

ISSN 0202-4977

ТРЕНИИ И ИЗНОС



ТОМ 10

2

1989

**ВСЕСОЮЗНЫЙ
НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ
«ТРЕНИЕ И ИЗНОС»**

выходит один раз в два месяца, один том в год

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР В. А. БЕЛЫЙ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**О. В. БЕРЕСТНЕВ, М. А. БРОНОВЕЦ, Н. А. БУШЕ,
Д. Н. ГАРКУНОВ, Н. Б. ДЕМКИН, Н. Н. ДОРОЖКИН, Ю. Н. ДРОЗДОВ,
Н. С. ЕНИКОЛОПОВ, А. Ю. ИШЛИНСКИЙ, В. М. КЕНЬКО,
И. В. КРАГЕЛЬСКИЙ (заместитель главного редактора), Б. И. КУПЧИНОВ,
В. А. ЛАТИШЕНКО, Е. М. МАКУШОК, Н. К. МЫШКИН,
Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ, П. И. САНИН, В. Г. САВКИН, А. И. СВИРИДЕНКО
(заместитель главного редактора), Е. Д. ЩУКИН, П. И. ЯЩЕРИЦЫН**

Ответственный секретарь **О. В. ХОЛОДИЛОВ**

Адрес редакции:

246652, г. Гомель, ул. Кирова, 32а, телефон 55-10-72

*

**ALL-UNION SCIENTIFIC JOURNAL
«FRICTION AND WEAR»**

is published once in two months, one volume a year

EDITOR-IN-CHIEF V. A. BELYI

BOARD OF EDITORS:

**O. V. BERESTNEV, M. A. BRONOVETS, N. A. BUSHE,
D. N. GARKUNOV, N. B. DEMKIN, N. N. DOROZHKIN, Yu. N. DROZDOV,
N. S. ENIKOLOPOV, A. Yu. ISHLINSKII, V. M. KEN'KO,
I. V. KRAGELSKII (Assistant Editor-in-Chief), B. I. KUPCHINOV, V. A. LATISHENKO,
E. M. MAKUSHOCK, N. K. MYSHKIN, Yu. M. PLESKACHEVSKII, P. I. SANIN,
V. G. SAVKIN, A. I. SVIRIDYONOK (Assistant Editor-in-Chief), E. D. SHCHUKIN,
P. I. YASHCHERITSYN**

Executive Secretary **O. V. KHOLODILOV**

Editorial board address:

246652, Gornel, Kirov st., 32a, telephone 55-10-72



C-714

Т
И

ТРЕНИЕ И ИЗНОС

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1980 г.

МИНСК, «НАУКА И ТЕХНИКА», 1989, ТОМ 10, № 2

СОДЕРЖАНИЕ

Алексеев Н. М. Новое о структурных особенностях изнашивания твердых тел	197
Голощапов Н. Н., Пенкин Н. С. Мольная плотность поглощенной энергии и ее связь с основными механическими свойствами и интенсивностью газообразного износа эластомеров	206
Тихомиров В. П., Горленко О. А. Критерий герметичности плоских сопряжений	214
Токарь И. Я., Александров С. Я. Решение гидростатической задачи при турбулентном движении смазки с учетом деформации вала и износа подшипника	219
Гершман И. С., Буше Н. А., Берент В. Я. Термодинамические аспекты существования устойчивых вторичных структур на поверхностях сильнооточных скользящих контактов	225
Шкоропад О. В., Стецькив О. П. Чугун как износостойкий материал для тяжело- и теплонагруженных пар трения возвратно-вращательного движения	233
Баскин Э. М. Об оценке надежности и долговечности подшипника качения	242
Михалев Ю. О., Земляков А. М., Лапочкин А. И. Исследование работоспособности мелко модульной зубчатой передачи с магнитожидкостными смазочными материалами	250
Власов В. М., Мельниченко Н. В., Рейзер Е. С. Диагностика методом акустической эмиссии процессов разрушения мостиков схватывания при трении сталей без смазочного материала	257
Старченко Ю. П., Мовчун В. М., Милецкий А. В. Особенности протекания тепловых явлений при трении стальных поверхностей	262
Гамуля Г. Д., Коптева Т. А., Лебедева И. Л., Сентюрихина Л. Н. Влияние низких температур на триботехнические характеристики узлов трения с многокомпонентными твердыми смазочными покрытиями в вакууме	271
Калинин А. А., Мельников В. Г. Связь глубины внедрения шарового индентора в стальную пластину с критической температурой смазочной среды	278
Баранов Н. Г., Федорченко И. М. Некоторые особенности фрикционного взаимодействия в паре трения металл—керамика	283
Зозуля В. Д., Полотай В. В., Панфилова И. А., Лунии Л. Е. Влияние пористости на пластическую деформацию поверхностного слоя при трении спеченного железа	289
Гогоци Ю. Г., Ковальчук В. В., Заметаило В. В., Тимченко Р. Г., Косско И. А., Ковальченко А. М. Взаимодействие керамики со сталью при трении	295
Струк В. А., Напреев Р. С. Исследование антифрикционных и противозносных свойств смазок, загущенных металлополимерными присадками	302
Беккер М. С. Механизм образования лунки износа на твердосплавном режущем инструменте	308
Шендеров И. Б., Духанин А. С., Калинов В. А. Особенности износа и геометрии упрочненных поверхностей	313

УДК 539.319

В. В. ПЕТРОВ, А. В. СЛАДКОВСКИЙ

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА НА МИКРОСКОЛЬЖЕНИЕ ПРИ СДВИГЕ УПРУГОГО ПРЯМОУГОЛЬНИКА

Известно, что процесс образования зон микроскольжения при силовом нагружении упругой области (упругого прямоугольника) является многофакторным [1]. Отмечалось, что одними из наиболее существенных параметров, влияющих на зонообразование, являются коэффициенты трения f и Пуассона ν . Теоретическое исследование микроскольжения при сдвиге упругих тел при помощи метода конечных элементов (МКЭ) проводилось для упрощенной расчетной схемы деформирования прямоугольной упругой области [2].

Данный подход обусловлен как сравнительной простотой реализации вычислительного алгоритма, так и возможностью экспериментальной проверки полученных численных результатов. Авторами статьи [3] было исследовано явление микроскольжения при чистом сжатии упругого прямоугольника жесткими плитами или при одновременном приложении сжимающего и сдвигающего усилий. Рассмотрено влияние различных механических факторов (коэффициентов трения, Пуассона, отношения силовых характеристик) на величину и расположение зон сцепления и проскальзывания.

В работе [4] приведены граничные условия для различных зон микроскольжения в конечноэлементной постановке для задач о многоэтапном нагружении упругого прямоугольника. В частности, рассмотрена задача о последовательном сжатии и сдвиге. Нагружение сдвигающим усилием осуществляется вплоть до срыва (полного проскальзывания). Исследована динамика роста зон микроскольжения при различных коэффициентах трения. Проведено сравнение расчетных данных с результатами эксперимента по методу двухэкспозиционной голографической интерферометрии. Было определено [3], что коэффициент Пуассона вносит существенный вклад в распределение зон микроскольжения при сжатии.

Цель данных исследований — определение влияния коэффициента Пуассона на зонообразование при двухэтапном сдвиге упругого прямоугольника. Для нахождения напряженно-деформированного состояния рассматриваемой области использовались алгоритмы МКЭ, аналогичные приведенному в статье [4].

Исследовалось сжатие и сдвиг упругого квадрата с размером сторон $AB=AC=5$ см и модулем упругости $E=50$ кг/см², а также прямоугольника $AB=5$ см, $AC=3$ см, $E=100$ кг/см². Коэффициент трения считался постоянным $f=0,25$. Коэффициент Пуассона, величины нормального P и сдвигающего T усилий варьировались. На стороне AB задаются гра-

нические условия четырех типов. Помимо участков сцепления, отрыва и относительного проскальзывания на втором этапе нагружения возможно образование зон прилипания. Закон трения выбирается в форме Кулона.

Программа, реализующая алгоритм поиска зон различных типов, позволяет проводить исследования в диалоговом режиме, т. е. не обязательно осуществлять поиск по всем контактным узлам с корректировкой локального коэффициента трения, как описано в статье [3]. Используя диалог с ЭВМ, можно для начального задания распределения границ

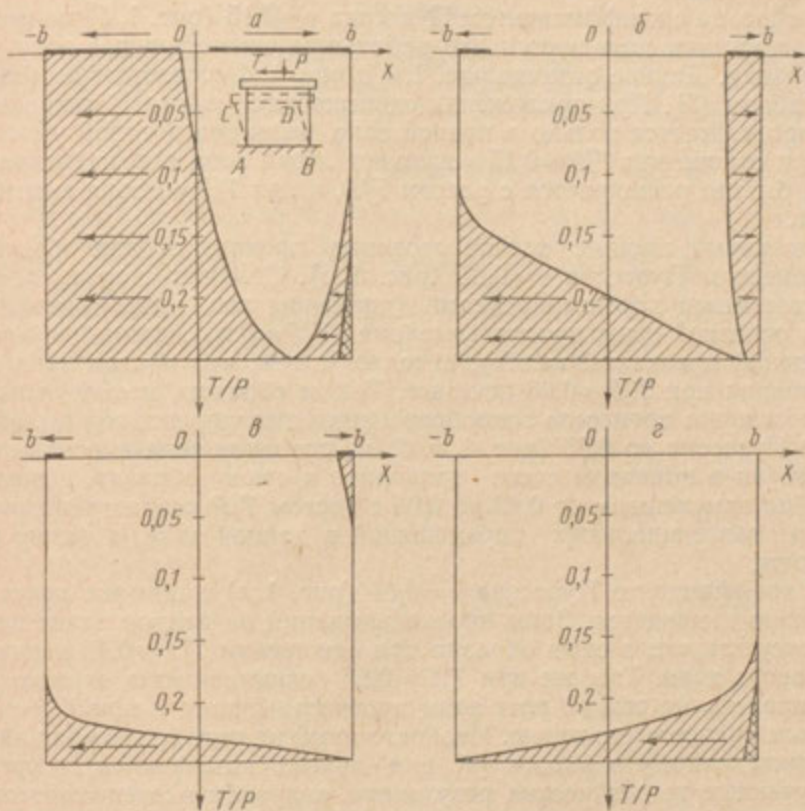


Рис. 1. Распределение зон микроскольжения при различных отношениях силовых факторов T/P : а — $\nu=0,48$; б — $0,15$; в — $0,05$; г — $0,01$

зон или для их корректировки воспользоваться результатами предыдущих исследований. Далее задается режим автоматической корректировки для нахождения окончательного распределения границ. Это дает возможность в несколько раз сократить затраты машинного времени.

На рисунке показаны расчетные распределения зон микроскольжения в зависимости от величины отношения силовых факторов T/P . Схема приложения усилий показана в правом верхнем углу рисунка. По ординате откладывается параметр T/P , по абсциссе — распределение зон микроскольжения. Зоны проскальзывания и отрыва заштрихованы, стрелками показано направление проскальзывания. Выше абсциссы ($T/P=0$) показано распределение зон на первом этапе нагружения (чистое сжатие).

Рассмотрим распределение зон микроскольжения для упругого прямоугольника с коэффициентом Пуассона $\nu=0,48$ (резина) (рис. 1, а). На первом этапе нагружения (сжатие) основную площадь области кон-

такта $(-b, b)$ занимают две симметричные зоны проскальзывания в противоположных направлениях. При догрузке усилием T правая зона проскальзывания исчезает, а левая возрастает вплоть до срыва образца. При отношении $T/P \approx 0,1$ появляется вторая зона проскальзывания на правом краю контакта, а начиная с отношения $T/P \approx 0,16$, существует зона отрыва. Все зоны проскальзывания и отрыва увеличиваются с ростом T/P за счет уменьшения зоны сцепления. При достижении $T/P = f = 0,25$ зона сцепления вырождается в точку и происходит полное проскальзывание.

Для образца с коэффициентом Пуассона $\nu = 0,15$ (рис. 1, б) на первом этапе нагружения появляются две небольшие симметричные зоны проскальзывания. Данное отличие рис. 1, а и рис. 1, б соответствует результатам работы [3]. При приложении сдвигающего усилия T микроскольжение продолжается только в правой зоне, величина которой уменьшается. При отношении $T/P \approx 0,15$ возникает левая зона проскальзывания, которая быстро расширяется с ростом T/P , и при $T/P = f$ зона сцепления исчезает.

Аналогичный процесс зонообразования происходит для образца с коэффициентом Пуассона $\nu = 0,05$ (рис. 1, в). Отличия связаны лишь с количественными характеристиками (размером зон, моментом возникновения основной зоны проскальзывания ($T/P \approx 0,20$), динамикой роста перемещений проскальзывания), а также с тем, что правая зона проскальзывания при $T/P \approx 0,06$ исчезает. Таким образом, несмотря на некоторые отличия процессов зонообразования для упругих тел с коэффициентом Пуассона до 0,05 (рис. 1, а, б, в), основная зона проскальзывания, которая в конечном счете приводит к срыву образца, возникает слева. При изменении ν от 0,48 до 0,05 с ростом T/P возрастает динамика роста тангенциальных перемещений в данной зоне, а также рост самой зоны.

При коэффициенте Пуассона $\nu = 0,01$ (рис. 1, г) динамика роста зон качественно изменяется. Зоны проскальзывания на первом этапе нагружения отсутствуют, а срыв образца при отношении $T/P \approx 0,16$ начинается с правого края. Там же при $T/P \approx 0,23$ возникает зона отрыва. При $T/P \rightarrow f$ происходит резкий рост зоны проскальзывания и при $T/P = f$ наблюдается полное скольжение. Изображенный на рис. 1, г график аналогичен приведенному в работе [4] для других коэффициентов трения.

Полученные теоретические результаты получили экспериментальное подтверждение для отдельных коэффициентов Пуассона, что обусловлено материалом исследуемого образца. При этом использовались методы контактных сеток [1] и голографической интерферометрии [4]. Так, в статье [4] приведено сравнение экспериментальных данных с результатами расчета по МКЭ для коэффициента Пуассона $\nu = 0,04$.

Таким образом, процесс микроскольжения при сдвиге упругого прямоугольника существенно зависит от величины коэффициента Пуассона для рассматриваемого материала. При малых его величинах ($\nu < 0,05$) процесс зонообразования с ростом T качественно отличен от процесса, характерного для $\nu > 0,05$. По всей видимости, подобное отличие может быть объяснено тем, что влияние сжимающего усилия во время первого этапа нагружения максимально уменьшается за счет малости коэффициента Пуассона.

Обозначения

f — коэффициент трения; ν — коэффициент Пуассона; E — модуль упругости первого рода; T — сдвигающее усилие; P — сжимающее усилие.

Nomenclature

f — friction coefficient; ν — Poisson ratio; E — elasticity modulus of the first kind; T — shearing force; P — compressive stress.

Figure Caption

Distribution of microsliding zones at different ratios of force factors T/P : $a - \nu = 0,48$; $b - 0,15$; $c - 0,05$; $z - 0,01$.

Summary

Microslip on a contact surface of a compressed elastic rectangular body and the influence of the Poisson ratio on microslip are studied. The distribution of microslip zones under the effect of different tangential forces is investigated by the finite element method.

Литература

1. Петров В. В., Сохач Ю. В. // Трение и износ. 1981. Т. 2, № 3. С. 419—426.
2. Моссаковский В. И., Петров В. В., Сладковский А. В. Исследование микроскольжения на контактных поверхностях при помощи МКЭ. М., 1981. Деп. в ВИНТИ 20.11.81. № 5327.
3. Моссаковский В. И., Петров В. В., Сладковский А. В. // Трение и износ. 1982. Т. 3, № 4. С. 596—602.
4. Петров В. В., Гриневский А. Г., Сладковский А. В. // Трение и износ. 1985. Т. 6, № 3. С. 396—403.

Днепропетровский государственный
университет

21.10.85.