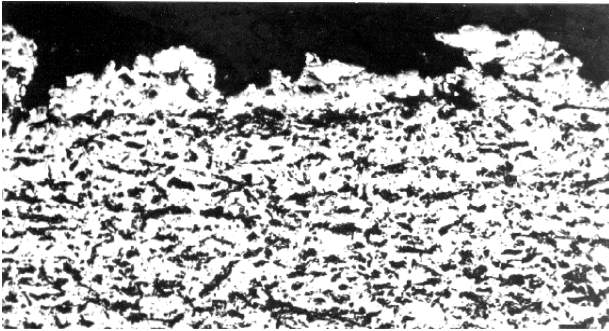


Рисунок 5 – Микрочастицы на поверхности детали, $\times 240$

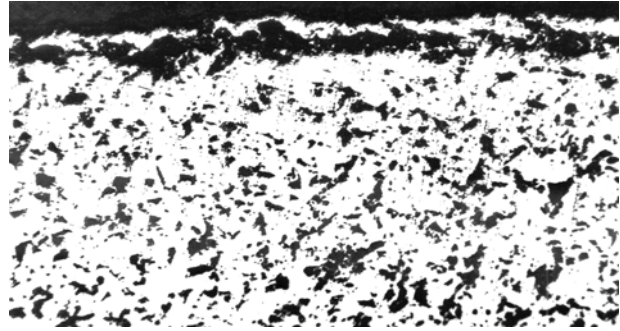


Рисунок 6 – Ликвиды после доводочной операции, притирки, $\times 350$

На рис. 7 показаны типичные поверхности экспериментальных образцов из меди, обработанные на одинаковых режимах резания фрезами с различными радиусами режущих кромок.

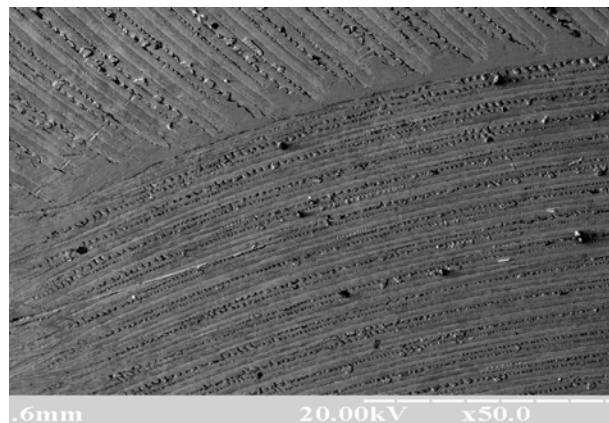
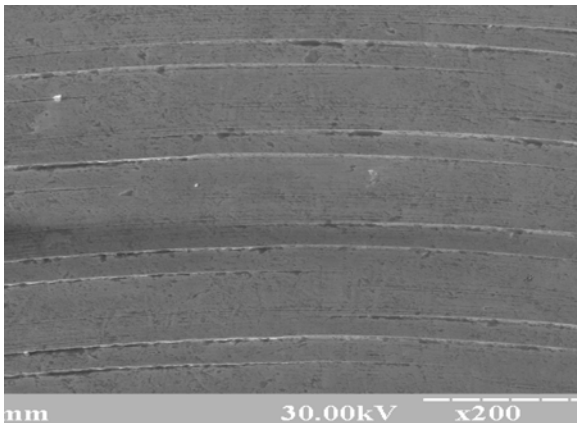


Рисунок 7 – Образцы поверхностей, обработанных фрезами с различными радиусами режущих кромок

Те же проблемы возникают при обработке деталей из инструментальных материалов (рис. 8). По мере увеличения радиуса округления режущей кромки на поверхности образцов увеличивается количество микрочастиц [3,4]. На отечественных машиностроительных предприятиях в настоящее время используются инструменты как собственного производства, так и сторонних изготовителей включая продукцию общепризнанных мировых лидеров. Ниже приведены результаты исследования качества применяемого инструмента на нескольких отечественных предприятиях.

В табл. 1 показаны типичные кромки инструментов после заточки, взятые на действующих заводах Украины. Типичные дефекты заводского изготовления на всех видах инструментов - заусенцы и сколы. Эти дефекты кроме непрогнозируемой стойкости не позволяют выполнять качественное нанесение покрытий, предотвращающих образование нарост-

тов. Сколы являются источниками микрочастиц материала инструментов, шаржируемых в поверхности обрабатываемых деталей (рис. 3, 5, 6).

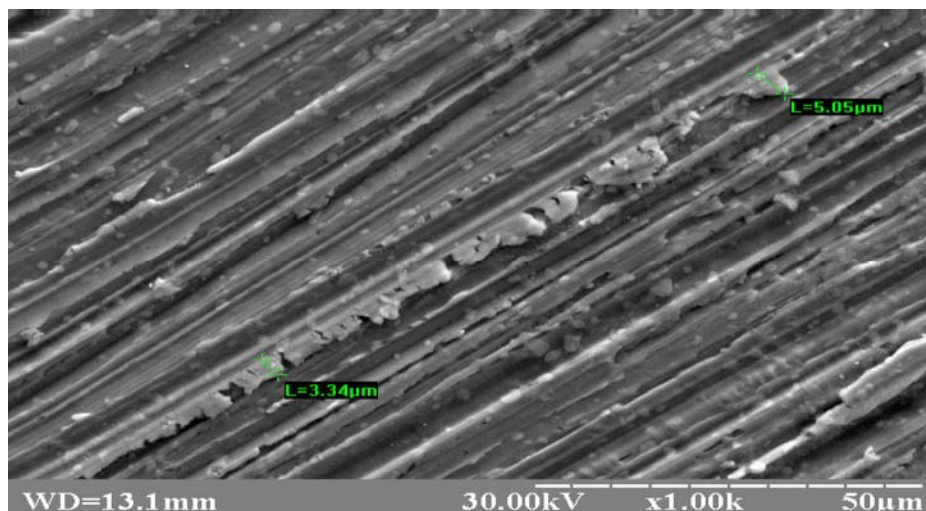
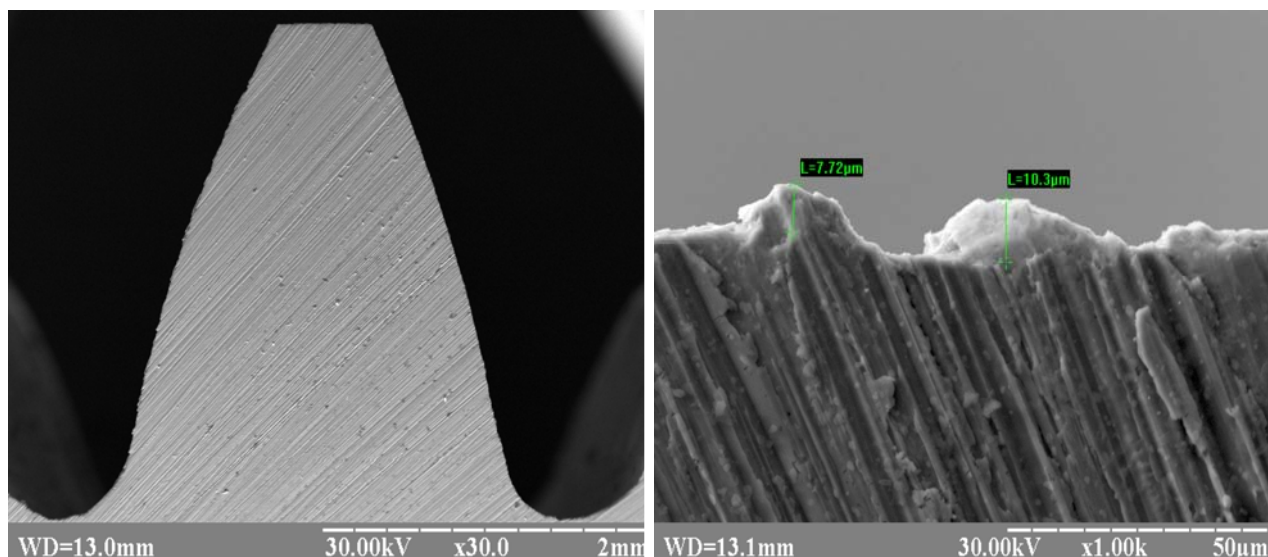


Рисунок 8 – Инструментальная сталь

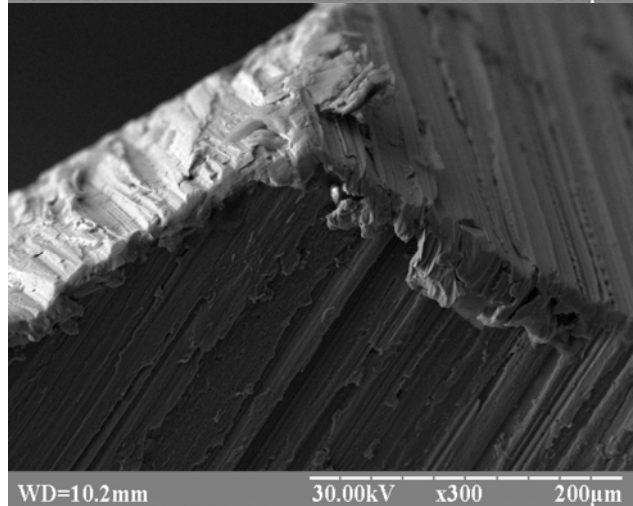
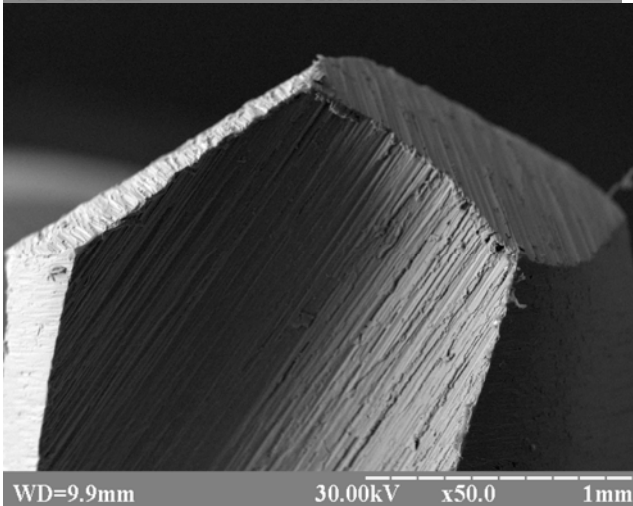
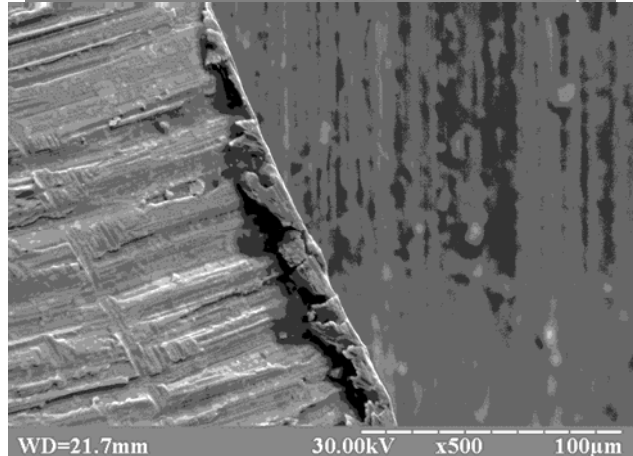
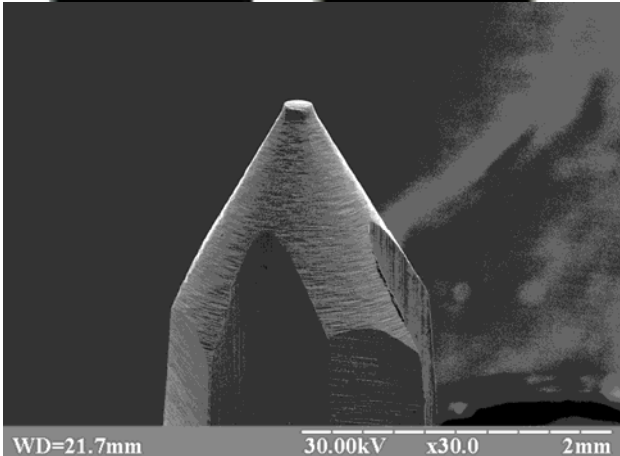
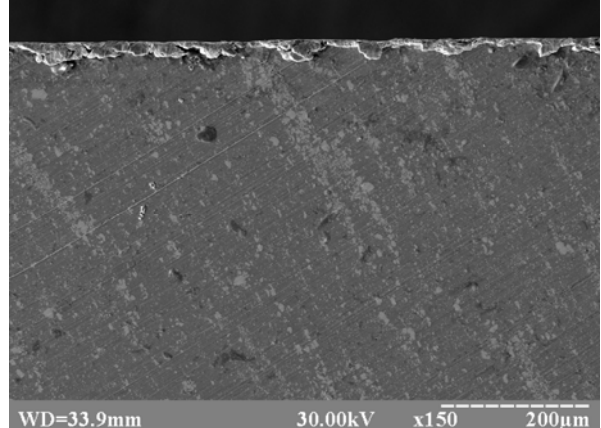
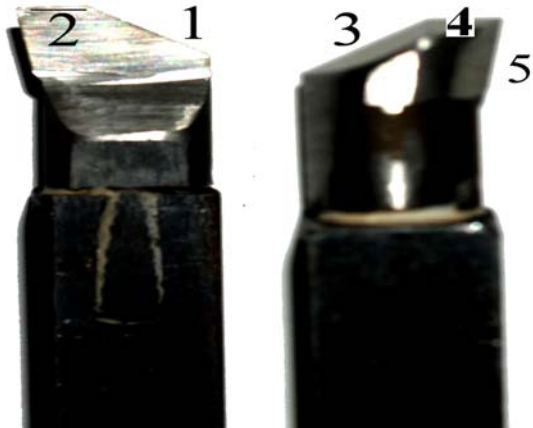
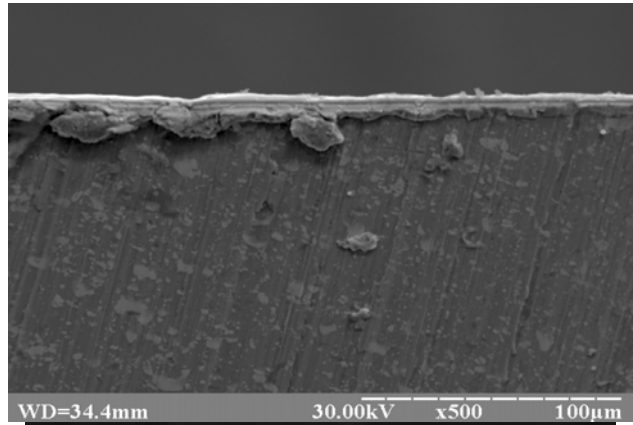
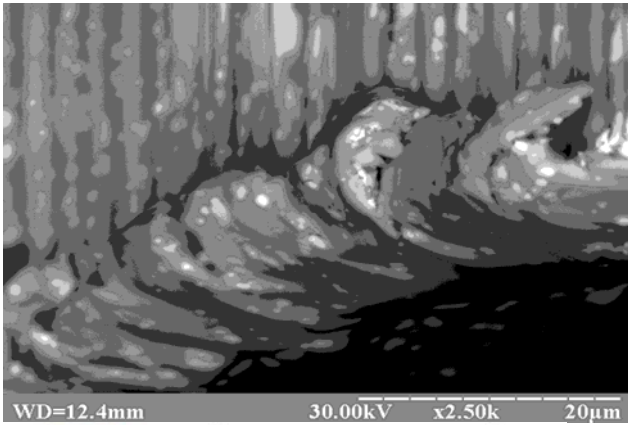
Использование современного оборудования для заточки инструментов не позволяет получить качественную режущую кромку без последующей отделки. На последнем кадре (табл. 1) показана типичная кромка фрезы после заточки на станке фирмы Вальтер.

Ведущие производители инструментов обязательно используют после заточки отделочные операции. Исследования инструментов различных фирм показали, что радиус округления режущих кромок колеблется от одного - двух до нескольких десятков микрон.

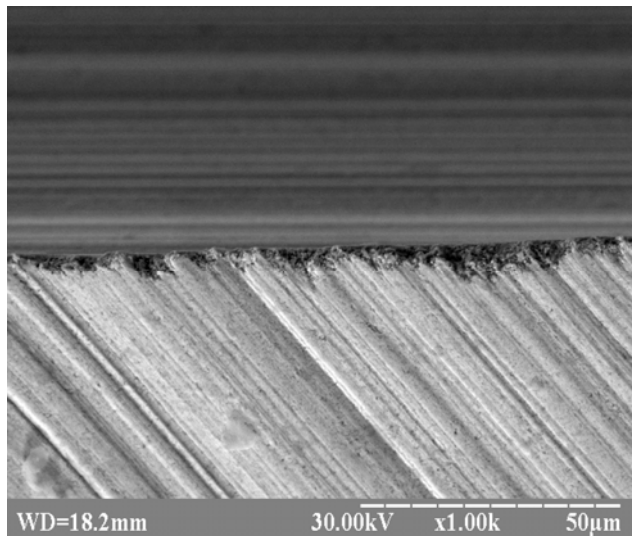
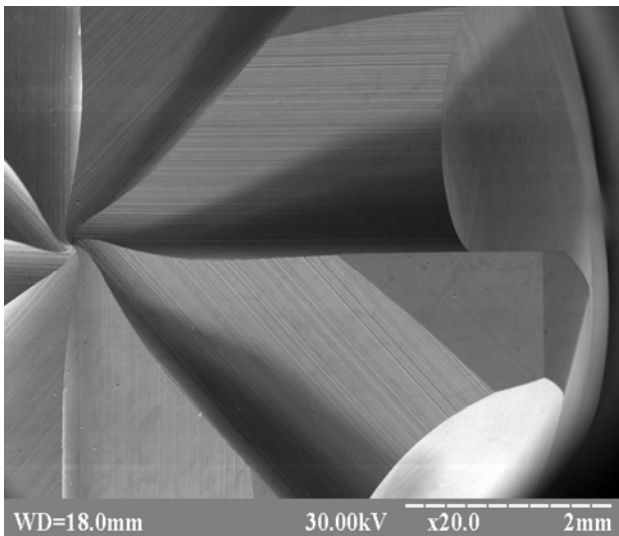
Таблица 1 – Типовые дефекты режущих кромок долбяков, резцов, фрез, сверл, разверток после заточек и переточек



Продолжение таблицы 1

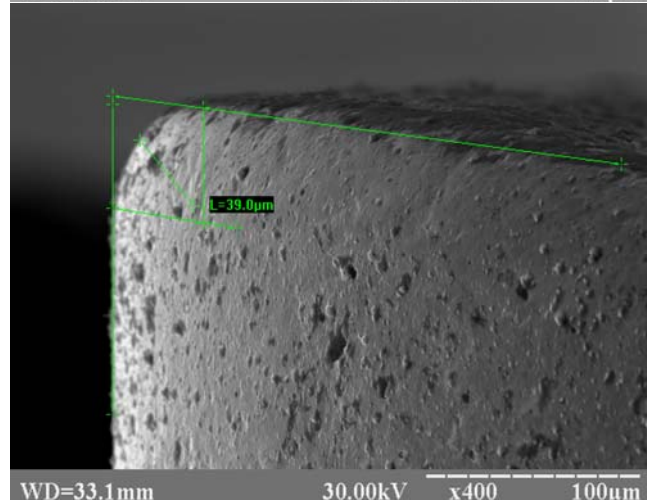
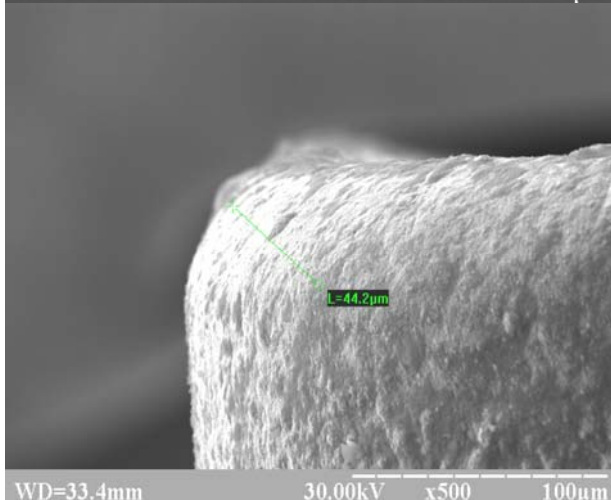
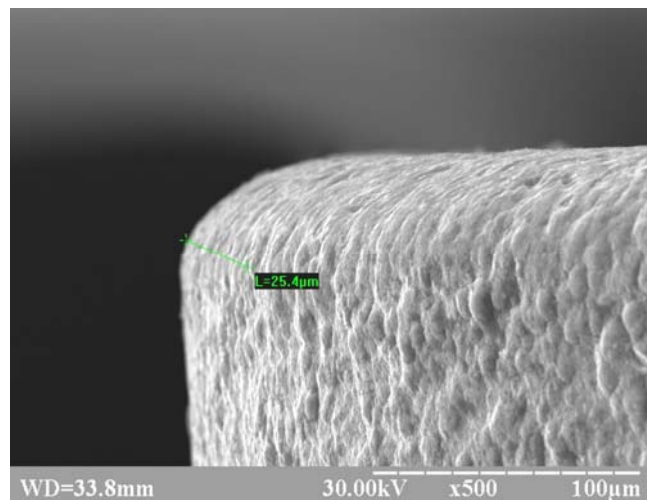
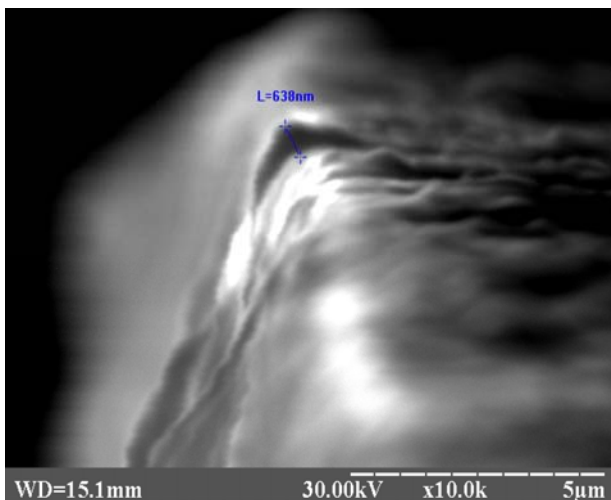


Продолжение таблицы 1

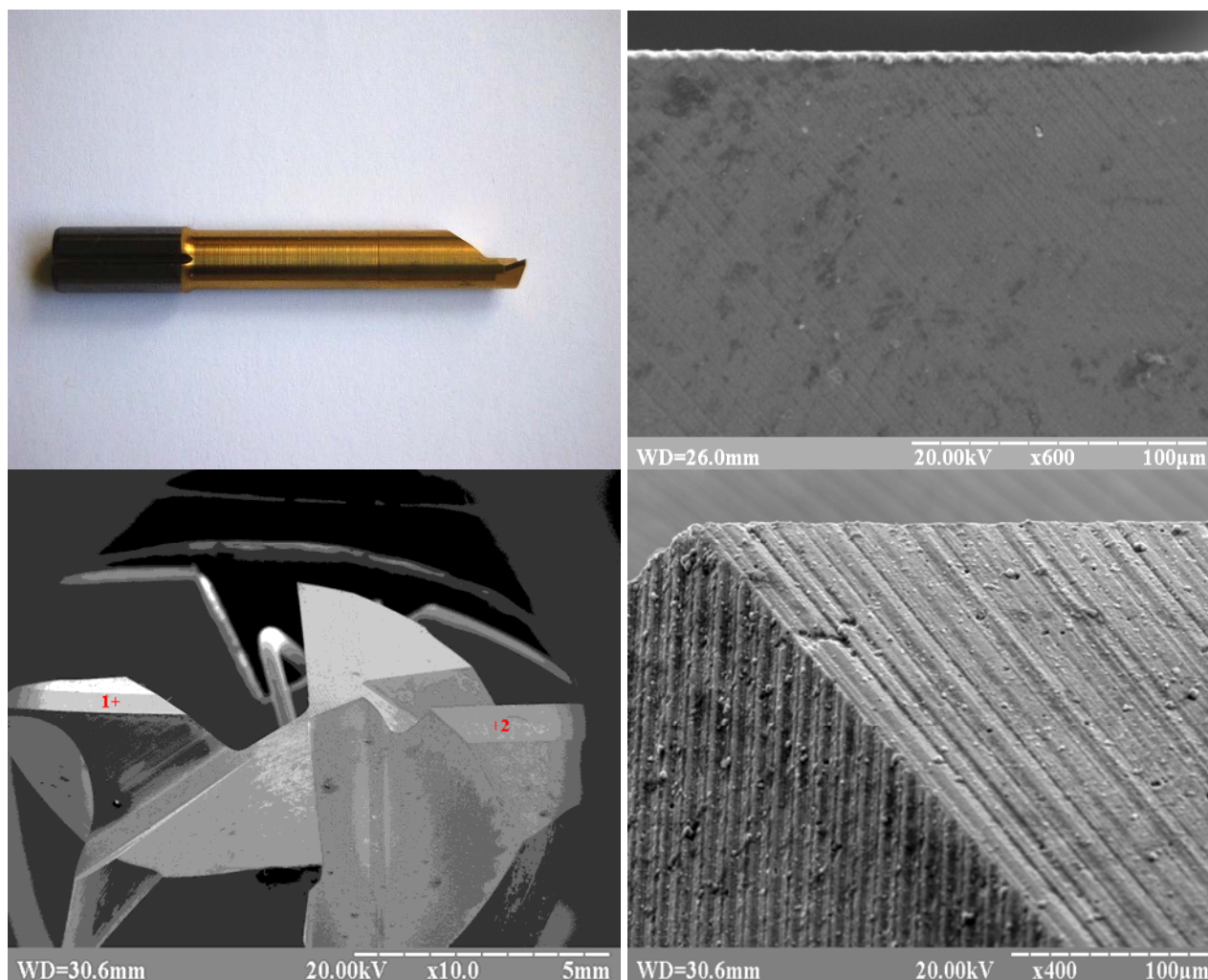


В табл. 2 показаны типичные кромки инструментов изготовления ведущих зарубежных фирм Японии, Германии, Швеции, Израиля и др.

Таблица 2 – Импортный инструмент



Продолжение таблицы 2



Округление кромок на режущих инструментах из любого инструментального материала способно существенно повысить стойкость инструментов (от 2 до 12 раз) [3], улучшить качество поверхностей изделий и резко снизить вероятность их шаржирования, повысить надёжность износостойких покрытий. Технология формирования кромок режущего инструмента в равной степени относится и к обработке кромок золотниковых и плунжерных пар. Для минимизации вредного воздействия ликвидов на безотказность агрегатов кромки плунжера делают острыми, чтобы ими как скребком осадок сдвигался, а не проникал в зазор между корпусом и плунжером.

Исследованы инструментальные системы, в которых рассмотрены факторы (более 50), влияющие на вибрацию режущих инструментов и их стойкость [3]. В частности, установлено, что наибольшая виброустойчивость резца обеспечивается при соотношении радиуса скругления режущей кромки и глубины резания менее единицы, в этом случае округление кромок позволяет получить приращение стойкости резца за счет снижения вибрации от 1,5 до 4 раз [3].

На рис. 9 показаны округленные кромки инструментов после отделочных операций: фрезы R10 мкм, резца R2,58 мкм, пластины R1,46 мкм и образца R756 нм.

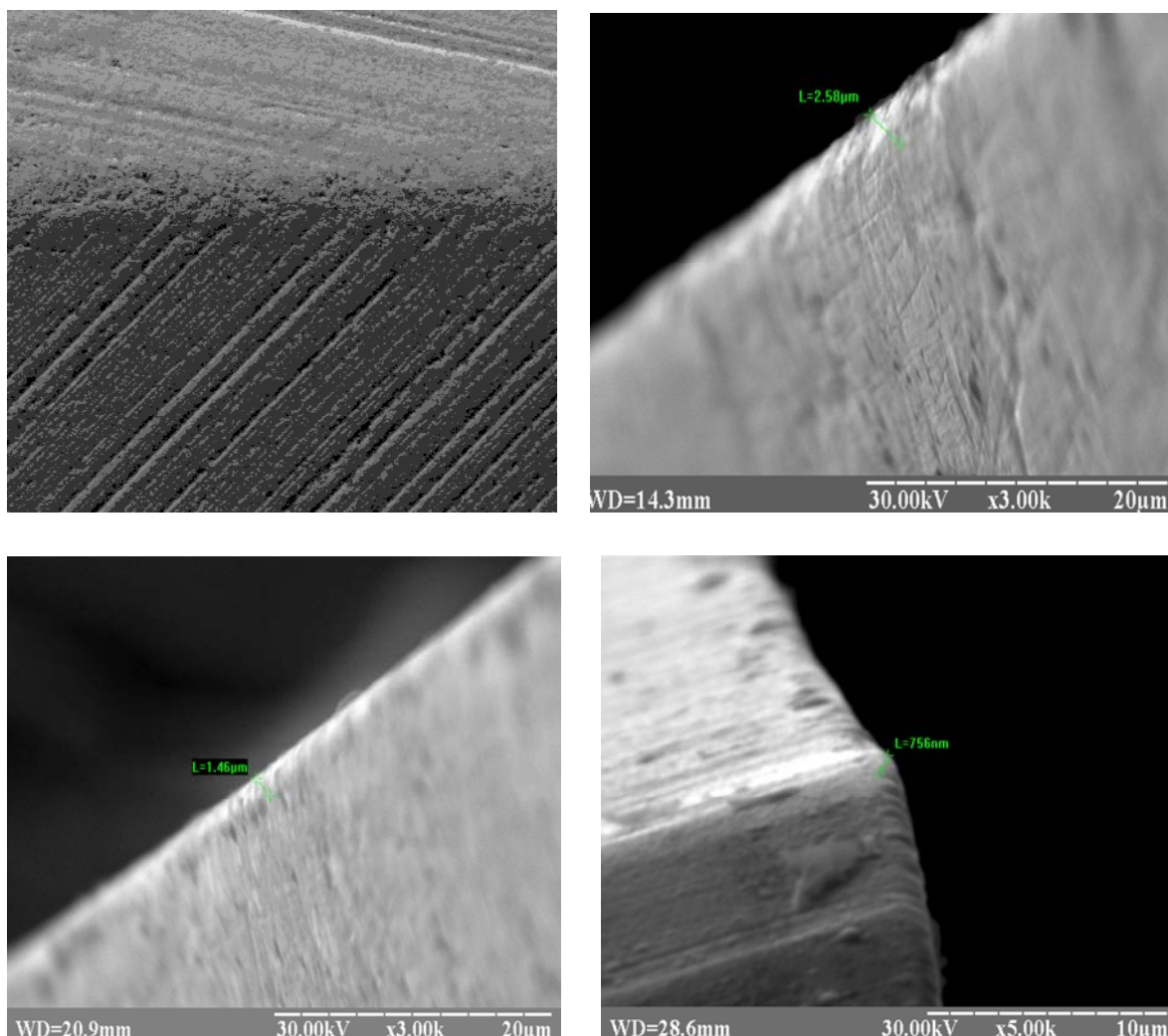


Рисунок 9 – Режущие кромки лезвийных инструментов после отделки

Итак, на чистоту поверхностей изделий и стабильность размеров ликвидов при механообработке существенно влияет качество режущих инструментов - их стойкость, параметры режущих кромок, включающие в себя шероховатость, радиус округления и др. Повышенная шероховатость режущих кромок после обычной заточки шлифованием существенно снижает их прочность. Выступы микронеровностей на кромках из-за малой их механической прочности разрушаются в первые секунды резания. Впадины микронеровностей являются местом зарождения микротрещин, разрастающихся в процессе резания и приводящих к образованию сколов. Разрушение механически слабой кромки происходит неуправляемо и приводит к неуправляемым изменениям её формы.

Состояние режущих кромок также существенно влияет на прочность износостойкого покрытия инструментов. Если перед нанесением

покрытия режущая кромка не скруглена, то при резании происходит выкрашивание износостойкого покрытия у кромки. Установленная закономерность влияния радиуса режущей кромки инструмента на образование ликвидов является связующим звеном интеграционной технологической системы очистки поверхностей и кромок деталей от ликвидов.

Режущие кромки инструмента после заточки необходимо подвергать дополнительной финишной обработке путём создания на кромке упрочняющей фаски на инструментах для грубых операций либо предварительным округлением кромок на инструментах разного назначения. И то, и другое обеспечивает длительное сохранение геометрической формы кромки, повышенную её прочность и соответственно повышенную стойкость всего инструмента. Округление кромок приемлемо для широкого перечня инструментов.

Список использованных источников

1. Лосев, А.В. Технологическая система для удаления ликвидов с поверхностей деталей [Текст] / А.В. Лосев, А.А. Коростелева, О.А. Лосева // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» – Вып. – 4(68) – X., 2011. – С. 126 – 132.

2. Тимиркеев, Р.Г. Количественные зависимости влияния параметров механических примесей на показатели надежности золотниковых агрегатов гидротопливных систем / Р.Г. Тимиркеев, В.В. Плихунов, Н.Н. Губин // Авиационная промышленность. – 2000. – № 3. – С.102–105.

3. Сломинская, Е.Н. Технологическая система для обеспечения промышленной чистоты прецизионных изделий [Текст] / Е.Н. Сломинская, А.В. Лосев, А.В. Фадеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Изд. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования. «Государственный университет учебно-научно-производственный комплекс» г. Орел, 2014. – №1. – С.80 – 88.

4. Лосева, О.А. Проблема скругления кромок [Текст] / О.А. Лосева // Сборник науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт». Сер. «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии» – 2010 – Вып. 45 – С. 122 – 128.

Поступила в редакцию 26.10.2015.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. М. Е. Тараненко,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*