

## **ВВЕДЕНИЕ**

Показатели надежности, эффективность работы лесотранспортных машин в значительной степени зависят от качества топлива, смазочных материалов и технических жидкостей, а также от грамотного и рационального их применения в эксплуатации.

Повышение мощности двигателя путем применения турбонаддува, увеличения скорости поршня с одновременным снижением металлоемкости двигателя приводят к повышенной тепловой и механической нагруженности деталей. В связи с этим возрастают требования к топливо-смазочным материалам, в частности к моторным и трансмиссионным маслам.

За счет применения качественных (маловязких) сортов масел расход топлива снижается на 10–15%, а ресурс работы двигателя увеличивается на 20–25%.

Техническим работникам, организующим эксплуатацию лесозаготовительной техники, необходимо уделять особое внимание рациональному использованию и экономии эксплуатационных материалов, а также улучшению качества и организации технического обслуживания машин.

# **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЕ О КОНТАКТЕ СОПРИКАСАЮЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Первичной проблемой при изучении трения является контактирование соприкасающихся поверхностей. В понятие «контактирование» входит взаимодействие поверхностей, принадлежащих твердым телам, под действием относительного смещения и сжимающих сил с учетом их отклонения от идеальной формы и влияния среды (газы и смазочные материалы), присутствующей в зоне контакта.

В процессе формообразования деталей на их поверхности появляется шероховатость — ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров.

Шероховатость может быть следом от резца или другого режущего инструмента, копией неровностей форм или штампов, может появляться вследствие вибраций, возникающих при резании, а также в результате других факторов.

Влияние шероховатости на работу деталей машин многообразно. Она оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства поверхностного слоя, следовательно, детали в целом.

К показателям, характеризующим эксплуатационные свойства поверхностного слоя, относятся: контактная жесткость; прочность детали; характер процесса трения между сопрягаемыми поверхностями в паре трения; изменение посадки; антикоррозионная стойкость поверхности; плотность и герметичность соединения; адгезионная способность к гальваническим и лакокрасочным покрытиям; удобство содержания поверхностей в чистоте и т. п.

Для оценки шероховатости используются оптические, щуповые, электронно-микроскопические и другие методы. Промышленное применение приобрел щуповой метод. Суть его заключается в том, что по поверхности скользит игла с радиусом закругления 2...10 мкм, значительно меньшим, чем радиус закругления вершин микронеровностей. Колебания иглы в вертикальном направлении преобразуются в электрические сигналы, поступающие в микропроцессор, который выдает в цифровом виде основные характеристики профилля. В России профилографы серийно выпускает завод «Калибр», а за рубежом наиболее распространены приборы фирмы «Хьюлет-Паккард».

В последние годы разработаны методы получения профилограмм на растровом, электронном и сканирующем (туннельном) микроскопах. Разрешение в этом случае достигает нанометров. Удается регистрировать шероховатость молекулярных размеров (субмикрошероховатость), а также микродефекты кристаллической структуры.

## **1.1. Параметры шероховатости**

Согласно ГОСТ 215142-82 *шероховатостью поверхности* называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины.

*Базовая длина*  $l$  — длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности. *Базовая линия* (поверхность) — линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля поверхности и служащая для оценки геометрических параметров шероховатости.

Базой для отсчета отклонений профиля является *средняя линия профиля*  $m-m$  — линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля до этой линии минимально.

Рассмотрим основные характеристики микрогоометрии более подробно. В соответствии с действующим стандартом установлены следующие параметры шероховатости (рис. 1.1).

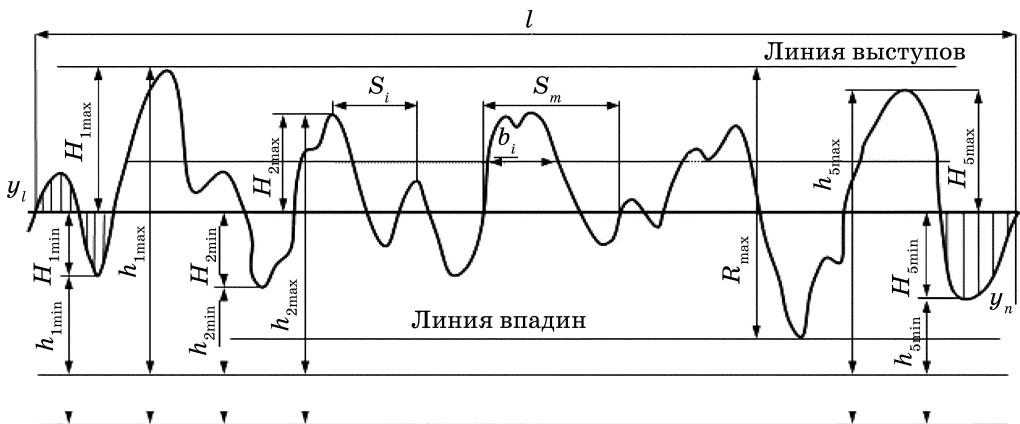


Рис. 1.1

Профилограмма поверхности

1. *Среднее арифметическое отклонение профиля*  $R_a$  — это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений в пределах базовой длины [1].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(\chi)| d\chi, \quad (1.1)$$

где  $l$  — базовая длина, мм;  $y$  — отклонение профиля (расстояние между любой точкой профиля и базовой линией  $m-m$ ), мм.

2. *Высота неровностей профиля по десяти точкам*  $R_z$  — сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

$$R_z = \frac{\left( \sum_{i=1}^5 H_{i\max} + \sum_{i=1}^5 H_{i\min} \right)}{5}, \quad (1.2)$$

где  $H_{i\max}$  — отклонение пяти наибольших максимумов профиля, мм;  $H_{i\min}$  — отклонение пяти наибольших минимумов профиля, мм.

3. Наибольшая высота неровностей профиля  $R_{\max}$  — расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

4. Средний шаг неровностей профиля  $S_m$  — среднее значение шагов местных выступов профиля в пределах базовой длины.

5. Средний шаг местных выступов  $S$  — среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины.

6. Относительная опорная длина профиля  $t_p$  — отношение опорной длины профиля к базовой длине.

$$t_p = \left( \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \right) \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

где  $b_i$  — длина отрезков, отсекаемых на уровне, мм.

Кроме вышеперечисленных количественных параметров, стандартом установлены два качественных параметра.

*Способ обработки.* Указывается в том случае, когда шероховатость поверхности следует получить только определенным способом.

*Тип направления неровностей.* Указывается только в ответственных случаях, если это необходимо по условиям работы детали или сопряжения.

Стандартом предусмотрено 14 классов шероховатости. В таблице 1.1 для примера приведены данные шероховатости наиболее ответственных деталей двигателя внутреннего сгорания автомобилей.

Таблица 1.1  
Характеристики шероховатости

Деталь	Класс	$R_a$ , мкм	$r$ , мкм	$R_{\max}$ , мкм
Гильза цилиндра	9	0,04	100	1,2
Коленвал (шайки)	9	0,05	500	1,6
Поршневое кольцо	9	0,02	270	0,48

## 1.2. Контакт поверхностей тел

Для осуществления процесса трения твердых тел необходимым условием является контакт их поверхностей или взаимодействие этих тел. Характер явлений, происходящих при контакте поверхностей твердых тел, определяется физико-механическими, химическими свойствами и микрографией этих поверхностей.

Взаимный контакт деталей происходит по вершинам и выступам шероховатости, которая деформируется под действием внешней нагрузки.

Возможны следующие виды деформации выступов: упругие, упругопластические без упрочнения, упругопластические с упрочнением.

При изучении контакта поверхностей И. В. Крагельский [2] выделил *номинальную, контурную и фактическую площади контакта*.

*Номинальная площадь контакта*  $A_a$  соответствует номинальным сопрягаемым размерам деталей. Это справедливо для деталей с идеально гладкой поверхностью.

Однако контакт твердых тел дискретен, и пятна фактического контакта  $A_r$  неравномерно распределены по поверхности. Это связано с шероховатостью контактирующих поверхностей. Площадь фактического контакта поверхностей состоит из множества дискретных малых площадок, расположенных на различных высотах пятна касания в местах наиболее полного сближения поверхностей. Между площадками касания тел имеются соединенные между собой или закрытые микрополости, заполненные воздухом или другой газовой средой, смазочным материалом, продуктами изнашивания и т. п. Она зависит от микро- и макрорельефа поверхностей, волнистости, физико-механических свойств поверхностного слоя, а также от нагрузки.

Площадь фактического контакта составляет от 0,0001 до 0,1 номинальной площади касания. Даже с учетом высоких нагрузок площадь фактического контакта не превышает 40% номинальной площади.

Фактическая площадь контакта возрастает при увеличении нагрузки, радиуса закругления вершин ее неровностей, уменьшении шероховатости поверхности; кроме того, она несколько увеличивается при длительном действии нагрузки. С увеличением упругих характеристик, предела текучести материала и высоты неровностей поверхностей фактическая площадь контакта уменьшается.

При взаимодействии двух разных материалов физические свойства более мягкого тела и геометрия поверхности более твердого тела определяют фактический контакт.

При наличии между поверхностями трения тонкой пленки меди площадь фактического контакта увеличивается в 10...100 раз, при этом снижается износ труящихся поверхностей.

Вследствие волнистости контактирующих поверхностей фактические пятна контакта будут возникать преимущественно на вершинах волн. Каждая такая область, ограниченная контуром, в пределах которого существуют фактические пятна контакта, представляет собой элементарную контурную площадку. Сумма элементарных площадок представляет собой контурную площадь контакта  $A_k$ .

От размера пятен контакта зависят размер частиц износа, время взаимодействия на единичном контакте и температура, развивающаяся при трении. Среднее расстояние между пятнами фактического контакта влияет на частоту взаимодействия пятен при трении [1].

Схема контакта поверхностей двух тел показана на рисунке 2.2. Давления, возникающие в силовом контакте двух тел, рассчитываются по следующим зависимостям:

номинальное давление:

$$P_h = P_a = \frac{N}{A_a}, \quad (1.4)$$

где  $N$  — нормальное давление, Н;

контурное давление:

$$P_k = \frac{N}{A_k}; \quad (1.5)$$

фактическое давление:

$$P_r = \frac{N}{A_r}. \quad (1.6)$$

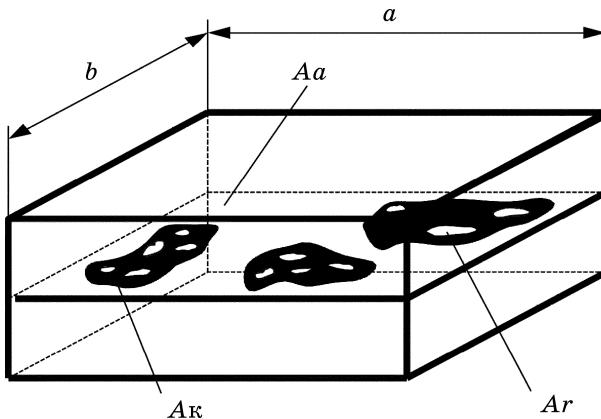


Рис. 1.2

Схема контакта поверхностей тел:

$A_a$  — номинальная площадь контакта ( $A_a = a \cdot b$ );  $A_k$  — контурная площадь ( $A_k = 5\dots15\%$  от  $A_a$ );  $A_r$  — фактическая площадь единичного пятна контакта ( $A_r = 0,0001\dots0,1\%$  от  $A_a$ ).

От размера пятен контакта зависят размер частиц износа, время взаимодействия на единичном контакте и температура, развивающаяся при трении. Среднее расстояние между пятнами фактического контакта влияет на частоту взаимодействия пятен при трении.

Фактическое давление  $P_r$  на контакте очень велико. Это часто приводит к пластической деформации выступов. В ряде случаев в зоне контакта возникает ползучесть, вследствие чего характеристики контакта во времени могут изменяться при неизменности прилагаемой внешней нагрузки. Эти свойства контакта особенно сильно проявляются с повышением температуры в зоне контакта.

### 1.3. Остаточные напряжения

В результате действия на металл внешних нагрузок положение атомов в кристаллической решетке выходит за минимальный уровень кинетической энергии, нарушая структуру решетки и приводя к определенному напряженному состоянию материала.

После устранения нагрузки только часть атомов занимает исходное положение, остальные же будут смешены, из-за чего возникают остаточные напряжения.

**Остаточными** называют напряжения, существующие в теле при отсутствии внешних силовых воздействий на него. Наличие этих напряжений обусловлено также неравномерностью температуры по объему тела, образованием во время нагрева или охлаждения новых структур с иной плотностью, наличием включений и др.

В зависимости от размера области, в которой возникают напряжения, различают остаточные напряжения первого, второго и третьего рода.

Остаточные напряжения первого рода — микронапряжения. Эти напряжения уравновешиваются в границах областей, размеры которых соизмеримы с размерами тела. В плоскостях параллельных слоях напряжения первого рода постоянны, они изменяются в направлении, перпендикулярном к поверхности.

Напряжения второго рода, называемые микронапряжениями, занимают области, соизмеримые с объемом отдельных кристаллитов или групп кристаллитов. Они существуют в плоскостях скольжения и среди блоков мозаичной структуры.

Остаточные напряжения третьего рода изменяются в субмикроскопических областях. Они уравновешиваются в небольших группах атомов, лежащих на границах блоков мозаичной структуры в плоскостях скольжения и т. п.

Внутренние напряжения, как правило, являются следствием определенного технологического процесса, поэтому различают литейные, сварочные, закалочные, шлифовочные и другие остаточные напряжения.

Остаточные напряжения, которые сохраняются в детали длительное время, алгебраически складываясь с рабочими (внешними) напряжениями, могут их усиливать или ослаблять.

Остаточные напряжения, возникающие в поверхностных слоях при механической обработке, могут относиться к напряжениям как I, так и II рода. Типичные эпюры остаточных напряжений I рода в поверхностном слое приведены на рисунке 1.3.

Наибольшие напряжения у поверхности могут быть как сжимающими, так и растягивающими. Особенно опасны растягивающие напряжения, которые приводят к понижению усталостной прочности и износстойкости (для некоторых видов изнашивания).

Характер эпюры остаточных напряжений может быть таким, что максимальные напряжения возникают непосредственно у поверхностного слоя (рис. 1.3а) на некоторой глубине, причем у поверхности они равны нулю (рис. 1.3б) или имеют вид, представленный на рисунке 1.3в.

Характер эпюры остаточных напряжений и их величина в сильной степени зависят от условий и режимов резания при механической обработке и от методов поверхностного упрочнения. Разнообразие эпюр объясняется одновременным действием различных факторов и в первую очередь сочетанием силовых и температурных воздействий [2].

Пластическая деформация металла увеличивает его удельный объем, поэтому поверхностные слои, пластически деформированные при обработке резанием или процессах упрочнения, стремясь увеличиться, встречают сопротивление недеформированного слоя металла. В результате в наружном слое появля-

ются напряжения сжатия, а в остальной части — напряжения растяжения. Это имеет место в том случае, когда поверхностный слой не находится в состоянии ползучести, вызванном температурными воздействиями. При разогреве поверхностного слоя выше температуры, соответствующей состоянию ползучести металла, внутренние напряжения в нем не возникают. При охлаждении в наружном слое возникают растягивающие напряжения, а в нижележащих слоях — напряжения сжатия (см. рис. 1.3а справа), т. е. картина остаточных напряжений противоположна той, которая имеет место при отсутствии влияния температуры.

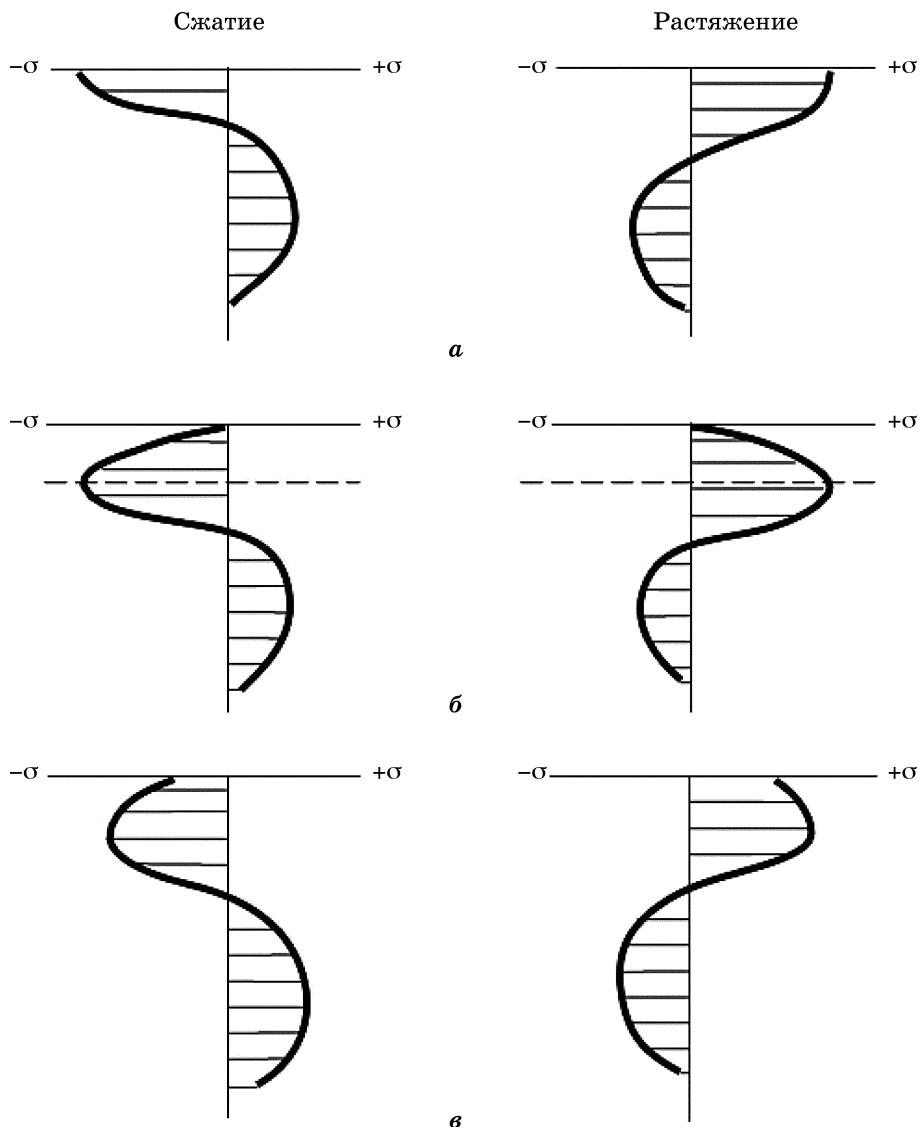


Рис. 1.3

Эпюры остаточных напряжений

Так как оба фактора — температурный (состояние ползучести) и силовой (пластическая деформация) — действуют одновременно, то знак остаточного напряжения в наружном слое зависит от того, какой из этих факторов преобладает.

Исследования показали, что в образовании остаточных напряжений при шлифовании доминирующую роль играет тепловой фактор. При фрезеровании тепловой фактор уже не играет такой роли, особенно при низких и средних скоростях резания.

Следует отметить, что напряженное состояние зависит от формы и размеров детали, режимов обработки и физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Большое влияние на характер эпюры остаточных напряжений оказывают методы поверхностного упрочнения и защитные покрытия. Установлено, что в поверхностных слоях деталей после закалки ТВЧ, поверхностного наклепа, азотирования и цементации действуют значительные сжимающие напряжения с максимумом у поверхности, а детали после такой обработки обладают повышенной усталостной прочностью. После нанесения большинства гальванических покрытий или при обезуглероживании поверхностей стальных деталей в поверхностных слоях возникают остаточные напряжения растяжения (см. рис. 1.3а справа).

## 1.4. Структурные и фазовые превращения

Пластические деформации вызывают изменения микроструктуры. Беспорядочно расположенные в структуре металла кристаллические зерна под влиянием пластической деформации приобретают однородную ориентацию. Более глубокие изменения возможны при обработке металлов, подверженных закалке. Высокий поверхностный нагрев и быстрое охлаждение обусловливают структурные и фазовые превращения. Например, в процессе шлифования закаленной и отпущеной стали образуется поверхностный слой аустенитно-мартенситной структуры из вторичного закаленного металла. Слой с измененной структурой при нормальных условиях шлифования имеет почти равномерную структуру. Аналогичные превращения наблюдаются и при точении.

Местные фазовые и структурные превращения поверхностного слоя шлифуемой детали называются шлифовочными прижогами. Причина их образования — интенсивное тепловыделение на небольшом участке поверхностного слоя. Также прижоги могут возникать из-за вибрации шлифовального круга, неправильной установки детали на центрах и т. п. В области прижогов образуются остаточные напряжения. Прижоги, концентрируя напряжения, снижают сопротивление усталости и износстойкость. Фазовые и структурные превращения при обработке инструментом возможны только для металлов с метастабильной структурой.

При холодной пластической деформации металла повышаются его твердость и предел прочности. Это явление получило название «упрочнение металла и наклеп».

## 1.5. Строение поверхностного слоя

Качество поверхности деталей характеризуется микро- и макропараметрами поверхности, волнистостью, структурой, упрочнением и остаточными напряжениями. Рассматривая строение поверхностного слоя, следует иметь в виду, что оно резко отличается от основного материала, так как несет на себе следы технологического процесса обработки, в результате которого, как правило, образуется дефектный слой с искаженной структурой. При эксплуатации изделия постоянно идет процесс изменения свойств поверхности из-за силовых, температурных, окислительных и других воздействий.

Так, при обработке металлов резанием возникновение в поверхностном слое новых образований происходит в результате действия двух противоположных процессов — упрочнения (наклепа) в результате воздействия на поверхность усилий резания и разупрочнения (снятия наклена) в результате влияния температуры резания. В разных условиях превалирует влияние то одного, то другого фактора. При наклете происходит изменение свойств металла, повышаются сопротивление деформации и твердость, понижается пластичность. Степень наклена, а также толщина наклеченного слоя зависят от режима резания. Глубину наклеченного слоя можно определить по изменению микротвердости, которая в поверхностных слоях всегда выше. О степени наклена можно судить по отношению твердости поверхностных слоев и исходного материала  $H_{\max}/H_0$  (рис. 1.4а).

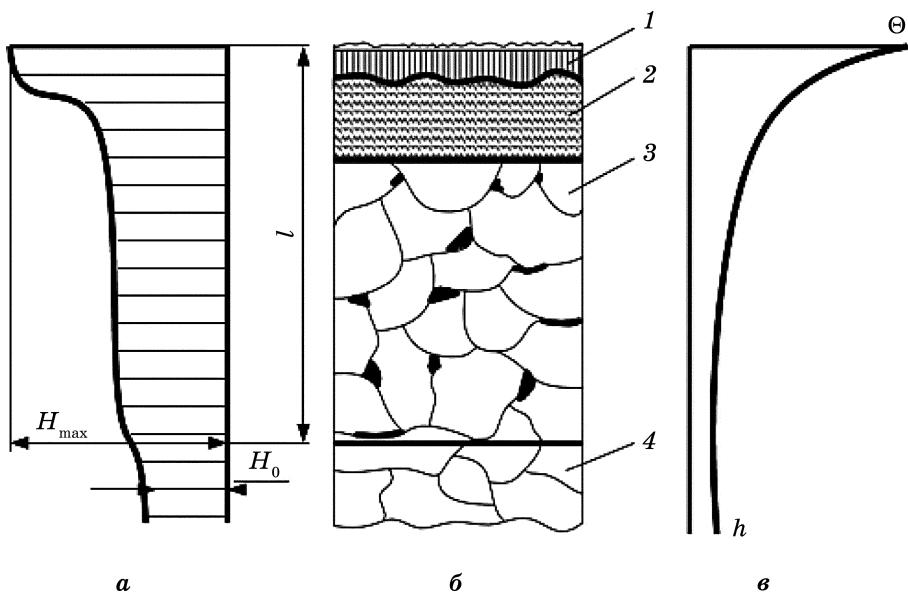


Рис. 1.4

*Структура поверхностного слоя:*

а — изменение твердости по глубине слоя; б — структура поверхностного слоя; в — изменение температуры по глубине при резании и трении.

Изменения в поверхностном слое происходят не только вследствие процессов упрочнения и разупрочнения, но и из-за структурных превращений и окислительных процессов, которые могут происходить в зоне температурных влияний по глубине  $h$  (см. рис. 1.4в).

Важным фактором, влияющим на структуру поверхностного слоя, являются окислительные процессы, которые быстро развиваются в новых поверхностях, появившихся в процессе обработки. У большинства металлов на поверхностях образуются тонкие окисные пленки. Так как пленка находится в напряженном состоянии, то при ее росте возможны разрывы и она приобретает пористое строение. При трении поверхностей деталей машин тонкие слои подвергаются в зоне контакта многократным воздействиям нормальных и тангенциальных напряжений, в сочетании с температурными влияниями и действием среды приобретают рельеф, характерный для данных условий эксплуатации. Поэтому следует различать принципиально неодинаковые виды рельефа поверхности — технологические и эксплуатационные [2].

Поверхностный слой неоднороден по строению. В общем виде строение поверхностного слоя сплава состоит из следующих характерных участков (см. рис. 1.4).

Границчный слой 1 (слой повышенной твердости) состоит из адсорбированной пленки газов, влаги и смазочно-охлаждающей жидкости, которую можно удалить лишь нагревом детали в вакууме.

Слой 2 — деформированный (наклепанный), сильно раздробленный металл с искаженной решеткой кристаллов и с обезуглероженными под действием высоких температур при шлифовании участками. В этом слое находятся окислы и нитриды, пустоты, а также надрывы и трещины.

Слой 3 состоит из зерен, сильно деформированных под действием давления (шлифовального круга) и тангенциальных сил при шлифовании. Слой содержит структурно свободный цементит, образовавшийся под действием высоких температур. Имеет увеличенное число дислокаций и вакансии.

Слой 4 — металл с исходной структурой.

При более тонкой обработке (абразивными брусками, лентами и т. п.) слой 1 не изменяется по толщине, а слои 2 и 3 уменьшаются в соответствии с меньшими давлением и температурой поверхности при обработке.

Наклеп металла под выступами неровностей обычно больше, чем под впадинами. Поверхностный слой в зависимости от указанных выше обстоятельств имеет толщину при точении 0,25...2,0 мм, при шлифовании — 12...75 мкм, при тонком шлифовании — 2...25 мкм, при полировании — 2 мкм.

Следует иметь в виду, что шлифовочные прижоги могут достигать глубины 5 мм.

Поверхностный слой может находиться в напряженном состоянии. Осточные напряжения в нем при механической обработке могут достигать 560...1000 МПа и быть как сжимающими, так и растягивающими (см. рис. 1.3).

Система дефектов — слабых мест поверхности детали — является основной, на которой, начиная с самых малых деформаций, развиваются микротрещины. Вследствие наличия дефектов на поверхности естественно ожидать, что

разрушение поверхности при трении будет происходить именно в этих местах, т. е. процесс изнашивания будет носить избирательный характер. По мере изнашивания поверхности слабые места будут возникать вновь.

Стремление получить поверхностный слой с наилучшими эксплуатационными характеристиками привело к применению различных технологических процессов финишной обработки, таких как шлифование, суперфиниширование, полирование, абразивная доводка и др. При этом на строение поверхностного слоя и его геометрические и физические параметры оказывает влияние не только вид технологического процесса окончательной обработки, но и режимы обработки, обусловливающие сложные процессы формирования данного рельефа.

## 1.6. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

*Поверхностный слой и силы, действующие в его элементах.*

В обычных условиях, например после механической обработки, поверхность детали покрыта слоем окисных или гидроокисных пленок, молекулами веществ различной природы, адсорбированных на ней.

Поверхностный слой металла обладает большой активностью, вследствие чего действующие силы адсорбируют на поверхности твердого тела (металла) пленки веществ различной природы.

Силы связи в веществах (металлах) могут быть разделены на пять видов: ионная, ковалентная, металлическая, ван-дер-ваальсова, или молекулярная, водородная, или резонансная, связь (рис. 1.5).

Ионная связь является химической; в этом случае атомы вещества либо теряют один электрон, либо приобретают его, так что их внешняя электронная оболочка становится заполненной. При этом атомы превращаются в ионы, т. е. приобретают положительный или отрицательный заряд в зависимости от того, теряет или приобретает электрон данный атом. Атомы с противоположными зарядами взаимно притягиваются. Пример ионной связи атомов в хлористом натрии приведен на рисунке 1.5а.

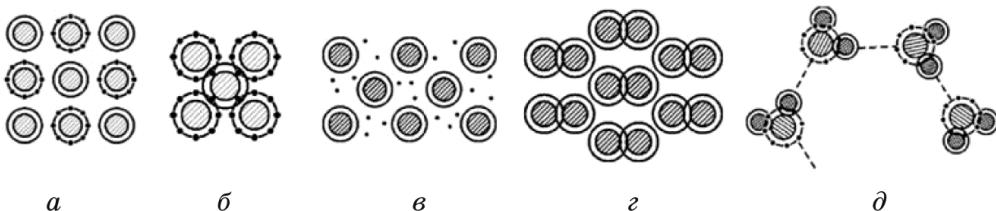


Рис. 1.5

*Связи в твердом теле:*

а — ионная; б — ковалентная; в — металлическая; г — ван-дер-ваальсова; д — водородная.

Ковалентная связь также является химической. Она возникает в результате того, что электроны, принадлежащие двум разным атомам (группам), становятся общими для обоих атомов (групп). Атомы вступают в ковалентную связь. Примером ковалентной связи может служить связь атомов в алмазе (см. рис. 1.5б).

При металлической связи все атомы теряют свои валентные электроны и владеют ими сообща, т. е. в металле наблюдается некоторое подобие облака электронов, оторвавшихся от своих атомов. Наличие «свободных» электронов определяет ряд свойств металла и, в частности, их теплопроводность и электропроводность. На рисунке 1.5 $\varepsilon$  схематично показана металлическая связь в натрии.

Ван-дер-ваальсова, или молекулярная, связь осуществляется силами, обычно называемыми ван-дер-ваальсовыми. Это типичная физическая связь. Силы связи возникают здесь в результате некоторого смещения центров электрического заряда электрически нейтральных атомов и молекул. Такое смещение («разбалансировка») вызывает слабое притяжение, которое и связывает атомы или молекулы друг с другом. На рисунке 1.5 $\varepsilon$  схематично показана ван-дер-ваальсова связь между атомами твердого водорода.

Водородная связь относится к группе химических связей. Однако если обычные типы химических связей — ионная и ковалентная — имеют энергию связи 20...200 ккал/моль, то водородная связь имеет значительно меньшую энергию — от 5 до 8 ккал/моль. Водородная связь осуществляется путем взаимодействия ковалентно связанного атома водорода с каким-либо атомом, относящимся к той же или другой молекуле и обладающим неподеленной парой электронов. Широко распространенным веществом, имеющим водородную связь, является вода. На рисунке 1.5 $\delta$  схематично показана водородная связь на примере льда [3].

Межатомные (или межмолекулярные) силы сцепления, связывающие между собой частицы в кристалле, очень трудно измерить экспериментально, поскольку основные механические характеристики, в том числе пределы упругости и прочности, зависят прежде всего от наличия дефектов в структуре. Очевидно, что тот или иной вид сил связи между частицами вещества (в кристалле) оказывает определенное влияние на величину и характер поверхностных сил.

Вещества, имеющие один какой-либо вид связи, встречаются довольно редко. Как правило, в большинстве случаев наблюдается сочетание различных видов связей, но превалирующий вид связи предопределяет те или иные физические, химические и механические свойства вещества.

## 1.7. Адгезия

Силы связи, действующие в веществах, приводят к адгезии. *Адгезия* (от лат. *adhaesio* — прилипание) — сцепление поверхностей разнородных твердых и (или) жидких тел. Адгезия обусловлена межмолекулярным взаимодействием в поверхностном слое и характеризуется удельной работой, необходимой для разделения поверхностей. Предельный случай адгезии — химическое взаимодействие на поверхности раздела с образованием слоя поверхностного химического соединения.

Частным случаем адгезии является когезия. *Когезия* (от лат. *cohaesus* — связанный, сцепленный) — сцепление молекул (атомов, ионов) физического тела под действием сил притяжения. Это силы межмолекулярного взаимодействия водородной и (или) химической связи.

При соприкосновении двух тел, например двух металлических образцов, между соприкасающимися поверхностями возникает адгезия. Однако силы связи между образцами при попытке оторвать один от другого оказываются, как правило, небольшими, даже при наличии однородных материалов.

Кроме того, значительная по величине пластическая деформация металлических образцов, вызванная их сдавливанием, также может привести к их полному контакту, а следовательно, к высокому адгезионному соединению. Высокую адгезию можно получить также нанесением жидкости на поверхность твердого тела в условиях полного смачивания. В этом случае после затвердевания образуется предельно прочный адгезионный шов. Примером может служить пайка и горячее лужение металлических поверхностей, образование полимерных покрытий из растворов или расплавов, образование kleевых швов, лакокрасочных покрытий и др.

Таким образом, адгезия является результатом различного рода взаимодействий, т. е. действия сил связи в веществах. Выше были рассмотрены существующие силы связи. Одни из них обладают большой величиной и, следовательно, способны образовать адгезионный шов высокой прочности, другие имеют малое значение, и адгезионный шов будет слабым. Прочность адгезионного шва зависит не только от сил связи соединяемых веществ, но и от различных факторов, например присутствия антиадгезионных покрытий (твердых и других смазок).

## 1.8. Поверхностная энергия

Обработанная поверхность в связи с особенностями ее образования отличается большой неоднородностью как по химической активности, так и по физико-механическим свойствам. Кроме того, в поверхностном слое образуются дефекты (слабые места поверхности детали), которые являются основой развития микротрещин. Разрушение поверхности при трении начинается прежде всего именно в местах дефектов.

Поверхностный слой металла обладает большой активностью. Это обусловлено тем, что внутри твердого тела каждый атом кристалла окружен другими атомами и прочно связан с ними по всем направлениям, а также тем, что у

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)