

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ УПРОЧНЯЮЩЕГО ТОЧЕНИЯ

*Зеленогурский университет  
Зелена Гура, Польша*

Многие детали машин работают в условиях трения и износа различного вида. Состояние поверхности таких деталей формируется на окончательных этапах технологического процесса их изготовления. При этом значительно изменяются такие свойства и характеристики поверхности: шероховатость как остаточные напряжения, микротвердость и другие. Чем сложнее условия эксплуатации деталей машин, тем большее количество свойств и характеристик поверхности надо изменять. Для этого необходимо применять различные технологические методы, в том числе и такие, которые упрочняют поверхностный слой. Тогда упрочненная поверхность будет иметь высоко сопротивление эксплуатационным нагрузкам, в том числе и изнашиванию.

Наиболее распространенным методом окончательной обработки является шлифование. Но оно позволяет управлять только состоянием шероховатости поверхности и попутно изменять другие свойства поверхностного слоя. Такое изменение не всегда соответствует требованиям высокой износостойкости. Кроме того, шлифование является процессом, который отрицательно влияет на экологию (загрязнение абразивной пылью, продуктами отходов смазывающе-охлаждающей жидкости и т. п.)

Анализ возможностей процесса точения показал, что при использовании резца с большим отрицательным передним углом  $\gamma$  можно управлять состоянием поверхностного слоя [1]. Такой процесс позволяет получить в поверхностном слое благоприятные (сжимающие) остаточные напряжения, повысить поверхностную микротвердость, изменить структурно-фазовое состояние. Поверхностный слой упрочняется, а такое точение называется упрочняющим.

Имеется мало сведений по влиянию состояния поверхностного слоя после упрочняющего точения на антифрикционные свойства. Поэтому в данной работе проводились сравнительные испытания при изнашивании шлифованных и упрочненных образцов. Исследовалось влияние на процесс износа упрочняющего точения резцом с отрицательным передним углом, значение которого изменялось от  $-15^\circ$  до  $-45^\circ$ . Точение проводилось на универсальном токарно-винторезном станке с постоянной глубиной резания 0,3 мм и подачей 0,07 мм/об. Скорость резания изменялась от 77 м/мин до 170 м/мин. Точение осуществлялось всухую или с применением в качестве СОТС - машинного веретенного масла.

После упрочнения исследовались: шероховатость поверхности – на профилометре-профилографе, микротвердость – на приборе ПМТ-3 и остаточные тангенциальные напряжения – при послойном травлении упрочненной поверхности с расчетом по методу Давиденкова Н.Н.

Изучалось влияние состояния поверхностного слоя после упрочняющего точения на трибологические характеристики поверхности легированной стали 36ХНМ, закаленной до твердости HRC<sub>c</sub> 48...53, в паре с колодками из серого чугуна.

Характеристики процесса трения (сила и коэффициент трения, а также температура в колодке на расстоянии 2мм от поверхности контакта) оценивались на испытательной установке Т-05 на стандартных образцах при постоянной статической нагрузке 60 Н. Испытания проводились в течение 90 мин в условиях капельной смазки маслом Hіpol 15F по 1 капле через 2,5 мин.

Исследования шероховатости поверхности показали, что в основном, на всех исследованных режимах точения без охлаждения параметр шероховатости  $Ra$  изменялся в пределах: при точении резцом с  $\gamma = -15^\circ$  от 0,6 до 0,7 мкм; с  $\gamma = -30^\circ$  от 0,4 до 0,6 мкм и с  $\gamma = -45^\circ$  в пределах 0,5 мкм. После шлифования шероховатость поверхности составляла  $Ra = 0,35...0,5$  мкм. Точение с использованием указанной СОТС сопровождалось некоторым ухудшением шероховатости поверхности, примерно на 20...30%. Это явление можно объяснить адгезионными процессами, протекающими на разогретой обрабатываемой поверхности с налипанием окислов и других продуктов адгезионного взаимодействия.

Процесс упрочняющего точения, как показали результаты измерения составляющих сил резания, сопровождается увеличением тангенциальной составляющей до 1,5 раз. Совместное действие силового и теплового факторов, особенно на повышенных скоростях (более 100 м/мин), способствовало изменению микротвердости и остаточных напряжений поверхностного слоя на глубине около 200 мкм.

Так, при точении резцом с небольшим отрицательным передним углом ( $\gamma = -15^\circ$ ) на скоростях резания менее 100 м/мин при доминирующем влиянии теплового фактора над силовым и разогреве поверхности до температур отпуска наблюдалось снижение микротвердости на глубине около 50мкм. С увеличением отрицательного угла (до  $-45^\circ$ ) и скорости резания выше 100 м/мин, в зависимости от доминирующего влияния теплоты или силы резания наблюдалось некоторое увеличение микротвердости (сопровожаемое наличием структур вторичной закалки, когда преобладало влияние теплоты). Такой же рост микротвердости наблюдался, когда микроструктура имела следы пластической деформации на глубине до 100 мкм под доминирующим влиянием силового фактора.

Отмеченное взаимное изменение микротвердости и микроструктуры сопровождалось характерным изменением остаточных напряжений на той же глубине. Точе-

ние резцом с  $\gamma = -15^\circ$  способствовало образованию остаточных растягивающих напряжений на глубине от 40 до 100 мкм с ростом скорости от 80 до 170 м/мин. При точении резцом с  $\gamma = -45^\circ$  в поверхностном слое наблюдались остаточные напряжения сжатия, достигающие величины 700 МПа на глубине около 30 мкм при скорости резания 80 м/мин, и до 1000 МПа – на глубине более 100 мкм при более высоких скоростях резания. При этом с ростом скорости резания от 100 до 170 м/мин глубина их распространения увеличивалась от 100 до 160 мкм.

Отмеченное изменение состояния поверхностного слоя в процессе упрочняющего точения оказало влияние на трибологические свойства пары трения стальная-чугунная поверхности.

На рис. 1 – 3 приведены результаты процесса трения указанных образцов. Влияние переднего угла показано на рис. 1.

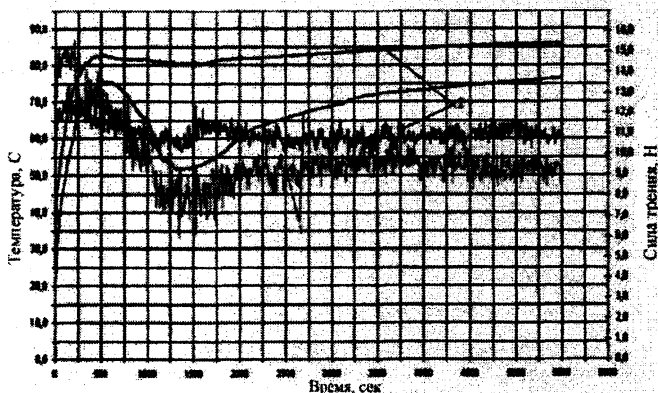


Рис. 1. Влияние переднего угла резца при точении без охлаждения на антифрикционные свойства трущихся поверхностей: 1 –  $\gamma = -15^\circ$ ; 2 –  $\gamma = -45^\circ$

На стадии процесса притирки коэффициент трения более шероховатой поверхности обточенной резцом с передним углом  $\gamma = -15^\circ$  был выше на 25% в сравнении с поверхностью после точения резцом с  $\gamma = -45^\circ$ . В дальнейшем, после 1000 с, процесс трения стабилизировался быстрее, и коэффициент трения на такой поверхности уменьшился до 0,15. Однако более стабильным был процесс трения поверхности после упрочняющего точения резцом с  $\gamma = -45^\circ$ . Такое явление можно объяснить изменяющимися условиями трения. Уменьшение шероховатости поверхности в процессе изнашивания способствует, по-видимому, переходу от одного вида трибологического контакта к другому.

Кроме геометрии режущего инструмента, на условия износа оказала влияние скорость резания (рис.2).

Увеличение скорости резания от 77 до 155 м/мин привело к увеличению коэффициента трения от 0,21 до 0,27 в процессе притирки и от 0,183 до 0,233 – в процессе стабильного изнашивания. Такое изменение объясняется повышенным влиянием температуры в зоне резания при увеличении скорости резания. Изменение температуры на поверхности образца практически не зависело от условий упрочняющего точения.

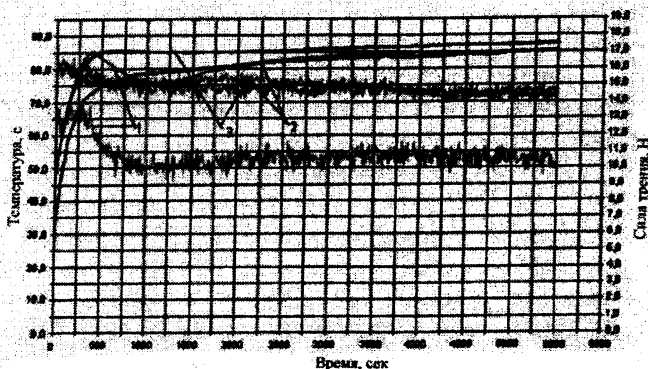


Рис. 2. Влияние скорости точения с применением СОТС на процесс трения:

1 -  $V = 78$  м/мин; 2 -  $V = 117$  м/мин; 3 -  $V = 156$  м/мин

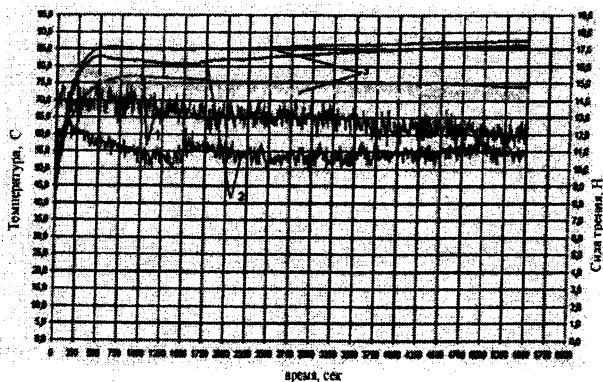


Рис.3. Влияние условий трения на фрикционные свойства трущихся поверхностей:

1 - шлифованной; 2 - упрочненной точением на скорости резания 155 м/мин без СОТС;

3 - то же с применением СОТС

Условия изнашивания исследованных поверхностей зависели также от состояния их поверхностного слоя, которое изменялось в зависимости от применяемого метода обработки и применения смазки (рис. 3).

Наименьший коэффициент трения (0,183) наблюдался при изнашивании поверхности после упрочнения резцом без применения СОТС.

Использование машинного масла в качестве СОТС при точении не способствовало улучшению антифрикционных свойств, коэффициент трения увеличился до 0,25. Это можно объяснить структурными изменениями поверхности при резании, которые носили адгезионно-химический характер.

Следует отметить, что антифрикционные свойства упрочненных поверхностей мало отличались от таких же свойств поверхности шлифованной.

Таким образом, полученные в процессе упрочняющего точения характеристики качества поверхностного слоя и проявившиеся ее трибологические свойства могут быть сравнимы с такими же свойствами шлифованной поверхности. Это указывает на возможность применения упрочняющего точения вместо шлифования.

#### Выводы

Проведенные сравнительные исследования антифрикционных свойств поверхностей, шлифованных и упрочненных резцом с отрицательным передним углом показали, что процесс шлифования в определенных условиях изнашивания. При этом трибологические характеристики упрочненных поверхностей могут быть даже лучше таких же шлифованных поверхностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Штейнберг И.С. Влияние режимов резания, геометрии резца и состояния металла на качество обрабатываемой поверхности. М.: Машгиз, 1950. – 126 с.