



УДК 621.9.022

**Д.В. Терентьев, С.И. Платов,  
В.К. Белов, Е.В. Губарев**  
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»  
г. Магнитогорск, Россия  
E-mail: ktnterentyev@mail.ru  
Дата поступления 13.12.2020

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАСЛОЕМКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

### Аннотация

В статье представлены результаты экспериментальных исследований микротопографии контактирующих поверхностей узлов трения, которая в свою очередь характеризует маслоемкость и толщину смазочного слоя в зоне контакта.

**Ключевые слова:** микротопография, маслоемкость контактирующих поверхностей, толщина смазочного слоя, износ.

### Введение

Различные зубчатые передачи, а также подшипники качения, работающие в металлургических машинах и агрегатах, относятся к узлам трения, в которых между формами взаимодействующих поверхностей нет никакой геометрической связи.

При разработке таких элементов металлургического оборудования требуется учитывать параметры их эксплуатации и условия трения. Известно, что наиболее рациональные условия трения между трущимися поверхностями возникают при жидкостном или смешанном трении с преимуществом долей жидкостного.

Основным источником возникновения жидкостного трения в тяжело нагруженных узлах технологического оборудования является эластогидродинамическая пленка. При проектировании подшипниковых узлов и зубчатых передач, в которых возможна реализация режимов эластогидродинамической смазки, требуется определение толщины смазочного слоя  $h_0$  в контакте при их эксплуатации. В свою очередь, микротопография контактирующих поверхностей, которая зависит от способа механической обработки, значительно влияет на нагнетающую способность смазочного материала в зону контакта и, соответственно, на формирование смазочного слоя

между трущимися поверхностями.

### Основная часть

Мониторинг теоретических и экспериментальных способов определения толщины смазочного слоя показывает, что основное влияние на оказывают вязкость смазочного материала, температура и скорость качения на контакте, нагрузка на единицу длины контакта. Микрорельеф контактирующих поверхностей учитывается лишь высотным параметром  $R_a$  без учета вида обработки при определении параметра  $\lambda$ , характеризующего режим трения в контакте. В тоже время, микротопография поверхности характеризуется далеко не только высотными и шаговыми параметрами, такими как  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S_a$ .

В процессе эксплуатации машин и агрегатов маслоемкость контактирующих поверхностей играет важную роль при взаимодействии со смазочным материалом и, соответственно, влияет на процесс изнашивания узлов трения [1-6].

Соотношение количества материала поверхностей трения, находящегося в выступах и объема впадин между ними при определенном микрорельефе, зависит не только от высотных и шаговых параметров, но и от способа механической или другой обработки поверхностей.

Для проведения экспериментальных

исследований маслостойкости были изготовлены три пары цилиндрических образцов, финишную обработку которых осуществляли различными механическими способами: точением, шлифованием и полированием. В дальнейшем моделировали работу тел качения и взаимодействие контактирующих поверхностей с различным микрорельефом.

Для оценки поверхностных слоев роликов в НИЦ «Микротопография» МГТУ им. Г.И. Носова измеряли метрологические 3D параметры и функции микротопографии поверхности.

Измерения микротопографии производили на оптическом профилометре ConTourGTK1 (фирма Bruker, США).

Параметры микротопографии поверхности роликов измеряли с использованием стандартной программы исключения формы поверхности. Параметры микротопо-

графии фиксировали как без использования фильтров выделения SL-поверхности, так и с использованием стандартных фильтров с длинноволновой границей  $\lambda_c = 0,8$  мм и соответствующей ей коротковолновой границей  $\lambda_s = 25$  мкм. Данный режим измерения соответствует стандарту ISO 25178. Оптический профилометр обеспечивает разрешение по вертикали  $1 \text{ \AA}$ . Общий диапазон измерений по вертикали от  $0,1$  нм до  $10$  мм.

На рисунках 1-6 представлены фрагменты карт поверхности образцов в одинаковом масштабе и гистограммы распределения ординат этих поверхностей.

Характеристиками гистограмм являются амплитудные параметры  $S_a$ ,  $S_q$ ,  $S_{ku}$ ,  $S_{sk}$ .

Изрезанность поверхности характеризуют частотные параметры  $S_{dq}$ ,  $S_{dr}$ ,  $S_{ds}$ ,  $S_{al}$ .

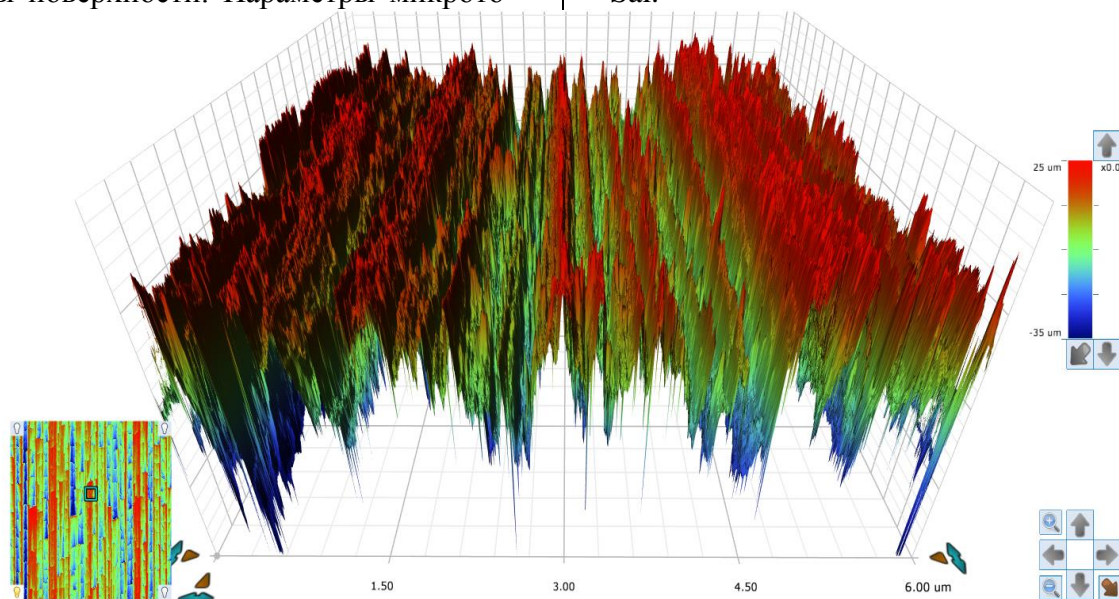


Рисунок 1. Карта поверхности ролика после токарной обработки

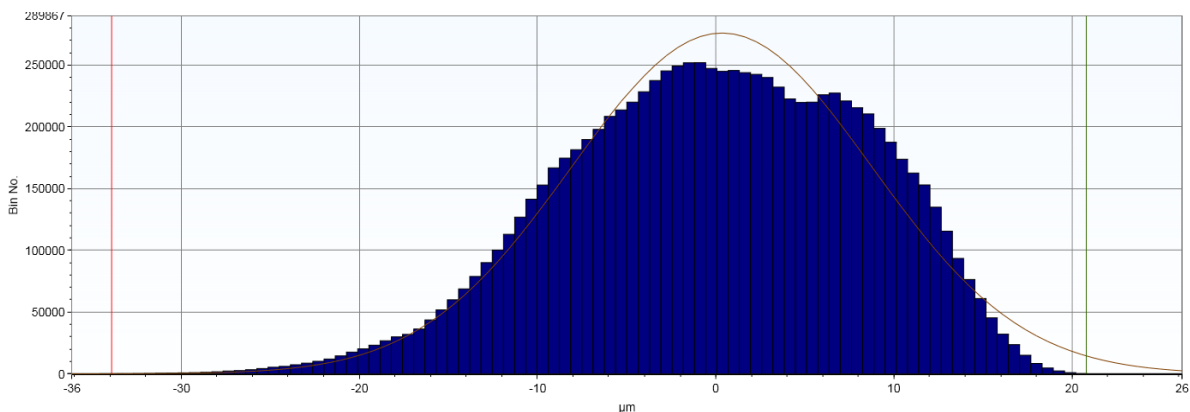


Рисунок 2. Гистограмма распределения ординат поверхности ролика после токарной обработки

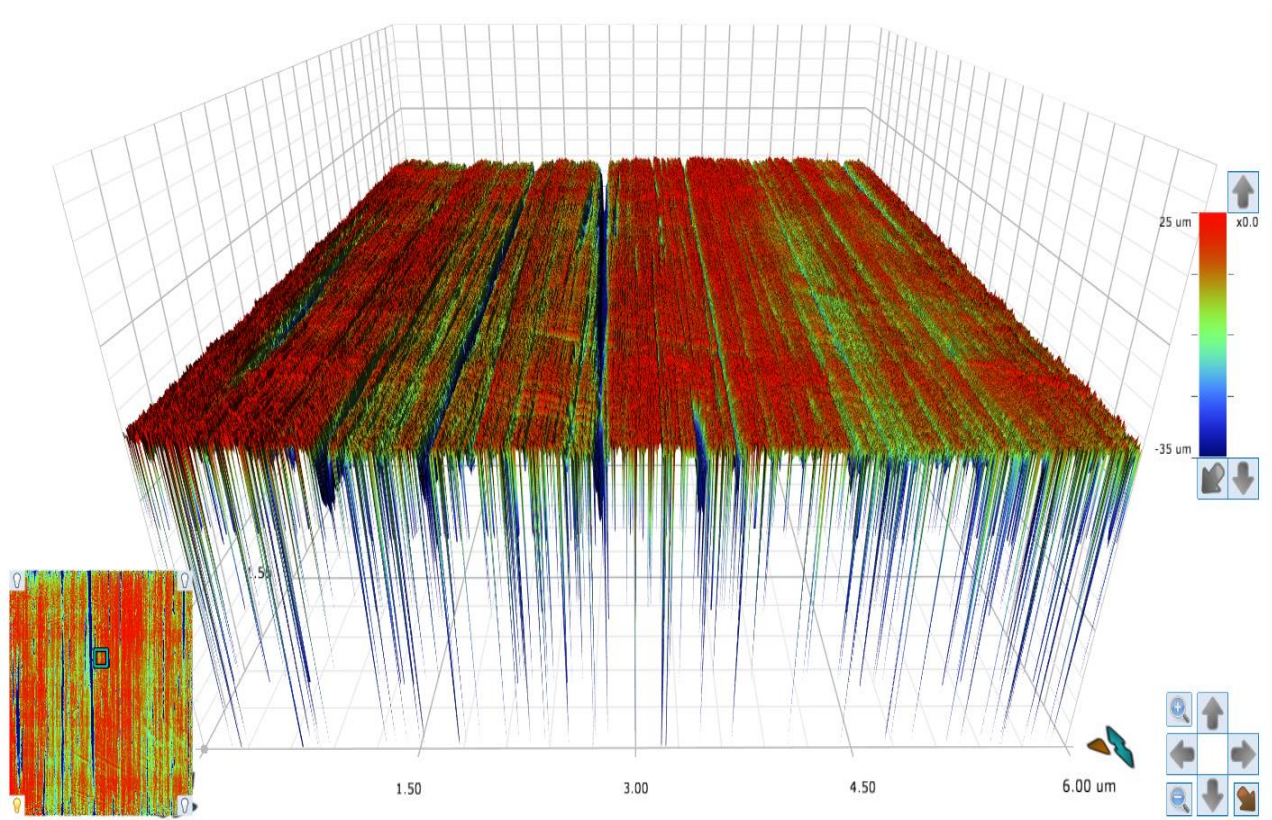


Рисунок 3. Карта поверхности ролика после шлифования

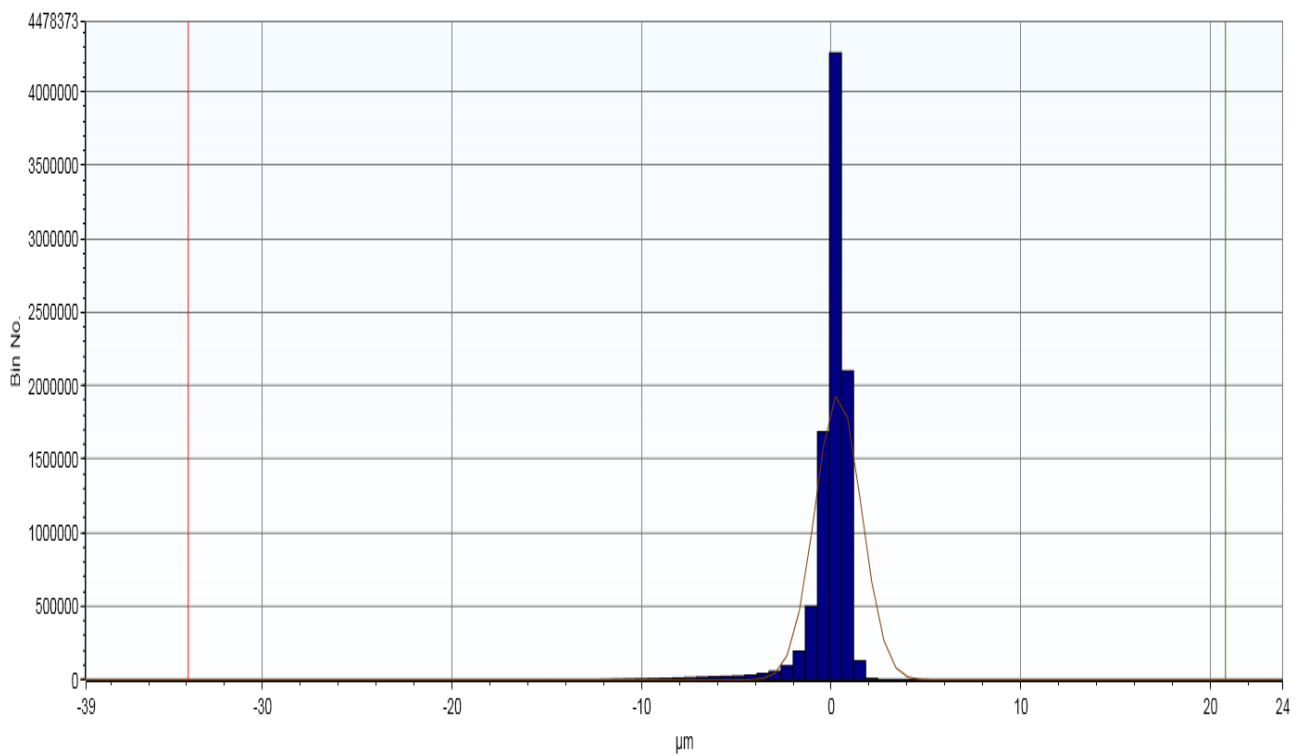


Рисунок 4. Гистограмма распределения ординат поверхности ролика после шлифования



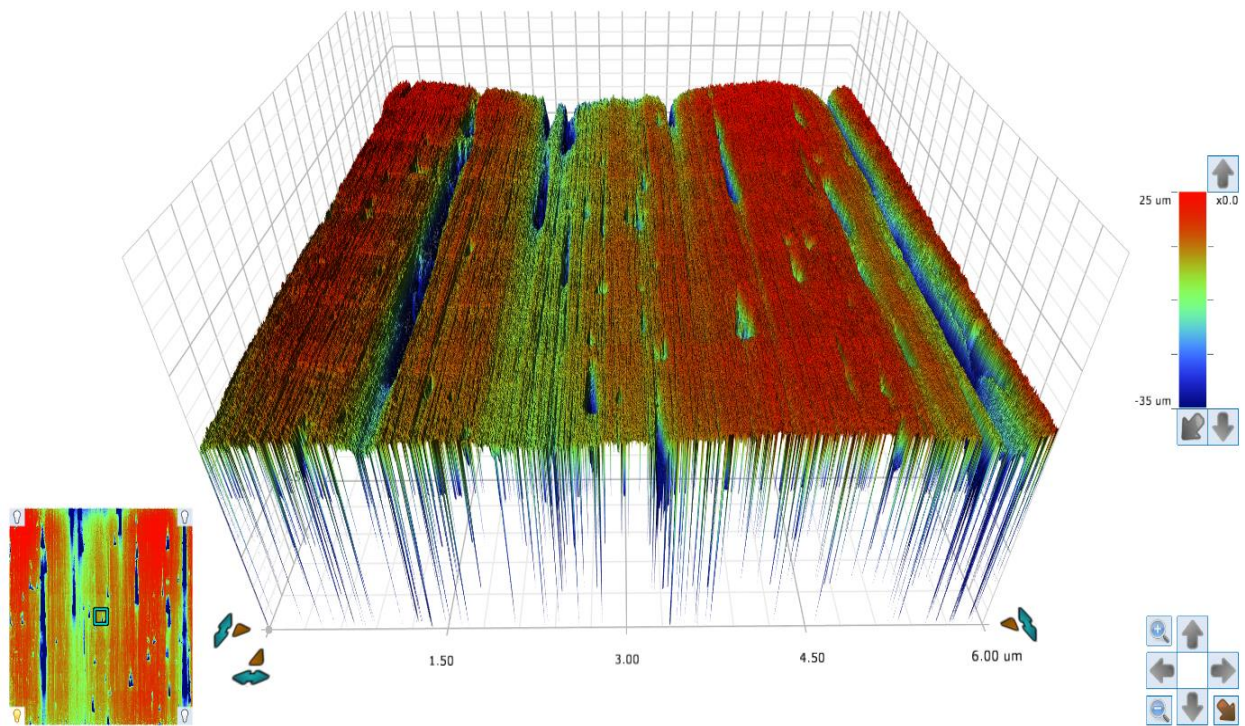


Рисунок 5. Карта поверхности ролика после полирования

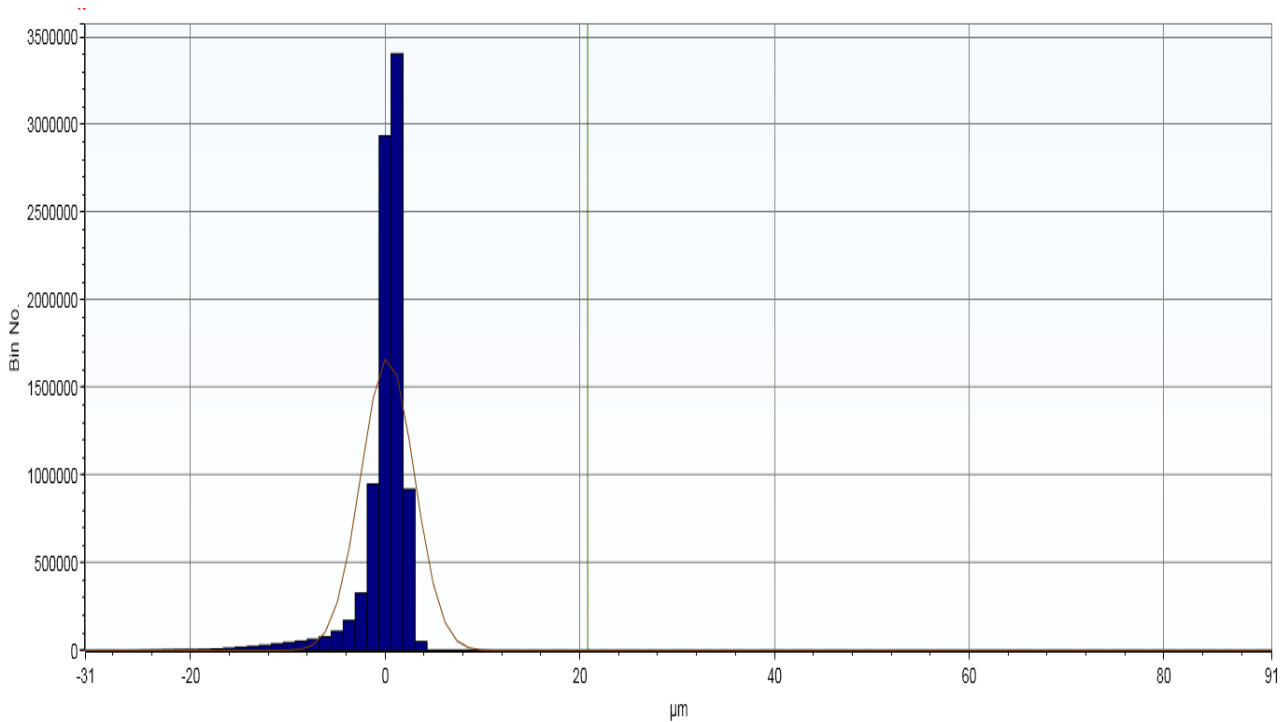


Рисунок 6. Гистограмма распределения ординат поверхности ролика после полирования

### Заключение

Анализ результатов, полученных в ходе исследования микропографии поверхностей роликов после различных методов механической обработки показал следующее. В процессе шлифования и полирования происходят значительные (в 4-6 раз)

уменьшения амплитудных параметров шероховатого слоя  $S_a$  и  $S_q$  по сравнению с поверхностью после точения. Причем наибольшее влияние шлифования и полирования заметно в верхних и средних слоях шероховатого слоя, что приводит к большой асимметрии гистограммы распределения ординат профиля. Параметр  $S_{dr}$  с нулевых значений меняется до 4. Эти изменения

хорошо видны при сравнении поверхности после точения (см. рисунок 1) и поверхностей после шлифования и полирования (см. рисунки 3 и 5 соответственно).

Распределение ординат становится явно не гауссовским. Параметр  $S_{ku}$ , для нормального распределения равный 3, меняется до катастрофически больших значений (более 20).

Как следствие этих процессов, площадь шероховатой поверхности (параметр  $S_{dr}$ ) после шлифования и полирования уменьшается в 5 раз и объем пустот шероховатого слоя (параметр  $V_{vc}(10,80)$ ) уменьшается в 10 раз.

Следует обратить внимание на то, что количество пиков на поверхности (параметр  $S_{ds}$ ) и корреляционные длины (параметр  $S_{al}$ ) после шлифования и полирования изменяются незначительно.

Полученные в ходе экспериментальных исследований результаты в дальнейшем использовались при определении толщины смазочной пленки в узлах трения.

#### Библиографический список

1. Ковалевский, В.Ф. Триботехнические характеристики пар трения скольжения с маслоудерживающим рельефом, сформированным капельно-адгезионной технологией / В.Ф. Ковалевский // Омский научный вестник. 2013. №2. С. 78-81.
2. Пашовкин, С.А. Модель контакта шероховатых поверхностей с учетом маслостойкости в зоне контакта / С.А. Пашовкин // Известия вузов. Машиностроение. 2008. №12. С. 67-72.
3. Белов, В.К. К методике определения маслостойкости шероховатой поверхности // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: межрегион. сб. науч. тр. / В.К. Белов, М.В. Пономарев, А.В. Горбунов // Под ред. В.М. Салганика. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского государственного технического ун-та им. Г.И. Носова, 2011. С. 220-224.
4. Ogarkov, N.N. Oil absorption capacity of the contact surfaces in metal-forming processes / N.N. Ogarkov, S.I. Platov, E.S. Shemetova, D.V. Terentev, V.A. Nekt, M.N. Samodurova // Metallurgist. – 2017. – Т. 61. – №1-2. – P. 58-62.
5. Terentyev, D.V. Effect of operating modes and contact surface oil absorption on lubricant film thickness in heavy-duty friction units of metallurgical plants / D.V. Terentyev, N.N. Ogarkov, S.I. Platov, A.V. Kozlov // Chernyemetally. – 2018. – №9. – P. 60-64.
6. Терентьев, Д.В. Разработка рациональных режимов смазывания подшипниковых узлов слябовых машин непрерывного литья заготовок / Д.В. Терентьев, С.И. Платов, Ю.В. Жиркин, Е.И. Мироненков // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2014. – №1 (190). – С. 164-168.

---

#### *Information about the paper in English*

**D.V. Terentiev, S.I. Platov, V.K. Belov, E.V. Gubarev**  
Nosov Magnitogorsk State Technical University  
Magnitogorsk, Russia  
E-mail: ktnterentyev@mail.ru  
Received 13.12.2020

---

#### EXPERIMENTAL RESEARCH ON OIL ABSORPTION CAPACITY OF SURFACES DEPENDING ON A MACHINING METHOD

#### Abstract

The paper presents experimental research on microtopography of contacting surfaces of friction units, which characterizes oil absorption capacity and lubricant film thickness in a contact zone.

**Keywords:** microtopography, oil absorption capacity of contacting surfaces, lubricant film thickness, wear.

---