УДК 621.891

ДЫХА А.В., Хмельницкий национальный университет, г. Хмельницкий

ПРО СВЯЗЬ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ С ДЕФОРМАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ СМАЗАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ

Проведены экспериментальные исследования условий деформации поверхностного слоя при статическом вдавливании сферического индентора для сухого и смазанного контакта. С помощью метода “сеток” и микроструктурного анализа получены данные по характеру распределения подповерхностных напряжений и установлено их влияние на износостойкость смазанных и сухих поверхностей трения.

Experimental researches of conditions of deformation of a superficial layer are lead at static cave-in spherical indentor for the dry and lubricated contact. By means of a method "grids" and the microstructural analysis data on character of distribution pressure under a surface are obtained and their influence on wear resistance of the lubricated and dry surfaces of friction is established.

Введение

Смазочные материалы для работы узлов трения современных машин имеют определяющее значение, позволяющие снизить потери на трение и повысить износостойкость сопряженных поверхностей. Из известных режимов смазывания наибольшее распостранение имеет граничный режим, характерный для присущих современным машинам высоких удельных нагрузок и скоростей. В настоящее время практически отсутствуют исследования по расчетно-экспериментальному прогнозированию долговечности узлов трения с учетом параметров смазочной среды. Одним из основных факторов, который нужно учитывать при построении моделей износостойкости является влияние удельных нагрузок на свойства поверхностного слоя. Некоторые аспекты по исследованию контактного взаимодействия смазанных поверхностей рассмотрены в работах [1, 2]. Для получения деформационных характеристик в контакте смазанных поверхностей необходимо изучение механизмов влияния смазочной среды на условия деформации, чему и посвящяется данное исследование.

Целью данной работы является экспериментальное исследование с помощью метода “сеток” и микроструктурного анализа условий деформации поверхностного слоя при контактном взаимодействии сферического индентора со смазанной и сухой поверхностью.

Исследования по влиянию смазочной среды на условия деформации при статическом вдавливании индентора в поверхность материала проводились в работе [1]. В таблице 1 показаны изменения твердости по Мейеру в зависимости от условий смазывания поверхности.

Таблица 1

Изменение твердости НМ, МПа по Мейеру в зависимости от условий смазки

Материал	Без смазки	Глицерин	Силикон	И-20
Латунь Л70	1349	1227	1127	1080
Армко-железо	2174	1922	1811	1674

Расчет твердости НМ проводился по зависимости:

$$\sigma = \frac{Q}{(2htg\beta)^2},$$

где Q − нагрузка;

h − глубина внедрения пирамиды с углом β.

Анализ полученных результатов показывает, что во всех случаях внедрение индентора (деформация) в смазанную поверхность больше, чем в сухую.

1. Исследование деформаций смазанной поверхности методом “сеток”

В данной работе проводились экспериментальные исследования деформаций смазанного и сухого контакта с помощью пробы Бринеля.

Для исследований использовался призматический образец из стали 45, состоящий из двух половин (рис. 1). Полуобразцы притирались притирочной пастой “Эффект”, после чего на поверхность разъема одного полуобразца наносилась сетка с шагом 1 мм. Полуобразцы соединялись и сжимались с помощью лекальных тисков. Исследуемая поверхность шлифовалась на плоскошлифовальном станке до шероховатости Ra = 0,32 мкм.

Вдавливание проводилось на твердомере с усилием 10^5Н стальным шариком из ШХ15 диаметром 10 мм. Один отпечаток наносился при сухом контакте, другой – при обильном смазывании поверхности образка консистентной смазкой “Литол-24”. После внедрения шарика размеры отпечатков составили (рис. 1): для смазанного контакта D_c = 5,2 мм, для сухого – D = 4,8 мм. Сетка, нанесенная на поверхность стыка полуобразцов, показана на рис. 2.

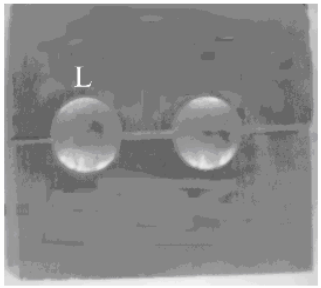
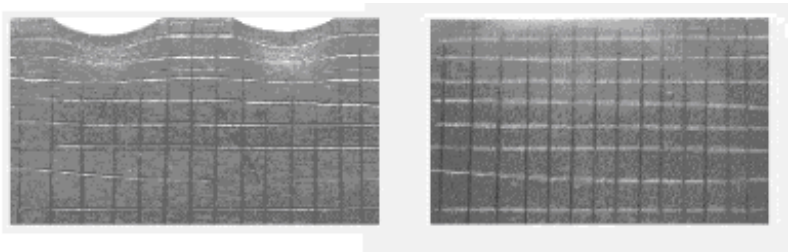


Рис. 1. Отпечатки после внедрения сферического индентора в смазанную и сухую поверхности



а ***б***

Рис. 2. Сетка на поверхности стыка полуобразцов:
а – после деформирования; б – до деформирования

Для анализа деформаций линий сетки, она была сфотографирована и увеличена с помощью цифровой фотокамеры (рис. 3).

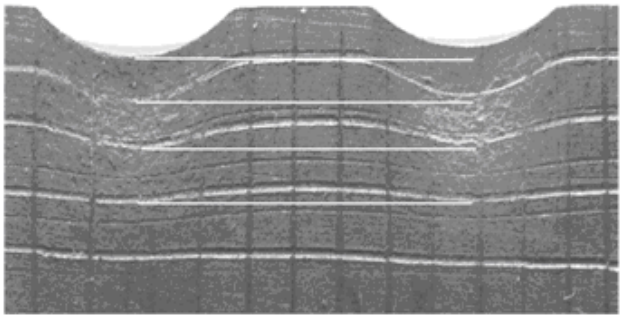


Рис. 3. Деформация линий сетки

Горизонтали, проведенные параллельно поверхности деформации через нижние крайние линии сетки деформации смазанной поверхности, качественно показывают большую степень деформации по сравнению с деформацией сухой поверхности.

Геометрическое масштабное измерение деформаций линий сетки позволило построить диаграммы относительной деформации материала вглубь по оси лунок. Диаграммы относительной деформации для смазанного и сухого контакта показаны на рис. 4.

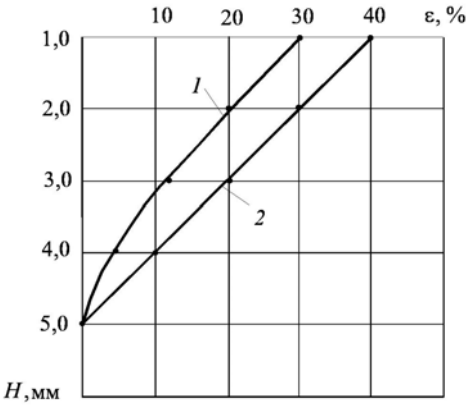


Рис. 4. Диаграммы относительной деформации:
1 – сухой поверхности; 2 – смазанной поверхности

Анализ полученных диаграмм показывает:

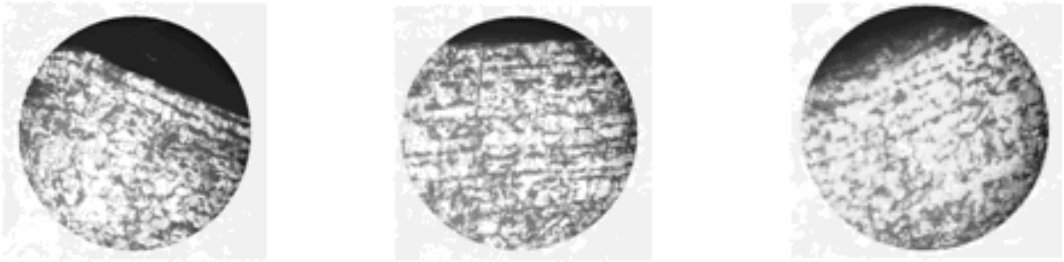
1) величина относительной деформации материала по глубине больше для смазанного контакта;
2) зависимость относительной деформации от глубины для смазанного контакта носит однозначно линейный характер по сравнению с нелинейной деформацией для сухого контакта.

2. Микроструктурные исследования условий деформации смазанной поверхности

Для анализа структуры материала в результате деформаций в смазанном и сухом контакте были подготовлены шлифы поверхности разъема полуобразцов вблизи лунок деформирования. Строение структуры материала в области деформации проводилось с помощью микроскопа МЕТАМ Р-1 и фотографировалось на цифровую фотокамеру. Фотографии структуры материала в зоне лунок деформации для смазанного и несмазанного контакта показаны на рис. 5-6.

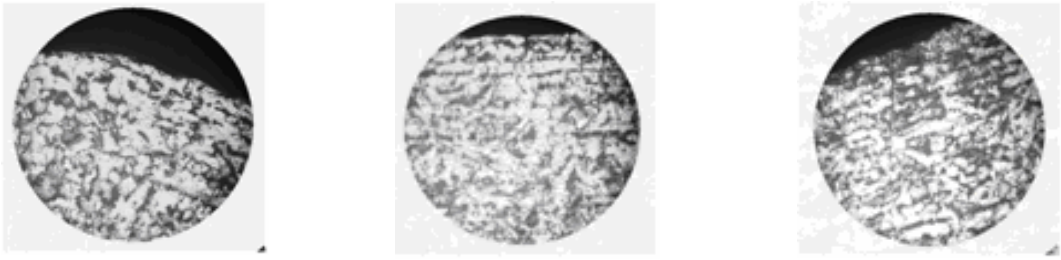
В обоих случаях деформирования поверхности стального образца наблюдается деформация – вытягивание зерен вблизи поверхности, однако глубина слоя деформированных зерен и распределение глубины деформации по поверхности лунки различны:

1) глубина слоя деформации зерен для сухого контакта максимальна в ценре лунки и уменьшается к ее краям;
2) для смазанного контакта глубина слоя деформации зерен равномерна по всей поверхности лунки деформации.



На входе в лунку | В центре лунки | На выходе из лунки

Рис. 5. Микроструктура материала в зоне лунки деформации для сухого контакта



На входе в лунку | В центре лунки | На выходе из лунки

Рис. 6. Микроструктура материала в зоне лунки деформации для смазанного контакта

Такая картина деформации зерен материала может быть объяснена в соответствие с принципами деформации металлов при обработки давлением [2, 3]:

1) “радиального течения” материала для смазанного контакта, т.е. достаточно свободного перемещения материала в радиальном направлении к краям лунки;
2) “кратчайших нормалей”, когда радиальное течение материала затруднено вследствие большого контактного трения.

Проведенный в данном подразделе анализ условий деформации для смазанного и сухого контакта при статическом внедрении сферического индентора показал:

1. Глубина внедрения индентора в смазанную поверхность больше чем в сухую в среднем на 8-10 %.
2. Относительная деформация вглубь поверхности материала по оси лунки деформации описывается строго линейной закономерностью и нелинейной для сухого контакта, что свидетельствует о равномерном снижении напряжений вглубь смазанной поверхности.
3. Равномерность распределения слоя деформированных зерен по зоне деформации для смазанного контакта свидетельствует о равномерности распределения напряжений по зоне деформации.
4. Плавность и равномерность распределения напряжений в области контактирования смазанных поверхностей предполагает снижение концентрации несовершенств кристаллического строения (вакансий, дислокаций) в поверхностном слое и соответственно способствует повышению износостойкости по сравнению с контактированием поверхностей без смазывания.

Полученные экспериментальные результаты по внедрению индентора в смазанную и сухую поверхность однозначно подтверждают облегчение деформаций в контакте смазанных поверхностей. Более интенсивная и ненапряженная деформация неровностей в смазанном контакте в начальный период эксплуатации триботехнических сопряжений способствует ускорению процесса приработки, формированию равновесной шероховатости, стабилизации и уменьшению уровня контактных давлений на фактических площадках контакта и в конечном итоге уменьшению приработочного износа. Таким образом, вместе с традиционным механизмом снижения износа в результате образования на смазанных поверхностях трения адсорбированных слоев со сниженным сдвиговым сопротивлением предложен и обоснован контактно-деформационный механиз снижения износа смазанных поверхностей.

Выводы

1. Исследование условий деформации методом “сеток” показало на большую глубину внедрения и линейное изменение относительных деформаций по глубине для смазанной поверхности, что свидетельствует об облегченных условиях деформирования в смазанном контакте.
2. Анализ распределения деформированных зерен материала поверхностного слоя по области контакта свидетельствует о равномерном распределении напряжений для смазанной поверхности.
3. Полученные исследования позволяют сделать вывод о более благоприятных условиях контактной деформации неровностей смазанных поверхностей для обеспечения более высокой износостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьменко А.Г., Диха О.В. Дослідження зносоконтактної взаємодії змащених поверхонь тертя. Монографія. − Хмельницький: ХНУ, 2005. − 183 с.
2. Контакт, трение и износ смазанных поверхностей: Монография / А.Г. Кузьменко, А.В. Дыха. – Хмельницкий: ХНУ, 2007. – 344 с.
3. Кузьменко А.Г., Волынский Б.С. К вопросу о прочности поверхностей трения // Вісник технологічного університету Поділля. – 1999. – № 3. – С. 41-44.
4. Исаченков Е.И. Контактное трение и смазки при обработке металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
5. Петросов В.В. Гидродробеструйное упрочнение деталей и инструмента. – М.: Машиностроение, 1977. – 165 с.
6. Диха О.В., Кузьменко А.Г. Визначення деформацій та зусиль при динамічному змащеному контакті кульки і площини // Проблемы трибологии (Problems of Tribology). – 2003. – № 2. – С. 227-231.
7. Кузьменко А.Г., Диха О.В. Визначення контактних тисків у шарі граничного мастила методом експериментально-теоретичної рівноваги // Машинознавство. − 2003. − № 3 – С. 31-33.
8. Диха О.В. Контактно-деформаційний механізм зменшення зносу змащених поверхонь тертя // Восьмий міжнародний симпозіум українських інжененрів-механіків у Львові: Тези доповідей. –Львів: КІНПАТРІ ЛТД. – 2007. – С. 137-138.

Надійшла до редколегії 14.11.07.