

УДК 621.9.025

*Ниязбаев А.М. - старший преподаватель  
Алиакбаров Д.Т. - старший преподаватель,  
Жабборов А.Ф. - ассистент*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика  
Узбекистан, г.Ташкент*

## **НАНОТРИБОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РЕЗАНИЕ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ**

*Аннотация: На статье рассмотрены вопросы нанотрибологии связаны с изучением процессов резание между резцом и стружкой. При резании образования пленки, происходит схватывание и намазывание продуктов реакций раскисления обрабатываемой стали, которые в зоне стружкообразования, подвергаясь сильным деформациям и температурам.*

*Ключевые слова: P18, 3СП, 40X - марки стала, Si - кремний, Mn - марганец.*

*Niyazbayev A.M. - senior lecturer,  
Aliakbarov D.T. - senior lecturer,  
Jabborov A.F. - assistant*

**Tashkent State Transport University, Republic of Uzbekistan, Tashkent**

## **SURFACE NANOTRIBOLOGY IN LATHE MACHINING**

*Abstract: The article deals with the issues of nanotribology related to the study of cutting processes between the cutter and the chip. During cutting film formation, the products of deoxidation reactions of the machined steel, which are subjected to strong deformations and temperatures in the chip formation zone, are seized and smeared.*

*Keywords: P18, 3CP, 40X - steel grades, Si - silicon, Mn - manganese.*

Трибология изучает контактное взаимодействие твердых тел при их относительном движении, включая комплекс вопросов трения, изнашивания,

смазки и самоорганизации. При этом следует отметить тот факт, что практически все вопросы трибологии связаны с изучением процессов, протекающих в поверхностном слое (межфазной границе) контактируемых деталей, толщина которых составляет от нескольких миллиметров до нанометрического атомного уровня.

При трении поверхностей деталей друг с другом, как при их смазывании (жидкостное и граничное трение), так и при его полном отсутствии (сухое трение) в зоне контакта происходит изменение их макроструктурного, микроструктурного и наноструктурного строения, следствием которого является износ и разрушение трущихся поверхностей деталей.

Многие непонятные для своего времени явления с развитием нанонауки получили научное обоснование и дальнейшее практическое развитие. То, что трение является неравновесным термодинамическим процессом, было известно давно, но только в последние годы установлено, что при глубокой неравновесности и нелинейности возможна самоорганизация и образование при трении особых наноразмерных структур с уникальными трибологическими свойствами. Таким образом, выявилась возможность работы при более совершенной системе, чем трение при граничной смазке.

Открытие избирательного процесса при трении, или так называемого «эффекта безизносности» позволило изменить сложившееся представление о механизме изнашивания и трения. Было обнаружено неизвестное ранее явление самопроизвольного образования тонкой пленки меди в парах трения бронза – сталь деталей самолетов. Особенностью эффекта было то, что пленка покрывала не только бронзовую деталь, но и сопряженную с ней стальную поверхность. При этом образовавшаяся тончайшая медная пленка снижали износ и уменьшала силу трения в десять раз и более. Явление было названо избирательным переносом металла при трении, или «эффекта безизносности».

Избирательный перенос определен как вид фрикционного взаимодействия, характеризуемый молекулярной составляющей трения. Избирательный перенос возникает в результате протекания на поверхности контактирующих тел

химических и физических процессов, приводящих к образованию самоорганизующихся систем автокомпенсации износа и снижения коэффициента трения. Для этого явления наиболее характерно образование защитной (сервовитной) пленки, в которой реализуется особый механизм деформации, протекающий без накопления дефектов, свойственных усталостным процессам.

Проведенные в последнее время исследования указывают на то, что реальная толщина такой пленки не превышает 100 нм, то есть данное явление с полной уверенностью можно отнести к проявлению нелинейных эффектов в наном мире. Это незначительное уточнение позволяет объяснить многие процессы избирательного переноса при трении с позиций современной нанонауки и практически реализовать «эффект безизносности» трущихся поверхностей (не только медь содержащих) с использованием последних достижений нанотехнологии.

Таким образом, с позиций нанотрибологии, трение теперь представляется не только как разрушительное явление - оно в определенных условиях может быть реализовано как самоорганизующийся созидательный процесс, позволяющий разработать новые методы восстановления деталей, или, например, эксплуатацию режущего инструмента в условиях близких к безизносности. Оказалось, при резании, такие условия возможны. Проведенные многочисленные эксперименты при обработке резанием различных сталей резцом из быстрорежущей стали марки P18 показали многочасовую стойкость резца при резании в среде с различными смазочно-охлаждающими технологическими свойствами. Применяли как газообразную среду (кислород), так и жидкую (эмульсию, машинное масло).

На рис.1 представлены результаты опытов по резанию в средах воздуха и кислорода трех различных марок конструкционных сталей (ст.3СП, ст.5 и сталь 40X) резцом из быстрорежущей стали P18. Проведенные стойкостные опыты показали, что для всех сталей эффект от кислорода примерно одинаков, т.е. зависит от температурно-скоростных условий резания.

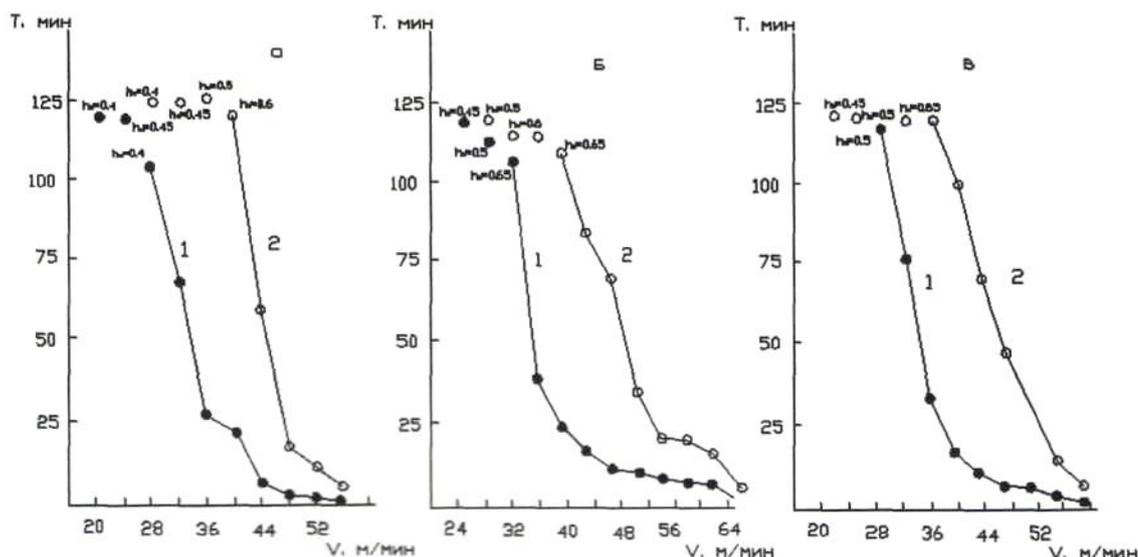


Рис.1. Влияние кислорода на стойкость резца:

а – P18 - сталь 40X;  $S=0.25$  мм/об; б – P18 - ст.3СП;  $S=0,18$  мм/об;  
 в – P18 - ст.5;  $S=0.4$  мм/об; (1 - в воздухе; 2 - в кислороде).

На рисунке точки с обозначением величины износа по задней поверхности получены на тех скоростях резания, при которых стойкости превышали 100 мин. В целях экономии материала опыт прекращался после определенного времени, и измерялся износ по задней поверхности.

При резании в кислороде положительный эффект его при обработке различных сталей проявляется через окисные пленки, образующиеся на рабочих поверхностях инструмента.

Чтобы теоретически объяснить процесс восстановления трущихся соединений при их непрерывной и длительной эксплуатации, наиболее важен механизм образования сервовитной пленки. Выявлено, что он характеризуется предварительным схватыванием и «намазыванием» медного сплава на поверхность стали с последующим обогащением сопряженных поверхностей трения медью вследствие избирательного растворения медного сплава и «намазанного» слоя с образованием квазижидкой пленки меди на обеих поверхностях трения.

При резании, данный механизм образования сервовитной пленки, так же применим, но вместо медного сплава, происходит схватывание и намазывание

продуктов реакций раскисления обрабатываемой стали, которые в зоне стружкообразования, подвергаясь сильным деформациям и температурам, размягчаются и в виде тонкого нижнего слоя стружки перемещается по передней поверхности резца оставляя за собой след в виде пленки оксидов на поверхности режущего лезвия.

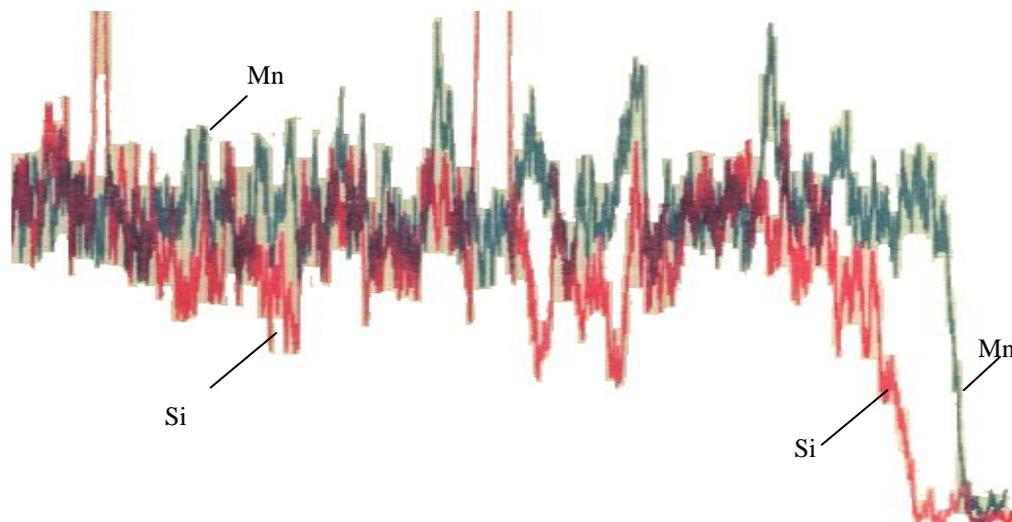


Рис.2. Сканограмма характеристических излучений  $K_{\alpha}$  элементов Si и Mn на передней поверхности режущего резца P18 при резании стали 40X в среде кислорода:  $v = 40\text{м/мин}$ ;  $s = 0,25\text{ мм/об}$ ;  $t = 1\text{ мм}$ .

Рентгеноспектральный анализ, показал, что образовавшийся слой, состоит из окислов кремния и марганца. Кремний и марганец, как известно, находятся в каждой конструкционной марке стали в виде примесей и являются обязательными элементами (как раскислители) на заключительной стадии выплавки стали.

Особенностью процесса трения пары сходящая стружки – передняя поверхность режущего инструмента является то, что стружкообразование происходит непрерывно и вместо сходящий по контактной поверхности резца стружки вступают новые вновь образованные поверхности в зоне сдвига.

В зависимости от режимов резания, за короткий промежуток времени контакта, происходит пластическая деформация, выделяется большое количество тепла и другие физико-химические процессы. При определенных

условиях сочетания температуры и скорости резания начинает действовать механизм, заключающийся в формировании на трущихся поверхностях нанокристаллической самовосстанавливающейся защитной пленки с минимальным коэффициентом трения и интенсивностью изнашивания из активных компонентов среды и частиц износа и одновременно обеспечивается восстановление нано и микродефектов поверхностей трения и их работоспособность. Происходит образование, разрушение, унос и вновь образование контактной, структуры, т.е. её непрерывная регенерация.

Таким образом, при резании процессы трения и изнашивания реализуются, на фоне повышенных градиентных соотношений температуры, напряжений, концентрации примесных элементов и дефектов кристаллического строения и представляют сложную совокупность физико-химических явлений. Трение и изнашивание режущего инструмента, без сомнения, можно отнести к неравновесным термодинамическим процессам, поэтому самоорганизации, протекающие в них, неизбежны и обязательны. Внутренним проявлением самоорганизации при резании являются такие процессы как формирование вторичных структур с более высокой прочностью и износостойкостью по сравнению с исходной, повышение фактической площади контакта за счет, приработочного износа и, как следствие этого, снижение контактных нагрузок, реализация эффекта избирательного переноса.

Внешним проявлением самоорганизации является снижение и стабилизация практически всех энергетических, силовых и триботехнических параметров процесса резания, в частности коэффициента трения, температуры, интенсивности изнашивания, и в итоге, выход на принципиально отличное от исходного состояние положение устойчивого или неустойчивого динамического равновесия [1,2,3,4].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Процесс резания рассматривается как открытая система, где развитие активационно - диссипативных энергетических потоков при образовании модифицированных структур, а также их разрушение реализуется в полном согласии с законами неравновесной термодинамики и управляется

эволюционным критерием И.Пригожина.

Литература:

1. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации. М. Мир, 1973.
2. Костецкий Б.И., Носовский И.Г., Караулов А.К., Костецкая Н.Б. Поверхностная прочность материалов при трении. Киев: Техника, 1976.
3. Ким В.А. Самоорганизация в процессах упрочнения, трения и изнашивания режущего инструмента. Владивосток: Дальнаука, 2001.
4. Балабанов В.И., Балабанов И.В. Нанотехнологии: правда и вымысел. М: Эксмо, 2010.
5. Aliakbarov D.T., Maturazov I.C. Research and selection of the optimal structural-power scheme of the wing of an agricultural aircraft. Nauka, tekhnika i obrazovaniye, 2017, no. 1, pp. 30-32 (in Russ.).