

## **ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА ПЛАКИРОВАНИЯ ИЗ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА КОНТАКТНО-УСТАЛОСТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ СТАЛИ Р6М5**

*Степанкин Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Материаловедение в машиностроении»  
Поздняков Евгений Петрович, старший преподаватель кафедры  
«Материаловедение в машиностроении»*

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь*

*В работе представлены результаты исследования влияния плакирования поверхностного слоя инструментальной стали Р6М5 сплавом Sn-Pb на механизм и интенсивность контактного изнашивания поверхностного слоя материала.*

**Введение.** Разрушение материала при контактом изнашивании инициируется структурными повреждениями во внутренних и внешних слоях [1, 2]. В первом случае способность поверхностного слоя противостоять микропластическим деформациям имеет решающее значение. Во втором, усиливается влияние профиля контактной поверхности. Снижение шероховатости является одним из путей повышения износостойчивости при действии пульсирующих контактных напряжений величиной до 1000 МПа, что продуктивно проявляется при изготовлении зубчатых колес и подшипников качения. При более высоких контактных нагрузках усиливается воздействие структурной неоднородности поверхностного слоя металла. Этот фактор весомо проявляется при эксплуатации инструмента для холодной объемной штамповки, изготовленного из сталей ледебуритного класса. Карбидные включения сплава являются концентраторами напряжений. На их границе с металлической матрицей генерируются дислокации, которые служат источником подповерхностных трещин, вызывающих образование питтингов [3]. Локальная концентрация касательных напряжений, возникающих на некоторой глубине от контактной поверхности, усиливается в окрестности включений. Для снижения негативного влияния частиц предложено использовать технологическую смазку, модифицированную порошковой присадкой из сплава металлов, отличающегося свойствами сверхпластичности.

**Объекты и методики исследований.** Объектом исследования являлись поверхностные слои быстрорежущей стали Р6М5. Модификация их поверхностного слоя осуществлялась в результате самопроизвольного плакирования сплавом, обладающим эффектом сверхпластичности. Для этого в технологическую смазку на основе трансмиссионного масла ТАД-

17 добавляли порошковую присадку на основе эвтектического сплава Sn-Pb. Экспериментальные образцы окунались в смазочную композицию перед каждым циклом нагружения испытываемой поверхности. Испытание на контактное изнашивание проводили на оригинальной установке [4], которая, обеспечивает контактное нагружение торцевой поверхности плоской части образца за счет его прокатывания без проскальзывания по рабочей поверхности дискового контртела с линейной скоростью 0,035 м/с. Контртело в виде диска крепится на шарикоподшипнике в державке штока, а образец с плоской рабочей поверхностью – в ячейке вращающейся планшайбы. Перемещение образца по круговой траектории при встрече с подпружиненным штоком, на котором закреплен диск контртела, вызывает его проворачивание, исключая проскальзывание на контактных поверхностях. Материал контртела – сталь Р6М5 твердостью 64...65 НRC. Ширина контртела и толщина рабочей части образца образуют площадку контакта 2 мм<sup>2</sup>. Схема испытания реализует пульсирующее контактное нагружение по полоске. Металлографический анализ поверхностных слоев на всех этапах исследований проводили на оптическом микроскопе МЕТАМ РВ22.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Ожидаемое повышение износоустойчивости при воздействии на поверхность пульсирующих нагрузок гипотетически обусловлено способностью присадочного материала плакировать контактную поверхность и создавать на ней тонкую прослойку «третьего тела», отличающуюся низким сопротивлением сдвигу, что обеспечивает рассеяние энергии дислокаций и предупреждает образование микротрещин. Экспериментальная проверка гипотезы выявила формирование на контактной поверхности тонкой прослойки «третьего

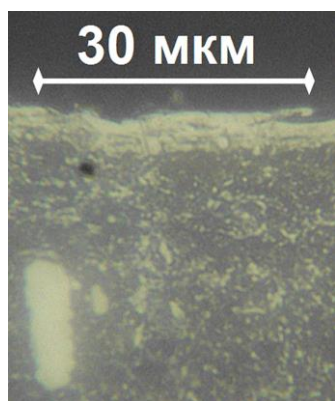


Рисунок 1 - Плакированный слой стали Р6М5

тела» толщиной около 3 мкм (рисунок 1). Её появление сдерживало процесс зарождения поверхностных микродефектов в основном материале. В результате достигнуто увеличение периода контактного нагружения поверхности, в течение которого не возникало разрушение поверхностного слоя и износоустойчивость быстрорежущей стали сохранялась на высоком уровне. Длительность периода прецизионной стойкости поверхностного слоя, в течение которого контролируемый износ не превышает уровня приработки, составила не менее 10 тысяч циклов нагружения при амплитуде контактного

напряжения 1300 МПа. При испытании образцов с применением смазочного материала без добавления присадки на основе эвтектического сплава Sn-Pb данный показатель составил порядка 7500 циклов. Сравнение закономерностей изнашивания (рисунок 2), показывает, что применение

плакирующей присадки в отмеченных периодах испытаний позволяет сохранять минимальные значения износа на уровне порядка 0,1 мм, против 0,03 мм у образцов испытанных с применением смазочного состава без плакирующей присадки.

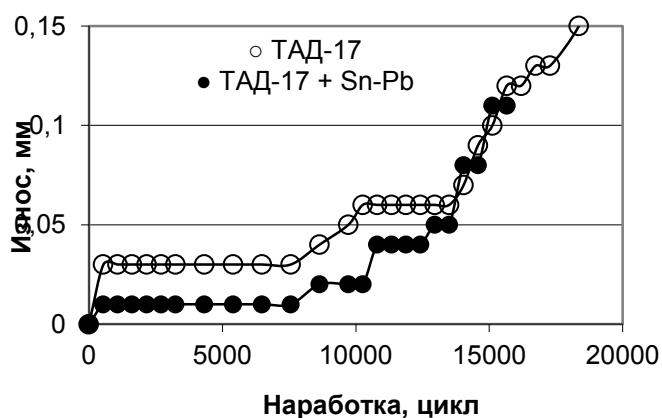


Рисунок 2 – Закономерности изнашивания стали Р6М5 в условиях действия на поверхностный слой пульсирующего контактного напряжения амплитудой 1300 МПа при использовании смазки на основе масла ТАД-17

Выявленный показатель периода прецизионной стойкости является привлекательным результатом для использования достигнутого эффекта при производстве сложнопрофильных изделий чеканкой и другими видами холодной объемной штамповки. Одним из направлений производственного применения смазочной композиции с плакирующим составом является процесс изготовления символики и наград, высокохудожественная поверхность которых требует сохранения геометрии всех элементов изображения на начальном уровне, описанном в паспорте на изделие.

**Заключение.** Выявлены закономерности контактного изнашивания стали Р6М5 в условиях применения плакирующего модификатора на основе сплава, обладающего эффектом сверхпластичности, добавляемого в технологическую смазку. Обеспечено повышение прецизионной стойкости поверхностно-модифицированного слоя.

### Список литературы

1. Sheng, L. A fatigue model for contacts under mixed elastohydrodynamic lubrication condition / L. Sheng, A. Kahraman // International Journal of Fatigue. 2011. V.33. P.427-436.
2. Beheshti, Ali On the prediction of fatigue crack initiation in rolling/sliding contacts with provision for loading sequence effect / Ali Beheshti, M.M. Khonsari // Tribology International. 2011. vol. 44. p. 1620–1628.
3. Chen, L. Study on initiation and propagation angles of subsurface cracks in GCr15 bearing steel under rollingcontact / L. Chen, Q. Chen, E. Shao // Wear. 1989. V.133(2). P.205–218.

4. Устройство для испытания материалов на контактную усталость и износ : полезная модель 7093 U Респ. Беларусь : МПК (2009) G 01N 3/00 / И.Н. Степанкин, В.М. Кенько, И.А. Панкратов ; дата публ.: 28.02.2011.

## ЛАЗЕРНОЕ ТЕРМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT1-00

*Телегин Сергей Владимирович - ассистент кафедры «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.*  
*Лясников Владимир Николаевич - доктор технических наук, профессор кафедры «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.*

*Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.*

В современном машино- и приборостроении широкое применение нашли титан и сплавы на его основе. Однако в ряде случаев изделия, изготовленные из данных материалов, обладают низкими физико-механическими и химическими свойствами. Для решения данной проблемы формируют покрытия из высокопрочной керамики на основе титана и его сплавов. К таким покрытиям относятся металлокерамика на основе титана: оксиды  $Ti_xO_y$ , нитриды  $Ti_xN_y$  и оксинитриды  $TiN_xO_y$  титана [1].

Для формирования данных типов покрытий на титановых сплавах предлагается использовать теплофизическое лазерное воздействие, позволяющее повысить физико-механические и химические свойства, а также придать требуемую морфологию поверхности.

Поверхность титановых пластин подвергалась импульсной лазерной обработке на Nd:YAG-лазерном технологическом комплексе «LRS-50» с длиной волны 1,064 мкм в воздушной среде при использовании различных вариантов сочетания энергетических параметров обработки, приводящих к оплавлению поверхности с формированием развитого микрорельефа (рисунок 1, а), а также без оплавления, где морфологию поверхности будет определять предварительная обработка поверхности (рисунок 1, б) [2].

Сущность лазерного термоупрочнения заключается в том, что локальный участок поверхности нагревают до сверхкритических температур фазовых переходов. Нагрев металла осуществляется передачей энергии лазерного излучения вглубь материала, используя его теплопроводность. Высокая скорость охлаждения приводит к образованию