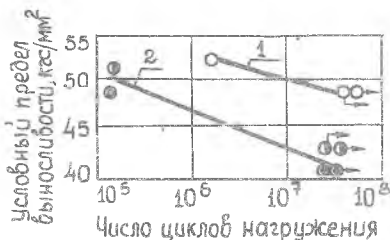


Разрушение деталей, изготавливаемых из титановых сплавов, очень часто является усталостным. С целью выявления влияния алмазного выглаживания через окисные пленки на усталостную прочность деталей из сплава ВТ9 были



Р и с.3. Кривые выносливости образцов из ВТ9, испытанных при следующих операциях: 1 - шлифования, 2 - шлифования, термообработки и алмазного выглаживания (режим выглаживания: $P = 15$ кгс; $R_{сф} = 3$ мм; $S = 0,05$ мм/об, $V = 10$ м/мин, температура 400°C)

проведены испытания образцов при симметричном изгибе на машине МУИ-10000 при температуре 400°C . Результаты испытания приведены на рис.3. Как видно из рисунка, наименьший условный предел выносливости имеет место у шлифованных образцов ($\sigma_{-1} = 42$ кгс/мм²). Выглаживание через окисную пленку после термообработки повышает предел выносливости на 12% ($\sigma_{-1} = 48$ кгс/мм²), долговечность при $\sigma_{-1} = 50$ кгс/мм² возрастает в 100 раз.

Таким образом, алмазное выглаживание титанового сплава ВТ9 через окисные пленки позволяет уменьшить величину микронеровностей на 2-3 класса, увеличить радиус выступов и впадин, повысить микротвердость, навести в поверхностном слое сжимающие остаточные напряжения, что в итоге повышает эксплуатационные свойства деталей.

УДК 621.787.4

В.М. Торбилло, Е.А.Евсин,
Н.Е. Чигодаев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДГЕЗИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

В процессе выглаживания в зоне контакта инструмента с деталью возникают силы трения, которые влияют на протекание пластической деформации, нагрев инструмента и детали, на качество обрабатываемой поверхности. Согласно адгезионно-деформационной теории,

трение обусловлено объемным деформированием тонкого поверхностного слоя и преодолением адгезионных связей в точках фактического контакта [1], [2], т.е.

$$f = f_{\text{деф}} + f_{\text{адг}} \quad (1)$$

где $f_{\text{деф}}$ и $f_{\text{адг}}$ — соответственно деформационная и адгезионная составляющие коэффициента трения.

Для определения составляющих коэффициента трения при алмазном выглаживании была использована методика, описанная в работе [3].

Деформационная составляющая коэффициента трения вычислялась по формуле

$$f_{\text{деф}} = 0,55 \sqrt{\frac{h}{R}} \quad (2)$$

где h — глубина внедрения алмаза;
 R — радиус сферы алмаза.

Адгезионная составляющая определялась экспериментально и как разность между общим коэффициентом трения и рассчитанной по формуле (2) деформационной составляющей.

Для экспериментального определения адгезионной составляющей $f_{\text{адг}}$ была изготовлена специальная установка (рис.1). Она состоит из электродвигателя 12, многоскоростного редуктора 11, силового блока 2, в котором расположена пружина 5 и чувствительный элемент 4 с тензометрическими датчиками 3. Чувствительный элемент позволяет контролировать нагрузку, задаваемую винтом 1. Сила пружины передается на образец 9 через шток 6 и алмазные гладилки 15, одна из которых закреплена во втулке 16, другая — в вале редуктора.

Движение от электродвигателя через редуктор и шестерни 10, 8, 7, 17 передается гладилкам, при этом обеспечивается их синхронное вращение.

Силы адгезионного трения измеряются при помощи тензометрических датчиков 14 и чувствительного элемента 13, связанного гибким тросиком с образцом 8.

Измерения проводятся следующим образом. Образец помещается между двумя алмазными гладилками и сжимается с требуемой нагрузкой. При включении электродвигателя гладилки начинают синхронно вращаться с необходимой скоростью, устанавливаемой предварительно на редукторе. Образец поворачивается и, натягивая гибкий тросик, изгибает чувствительный элемент 16 с определенной силой $F_{\text{акс}}$

Адгезионная составляющая коэффициента трения рассчитывается по формуле

$$f_{адг} = \frac{3F_{экс} R_{экс}}{4 \tau_{отп} P} \quad (3)$$

где P - сжимающая сила;

$R_{экс}$ - плечо приложения силы $F_{экс}$;

$\tau_{отп}$ - радиус отпечатка сферической гладилки на поверхности плоского образца под нагрузкой.

Испытуемые образцы-диски диаметром 50 мм и толщиной 5 мм изготавливались из закаленных сталей 40X (HRC 49...52), ШХ-15 (HRC 62...64), У10 (HRC 62...64) и незакаленной стали 40X (HB 196...230). Рабочая поверхность образцов обрабатывалась до 13 класса шершавости. В таком случае деформационная составляющая, возникающая за счет деформирования поверхности лунки, составляет 3 - 5% от определяемой адгезионной составляющей [3]. Кроме того, это с наименьшей погрешностью позволяет принять площадь отпечатка за фактическую площадь касания.

Подготовка образцов и гладилок к эксперименту проводилась по адсорбционному методу А.С. Ахматова [4] с предварительной очисткой ацетоном и спиртом.

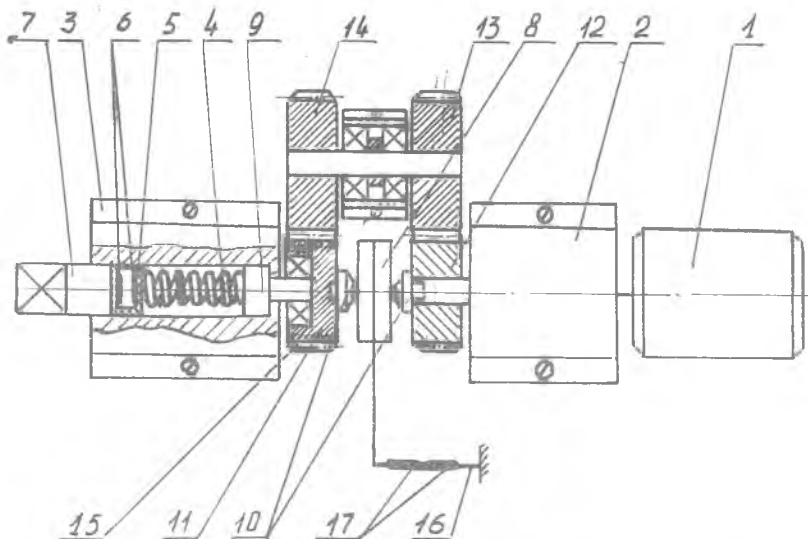
В работе использовались гладилки, изготовленные из природных алмазов с радиусом сферы 1 мм.

Общий коэффициент трения определялся при выглаживании на токарном станке ИБ11П образцов из указанных материалов с помощью трехкомпонентного динамометра [5].

Нагрузки на гладилку, применявшиеся при экспериментах, находились в пределах от 5 до 25 кг.

Было исследовано также влияние смазок на общий коэффициент трения и его адгезионную составляющую. В качестве представителей различных групп смазок испытывались веретенное масло 3, смазка В-32К с поверхностно-активными веществами, солидол, консистентная графитовая смазка АССУ, дисульфид молибдена.

Проведенные исследования показали, что трение при алмазном выглаживании в основном обусловлено адгезией контактирующих тел. Адгезионная составляющая коэффициента трения составляет 50-80% от общего коэффициента (см.рис.2,3,4). Она практически не зависит от нагрузки и может рассматриваться как постоянная величина. Для закаленных сталей $f_{адг} = 0,03 - 0,05$, а для незакаленных сталей $f_{адг} = 0,05 - 0,06$.



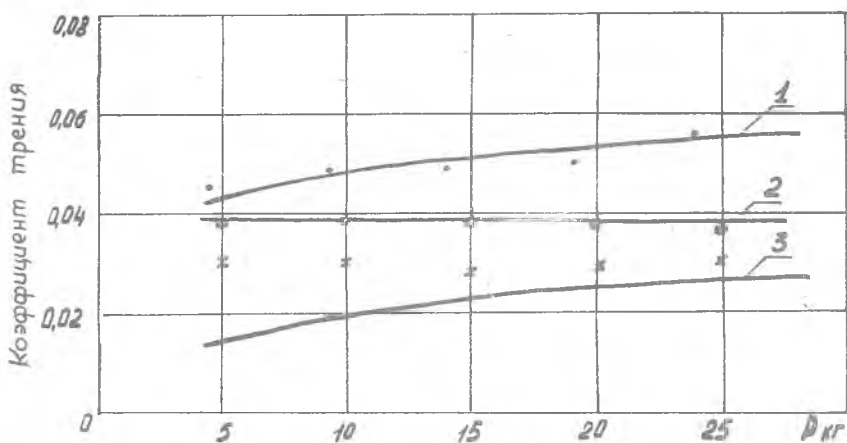
Р и с.1. Схема установки для определения адгезионной составляющей коэффициента трения

Деформационная составляющая $f_{\text{деф}}$ значительно меньше по величине. Она возрастает с увеличением силы выглаживания и глубины внедрения гладилки в обрабатываемую поверхность. Поэтому и общий коэффициент трения с увеличением силы нагружения растет (см. рис.2).

Анализ показывает, что значения адгезионной составляющей коэффициента трения, найденные экспериментально, с точностью до 15–20% совпадают со значениями, найденными путем вычитания расчетной деформационной составляющей из экспериментально определенного общего коэффициента трения.

Результаты эксперимента показали также, что коэффициент трения с увеличением твердости стали уменьшается. Это происходит за счет как деформационной, так и адгезионной составляющих (см. рис.3).

Исследования различных смазок показали, что их влияние на коэффициент трения и его адгезионную составляющую незначительно (см. рис.4). Небольшое снижение коэффициента трения наблюдалось



Р и с. 2. Зависимость коэффициента трения f (1) и его составляющих $f_{адг}$ (2) и $f_{геф}$ (3) от силы выглаживания: материал — сталь ШХ-15, закаленная; $x - f_{адг} = f - f_{геф}$

при использовании дисульфида молибдена. Это связано с тем, что при выглаживании смазка, по-видимому, выдавливается из зоны контакта.

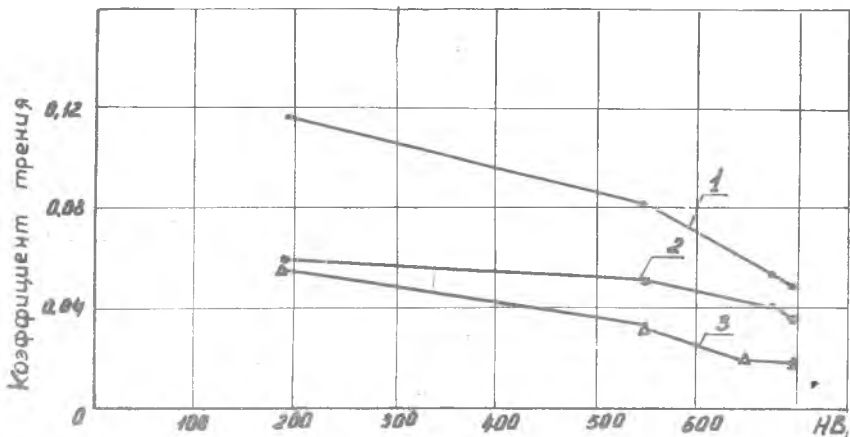
В ы в о д ы

1. Коэффициент трения при выглаживании с увеличением нагрузки возрастает и находится в пределах 0,04–0,07 для закаленных и 0,04 – 0,10 для незакаленных сталей.

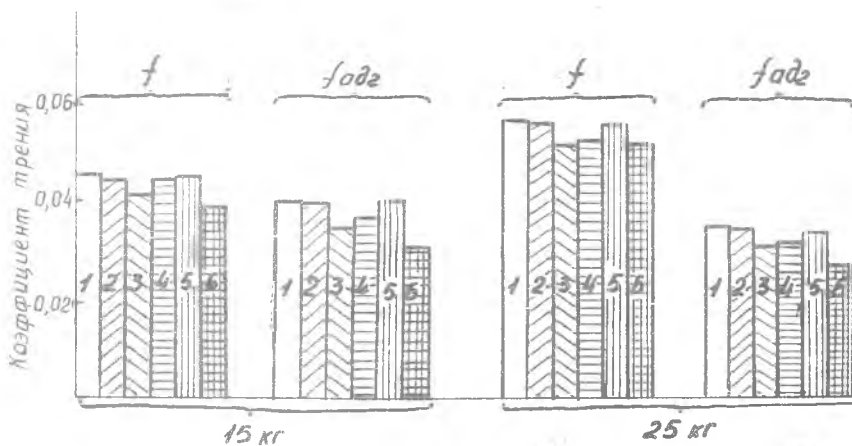
2. Адгезионная составляющая коэффициента трения практически не зависит от нагрузки и составляет 50–80% коэффициента трения.

3. Коэффициент трения и его адгезионная составляющая с повышением твердости стали уменьшаются.

4. Влияние смазок на коэффициент трения и его адгезионную составляющую незначительно.



Р и с. 3. Зависимость коэффициента трения f (1) и его составляющих - $f_{адг}$ (2) и $f_{деф}$ (3) от твердости стали



Р и с. 4. Изменение коэффициента трения f и его адгезионной составляющей $f_{адг}$ в паре алмаз - ст. ШХ15 без смазки и при разных смазках: 1 - без смазки; 2 - масло веретенное; 3 - солидол; 4 - графитовая смазка АССУ; 5 - смазка В-32К; 6 - дисульфид молибдена

Л и т е р а т у р а

1. Крагельский И.В. Трение и износ. М., "Машиностроение", 1968.
2. Михин Н.М. Трение в условиях пластического контакта. М., "Наука", 1968.
3. Крагельский И.В., Михин Н.М., Амосов Н.И. Метод комплексного определения коэффициента трения и его составляющих. Сб.: "Проблема трения и изнашивания", вып.3. Киев, "Техника", 1973.
4. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М., ФМА, 1963.
5. Евсин Е.А., Торбило В.М. Трехкомпонентный динамометр для измерения сил при выглаживании. Сб.: "Повышение надежности и долговесности изделий машиностроения". Пермь, ПИИ, 1972.

УДК 621.787.4

В.М. Торбило, А.С. Донсков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ПРИ АЛМАЗНОМ ВЫГЛАЖИВАНИИ ДЕТАЛЕЙ

Площадь контакта - важный параметр процесса алмазного выглаживания, от которого зависит напряженное состояние в контакте, теплонапряженность процесса и в конечном итоге - качество выглаженной поверхности.

В настоящее время не существует достаточно точных методов расчета площади контакта при обработке поверхности как обкаткой шариком, так и с выглаживанием. Применяющийся некоторыми исследователями приближенный расчет площади контакта по Герцу и более совершенный метод расчета, предложенный Д.Д. Папшевым [1], дают явно заниженные значения по сравнению с опытными (табл.1).

Нами разработан метод расчета площади контакта и ее геометрических очертаний, более точно учитывающий явления, происходящие в контактной зоне, а также метод экспериментального определения площади контакта.

С целью получения исходных предпосылок для построения теоретической модели площади контакта нами было проведено экспериментальное исследование области давления инструмента на поверхность обрабатываемой детали при выглаживании алмазной гладилкой.

Исследования проводились на цилиндрических образцах, изготов-