**ИЗНАШИВАНИЕ ТРУЩИХСЯ ТЕЛ**

**Основные понятия о механизме изнашивания пар трения.**

*Пара трения* – два узла машины, контактирующие поверхностями в условиях эксплуатации или испытаний (зубья ковша с землей – не пара трения).

Трение твердых тел или их контакт с движущейся газообразной или жидкой средой сопровождается изменением их линейных размеров. Изменение размеров может происходить как вследствие отделения с поверхностей небольших объемов материала, так и в результате пластического деформирования наиболее нагруженных выступов поверхности трения.

*Изнашивание* – процесс разрушения поверхностей твердого тела при механическом воздействии на него другого тела или среды, проявляющееся в изменении его размеров или формы (массы).

*Износ* – результат изнашивания, выраженный в единицах длины, объема, массы.

*Интенсивность изнашивания (Ih)* – отношение износа детали (или испытуемого образца) к пути трения или объему выполненной работы (при постоянной силе трения и скорости скольжения):

линейная – ;

объемная – ;

массовая – ,

энергетическая – объем изношенного материала, приходящийся на единицу работы силы трения: , *F* – сила трения.

При определении интенсивности изнашивания может оказаться более целесообразным относить износ к другому показателю, общему для всех узлов и агрегатов данной машины. Так, для автомобилей в качестве такого показателя может быть принято число километров пробега, а для тракторов – число гектаров пахоты.

*Скорость изнашивания* – отношение износа детали ко времени, в течение которого происходило изнашивание.

линейная – ;

объемная – ;

массовая – .

*Износостойкость*(*εи*) характеризует сопротивление материала изнашиванию при заданных режимах трения, оценивают величиной, обратной интенсивности или скорости изнашивания.

Износостойкость реальных узлов трения может принимать значения в интервале 103–1013. (Различают десять классов износостойкости от 3-го до 12-го, каждый из которых отличается по величине износостойкости от следующего в 10 раз. Номер класса соответствует минимальному показателю степени при *εи*).

При изучении сопротивления материалов абразивному изнашиванию чаще всего в лабораторных испытаниях используют понятие *относительной износостойкости:*

,

Δh0 – высота изношенного слоя эталона, Δh – высота изношенного слоя исследуемого материала.

*Предельным износом* детали (узла) называют износ, при котором дальнейшая эксплуатация становится невозможной, вследствие выхода детали (узла) из строя, неэкономичной или недопустимой, ввиду снижения надежности механизма.

**Классификации видов изнашивания**

Согласно ГОСТ 27674–88, все виды изнашивания можно разделить на три группы: механическое, коррозионно-механическое и электроэрозионное.

*Механическое* – разрушение поверхностного слоя твердого тела за счет его многократного деформирования. Механическое изнашивание включает виды: абразивное, усталостное, кавитационное, адгезионное, эрозионное.

К*оррозионно-механическое* – основной причиной являются химические процессы, инициируемые импульсным тепловым и механическим воздействием на материал. Коррозионно-механическое изнашивание включает виды: окислительное, водородное, фреттинг-коррозия.

*Электроэрозионное* – эрозионное изнашивание поверхности в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока.

**Характеристика видов изнашивания**

**Абразивное изнашивание**

*Абразивное изнашивание* – механическое изнашивание материала детали в результате режущего или царапающего действия на него абразивных частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии, вызывающее изменение линейных размеров.

Абразивные частицы чаще всего бывают минерального происхождения, оксидами, продуктами износа или наклепанными металлическими частицами, имеют различную форму, часто острые грани или ребра.

*Основной механизм их воздействия* – резание или царапание.

Интенсивность абразивного изнашивания прямо пропорциональна твердости абразивных частиц и обратно пропорциональна твердости поверхности трения. Материалы высокой твердости обладают повышенной абразивной износостойкостью.

Абразивное изнашивание – один из наиболее распространенных видов изнашивания. Основной источник попадания абразивных частиц в сопряжения машин – окружающая среда.

**Изнашивание о закрепленный абразив**

Трение о закрепленный абразив (монолит) сопровождается изнашиванием металла и разрушением самого абразива путем дробления и скола частиц (рис.). Это обуславливает обновление изнашивающей способности абразива по отношению к металлу.

Если металл будет более твердым и прочным – разрушаться будет абразив, а наоборот – будет происходить резание и деформирование металла.

Fn

v

1

2

Рис. Схема изнашивания индентора 1 об абразив 2

Основной признак такого абразивного изнашивания – наличие на металлической поверхности хорошо различимых рисок (царапин) и углублений различной протяженности, но всегда ориентированных в направлении движения металла или абразива.

Абразивное изнашивание может перерасти частично в тепловое. При этих условиях применяют охлаждающие жидкости.

Изнашивание полимеров происходит по двум механизмам: микрорезание и усталость поверхностного слоя, повышение кристалличности и уменьшение эластичности приводит к снижению износостойкости материала.

**Изнашивание в абразивной прослойке**

Изнашивание незакрепленными абразивными частицами обычно наступает при динамическом контактировании металлических поверхностей 1 и 2, когда между ними попадают абразивные или иные твердые частицы 3 (рис. ).

v

1

3

v

2

h

Рис. Изнашивание металлических поверхностей в абразивной прослойке

При такой схеме твердые частицы присутствуют в виде абразивной прослойки, препятствующей полному сближению контактирующих поверхностей.

В абразивной прослойке твердые частицы могут ударяться своими гранями о металлическую поверхность, скользить или вращаться, вызывая на ней углубления, язвины или царапины.

Изнашивание в абразивной прослойке происходит в узлах и сочленениях, чаще всего в виде вал-втулка, в различных машинах и механизмах.

Наличие в абразивной прослойке жидкой среды (масла, воды и др.) улучшает условия взаимодействия элементов трибосопряжения за счет охлаждающего и смазывающего действия жидкости. Эта среда также способствует выносу абразива из зазора. В этих случаях на изнашиваемой поверхности для улучшения охлаждения предусматривают карманы, куда попадают абразивные частицы, и в дальнейшем они не участвуют в процессе изнашивания, а затем удаляются жидкостью из зоны контакта.

**Изнашивание в абразивной массе**

При движении деталей машин в массе незакрепленных абразивных частиц силовое воздействие на контакте отдельно взятой частицы и детали будет аналогично воздействию, наблюдаемому в рассмотренных ранее подвидах абразивного изнашивания (рис.).

v

Fn

1

2

ω

Рис. Схема изнашивания образца 1 в абразивной массе 2

Абразивная частица будет совершать по поверхности детали перемещения, сопровождаемые микрорезанием или пластическим деформированием детали.

Условия изнашивания при трении в абразивной массе по внешнему силовому воздействию на контакте существенно отличаются от условий при других подвидах абразивного изнашивания: абразивная масса податлива; сопротивление перемещению деталей в ней гораздо ниже, чем при других подвидах абразивного изнашивания; абразивные частицы будут оттесняться деталью с пути перемещения; усилие на контакте будет определяться скоростью движения детали в абразивной массе, плотностью этой массы, размером и твердостью ее частиц, а также наличием жидкой среды в массе абразива.

Интенсивность изнашивания поверхности при трении в абразивной массе значительно ниже, чем, например, при трении по закрепленному абразиву.

Этому подвиду абразивного изнашивания подвергаются на практике детали сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин, растворо- и бетономешалок в строительстве, рабочие органы горных машин и т.д.

**Изнашивание при ударе по абразиву**

Известны многочисленные примеры изнашивания деталей машин, механизмов и инструментов, вызванного ударом по закрепленному (монолитному) или незакрепленному абразиву в виде свободно расположенных на твердой поверхности частиц или глыб породы (рис. ).

Fn

v

1

2

Рис. Схема воздействия образца 1 при ударе по абразиву (монолиту) 2

Прямое внедрение твердой частицы в образец под действием удара создает на нем углубление в виде лунки, приближенно копирующее геометрию частицы.

Лунки образуются в результате локальной пластической деформации металла.

Этому разрушению подвергаются детали буровых долот, камне- и рудомелющих агрегатов, породоразрушающий инструмент пневмо- и гидроударников, детали гусеничного хода машин и др.

**Газоабразивное изнашивание**

*Газообразивное изнашивание* – отделение с поверхности трения материала или его пластическое деформирование под воздействием твердых частиц, увлекаемых потоком газа.

Газоабразивному изнашиванию присуще изнашивание свободными абразивными частицами, увлекаемыми воздушным (газовым) потоком, гравитационными силами или центробежной силой в центробежных ускорителях абразивных частиц (рис. ).

v

α

1

2

Рис. Схема воздействия газообразивного потока 1 на изнашиваемую поверхность 2

Оно наблюдается на деталях пескоструйных аппаратов, струйных мельниц, компрессорах, промышленных вентиляторах, нагнетателях, деталях, эксплуатирующихся в запыленном потоке и т.д. Детали пневмотранспорта, газовых турбин, общивка летательных аппаратов, лопатки вентилятора.

Наиболее сильное влияние на формирование процесса газоабразивного изнашивания и его интенсивность оказывают энергетические факторы (скорость и масса частицы), а также угол атаки α.

При малых углах атаки (α→0°) наблюдается удар частиц со скольжением и в этом случае интенсивность изнашивания многих материалов близка к абразивному изнашиванию при скольжении по монолиту.

При углах атаки, близких к 90°, механизм абразивного изнашивания изменяется.

На многих деталях, подверженных газоабразивному изнашиванию, образуется волнистая поверхность по направлению, перпендикулярному к вектору скорости потока твердых частиц.

**Гидроабразивное изнашивание**

*Гидроабразивное изнашивание* – это отделение с поверхности трения материала или его пластическое деформирование под воздействием твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости.

Интенсивность гидроабразивного изнашивания зависит скорости, массы частиц, угла атаки и др. с учетом разупрочняющего действия жидкой среды на поверхностный слой детали.

Этому виду изнашивания подвергаются трубопроводы, детали буровых установок, гидротурбин и многочисленного горнообогатительного оборудования (гидроциклонов, флотационных машин, сепараторов, пульпопроводов и др.).

Силовая схема взаимодействия частиц и среды с поверхностью детали такая же, как и при газоабразивном изнашивании, т.е. решающую роль в этом процессе играет угол атаки. Так же, как и при газоабразивном изнашивании на поверхности изнашиваемой детали образуются своеобразные волны износа, а в некоторых случаях даже более явно выраженные. Направление волн соответствует направлению движения потока, в том числе и его завихрений. Присутствие жидкости в зоне соударения абразивных частиц с поверхностью детали активизирует этот процесс за счет вымывания, очищения контакта от мелких абразивных частиц, а также за счет расклинивающего действия жидкости на микротрещины поверхности.

В то же время жидкость лучше охлаждает изнашиваемую поверхность, является своего рода смазкой при ударе частицы со скольжением, что в свою очередь снижает коэффициент трения и соответственно, интенсивность изнашивания, особенно деталей. Однако при определенных значениях скорости гидроабразивного потока и давления, абразивное изнашивание в жидкости усиливается и усложняется кавитацией.

Металлы чувствительны к химической активности гидроабразивной среды.

Гидроабразивная износостойкость пластмасс ниже, чем металлов. Однако, увеличение угла атаки абразивных частиц приводит к повышению износостойкости полимеров. Особенно эффективно применение полимерных материалов при гидроабразивном изнашивании в агрессивных средах.

**Усталостное изнашивание**

*Усталостное изнашивание* – механическое изнашивание материалов в результате многократного деформирования микрообъемов материала. Оно может иметь место, как при трении несмазанных контактируемых поверхностей, так и при режимах граничной и жидкостной смазок. Это один из наиболее распростаненных видов поверхностного разрушения деталей, находящихся в условиях циклического контактного нагружения (зубчатые передачи, подшипники скольжения, качения, кулачковые механизмы и др.)

Относительное перемещение *металлических* тел при скольжении вызывает миграцию зон фактического контакта на поверхности каждого из них, в результате чего напряженное и деформированное состояние микрообъемов многократно меняется (рис. , а).

а

б

в

г

д

Рис. Схема перемещения дефектов в зоне контакта изнашиваемого материала и образования частичек износа

Это вызывает накопление в локальных объемах на глубине поверхностного слоя различного рода дефектов: дислокаций, вакансий, несовершенств структуры, инородных включений и других концентратов напряжений (рис. , б, в). В дальнейшем происходит перемещение их к поверхности и развитие этих дефектов в микротрещины (рис. , г), которые смыкаются между собой и образуют частицы износа (рис. , д). В результате на рабочей поверхности детали появляются многочисленные раковины и углубления.

Разрушение *полимеров* происходит вследствие деструкции материала на локальных участках фрикционного контакта при больших скоростях или усталостное разрушение путем образования микротрещин (для кристаллических полимеров) при малых скоростях.

При увеличении нагрузки и температуры интенсивность износа возрастает.

**Кавитационное изнашивание**

*Кавитационное изнашивание* – процесс разрушения поверхностного слоя быстро движущейся с переменной скоростью жидкостью, содержащей пузырьки газа (каверны), которые схлопываются у поверхности тела.

На краях препятствий резко изменяется скорость течения, образуются разрывы и кавитационные образования, заполненные паром, которые, захлопываясь, создают ударные волны. Многократное ударное воздействие расшатывает кристаллы металлической поверхности, которые через некоторое время выкрашиваются.

*Возникновение кавитации* (переход элементарных объемов жидкости в парообразное состояние) происходит за счет резкого изменения давления, подвода температуры или другой энергии. В момент удара жидкость ведет себя как твердое тело.

Кавитация такого типа обычно наблюдается в гидравлических турбинах, трубопроводах, на лопастях гребных винтов, подводных крыльев судов и т.п. и называется *гидродинамической*. Кавитация может возникнуть в жидкостях, которые подвергаются воздействию периодически изменяющегося давления, например в гидравлических насосах, клапанах, в системе смазки и охлаждения двигателей, подвергающихся вибрации, например, дизелей. В этом случае кавитация называется *вибрационной*.

1

2

3

4

Рис. Схема образования и схлопывания кавитационных каверн:

1 – ядро кавитации; 2 – кавитационные пузырьки; 3 – пузырек; 4 – разрушение пузырька.

В движущейся с большой скоростью потоке жидкости на участках сужения или наличия препятствий на его пути давление может снизиться до давления парообразования жидкости при данной температуре. При этом в отдельных микрообъемах жидкости могут произойти разрывы сплошности среды, образование пустот (1 на рис.) и заполнение их паром или газом с образование кавитационных пустот (2 на рис.). Это приводит к возникновению микропузырьков размером порядка нескольких десятков микрометров. После обтекания неровности скорость движения жидкости снижается, а статическое давление увеличивается. Происходит конденсация пара и растворение газа, сопровождающееся схлопыванием пузырька. Поверхность пузырька продавливается и в него с большой скоростью устремляются молекулы жидкости (4 на рис.).

Многократно повторяющиеся ударные импульсы вызывают усталостное разрушение материала детали. Износ поверхности детали обычно имеет форму отдельных углублений, которые затем объединяются в колее крупные каверны, имеющие губчатую форму.

Интенсивность кавитационного изнашивания зависит от свойств жидкости, материалов деталей, режимы работы машины.

Кавитационная стойкость металлов определяется их структурой и свойствами. С увеличением содержания углерода в сталях, при наличии легирующих добавок, при закалке и др. видах упрочнения стойкость к изнашиванию возрастает. При увеличении твердости износостойкость возрастает.

Полимерные материалы и эластомеры отличаются высокой износостойкостью. Эластомеры способны к большим упругим деформациям и поглощению энергии удара при схлопывании пузырьков.

**Адгезионное (молекулярно-механическое) изнашивание**

*Адгезионное изнашивание* возникает вследствие действия сил молекулярного сцепления на поверхности раздела двух металлических деталей с образованием адгезионных связей (мостиков сварки). Этот вид взаимодействия называют изнашиванием при заедании, схватывании и т.д.

Сила адгезионного взаимодействия *зависит* от степени чистоты поверхностей, площади фактического контакта, природы материалов, нагрузки и температуры на контакте.

Различают два вида *заедания*:

– *холодное* – при высоких контактных давлениях на фактических пятнах касания, достигающих предела текучести материала и относительно малых скоростях скольжения. При холодном заедании, как правило, повышается коэффициент трения до величины 0,3–1,0, в результате чего может прекратиться относительное движение деталей машин. Холодное заедание характерно для тяжело нагруженных малоподвижных трибосопряжений, работающих в режиме граничного трения

– *горячее* - при высоких скоростях скольжения и температурах свыше 100...150°С. Горячее заедание характерно для высокоскоростных узлов трения, когда вследствие разрушения гидродинамической смазочной пленки происходит касание микровыступов тел и мгновенное повышение температуры поверхности. При горячем заедании процессы разрушения металлов локализуются в тонком размягченном поверхностном слое и протекают менее катастрофично, чем при холодном заедании.

*Поверхности трения* после горячего заедания хотя и имеют продольные риски и борозды, но глубина их значительно меньше и кромки рисок обычно скруглены за счет оплавления металла. В результате этого, при горячем заедании интенсивность изнашивания материалов и коэффициент трения скольжения несколько ниже, чем при холодном.

Природа металлов и их структура играют важную роль при заедании. Чем больше отличаются свойства контактирующих металлов, тем меньше они склонны к схватыванию. Склонность к заеданию одноименных металлов уменьшается с увеличением различий в их структуре. Так, вероятность заедания стальных поверхностей снижается по мере увеличения различий в их химическом составе, термической обработки, твердости.

При температурах на контакте выше 800–850 °С обычно происходит резкое увеличение адгезионного износа. В этом случае большое влияние оказывают диффузионные процессы. Изменения в механизме изнашивания происходят в результате диффузионного растворения одного металла в другом и интенсивность адгезионно-диффузионного изнашивания возрастает.

При изнашивании полимеров основную роль играет химическая активность полимера по отношению к контртелу. При трении термопластов в результате нагрева до температур плавления на поверхности трения, происходит местное схватывание и как следствие – возрастает износ.

**Эрозионное изнашивание**

*Эрозия* – это процесс поверхностного разрушения вещества под воздействием внешней среды.

*Эрозионное изнашивание* – отделение с поверхности твердого тела частиц материала под воздействием потока жидкости или газа не содержащих абразивных частиц, приводящее к изменению линейных размеров.

Эрозионное воздействие высокоскоростного потока жидкости, газа, пара, воздуха слагается из трения сплошного потока и его ударов о поверхность. В результате такого воздействия происходит расшатывание и вымывание отдельных зерен или микрообъема материала с поверхности детали.

Эрозионное изнашивание чаще всего наблюдается на лопатках паровых турбин, наружных поверхностях летательных аппаратов, разрушаемых под действием дождевых капель, деталях механизмов и устройств, предназначенных для очистки водой, газом высокого давления, резки материалов, дробления пород.

Интенсивность эрозионного изнашивания прежде всего зависит от скорости потока, размера и формы капель жидкости и материала деталей.

Чем ниже твердость материала на поверхности, тем больше износостойкость. Для пластических материалов на первой стадии наблюдается наклеп.

**Окислительное изнашивание**

*Окислительное изнашивание* – разрушение оксидных пленок, непрерывно возобновляемых в процессе трения, приводящее к изменению линейных размеров.

Окислительное изнашивание происходит под влиянием одновременно коррозионного и механического факторов. Кислород воздуха или смазки, вступая во взаимодействие с металлом, образует на нем оксидную пленку, оказывающую значительное влияние на процессы трения и изнашивания.

Окислительное изнашивание состоит из трех этапов, которые циклически повторяются:

– деформирование и повышение активности материала (повышение развитости поверхности);

– образование вторичных структур (образование оксидных пленок в результате взаимодействия с кислородом);

– разрушение вторичных структур (за счет циклического нагружения и больших контактных давлений).

растяжение

сжатие

а

б

в

г

Рис. Кинетика образования частиц износа при окислительном изнашивании

По характеру протекания коррозионных процессов различают химическую и электрохимическую коррозию.

При *химической* коррозии наблюдается преимущественное развитие на поверхности металлов окислительных процессов с образованием оксидной пленки. Одним из главных факторов, ускоряющим этот процесс, является температура. С повышением температуры окружающей среды резко возрастает химическая коррозия.

К *электрохимической* коррозии относятся все случаи коррозии в водных растворах, при которых разрушение металлов может происходить в результате образования нерастворимых продуктов (ржавчины) или переход металла в раствор в виде ионов.

Для увеличения ресурса работы узлов трения в условиях коррозионно-механического изнашивания применяют коррозионностойкие стали с повышенным содержанием хрома (12–15 %) и никеля (от 8 % и выше).

Другим эффективным средством является использование смазочных материалов с антикоррозионными присадками.

**Водородное изнашивание**

*Водородное изнашивание* выражается в повышении концентрации такого окислителя, как водород, в поверхностных слоях деталей трибосопряжений с последующим процессом их интенсивного разрушения.

Внедряясь через поверхностные дефекты внутрь металла, водород в атомарном состоянии вступает во взаимодействие с уже имеющимися там частицами водорода и объединяется с ними в молекулы.

Объединенные молекулы занимают большой объем, вследствие чего внутри металла создается повышенное напряженное состояние, особенно внутри наиболее глубоких и узких трещин. При достаточно большой концентрации водорода в поверхностном слое развиваются микронапряжения, превышающие прочность металла, вследствие чего происходит интенсивное его разрушение.

Внешне это проявляется в виде поверхностного диспергирования (измельчения) материала или хрупкого растрескивания с последующим измельчением до мелкодисперсного порошкообразного состояния.

Водородное изнашивание зависит от концентрации водорода в поверхностных слоях трущихся деталей.

Такой вид изнашивания наиболее часто встречается в тормозных колодках и сопряженных с ними деталях, в деталях топливной аппаратуры и т. д.

При выборе материалов для трибосопряжений необходимо учитывать их склонность к наводораживанию и, соответственно, охрупчиванию.

Введение в сталь хрома, титана, ванадия снижает проникновение в нее водорода. Наклеп стали может увеличивать поглощение водорода.

Необходимо, где возможно, исключать из узлов трения полимеры, способные к быстрому разложению и выделению водорода.

В качестве присадок к смазочным жидкостям и фрикционным полимерным материалам могут быть введены кремний и органические соединения (силаны), содержащие несколько атомов хлора, которые легко соединяются с выделившимся водородом.

Коррозию в узлах трения можно уменьшать путем изменения режимов работы: снижением температуры, скорости скольжения и давлений.

**Фреттинг-коррозия**

Самой агрессивной формой окислительного износа является фреттинг-коррозия (англ. Fret – разъедать).

*Фреттинг-коррозия* **–** это процесс разрушения плотно контактирующих поверхностей пар металл-металл или металл-неметалл при их колебательных перемещениях (вибрации).

При фреттинг-коррозии циклические микроперемещения в контакте вызывают локальные тепловые флуктуации, многократное пластическое деформирование с образованием мостиков сварки (1 на рис.). Сдвиг трущихся поверхностей вызывает разрушение этих мостиков и отрыв микроскопических частиц металла с поверхности одного их трущихся тел. В областях адгезионного отрыва частиц образуются каверны 2 малых размеров. Поверхность каверны окисляется, в ее объемах скапливаются частицы и происходит их интенсивное окисление. Продукты окисления заполняют каверны и вызывают абразивное изнашивание ее поверхности. Это приводит к образованию поверхностных и подповерхностных усталостных трещин, их развитию и откалыванию малых частиц металла. Некоторые каверны могут объединяться (3 на рис.) и процесс в них продолжается.

1

2

3

Рис. Схема изнашивания металлов при фреттинг-коррозии:

1 – мостики сварки; 2 – каверны малых размеров; 3 – большие каверны.

Повреждения от фреттинг-коррозии проявляются в виде натиров, налипаний металла, вырывов или раковин, часто заполненных порошкообразными продуктами износа. Характерными также являются поверхностные микротрещины, чаще всего расположенные по периметру раковин.

Фреттинг-коррозии подвергаются: посадки с гарантированным натягом, шлицевые, шпоночные, болтовые соединения, соединения при помощи заклепок, рессоры, пружины и др. детали, работающие в динамически напряженных условиях.

**Электроэрозионное изнашивание**

Для электрических контактов характерны два основных вида изнашивания, которые обычно проявляются совместно: механическое (усталостное), обусловленное процессами трения и удара и электрическое (эрозионное), обусловленное воздействием электрического тока (часто дуги) на материалы.

В качестве примера деталей, где реализуется электроэрозионное изнашивание, можно привести следующие: прерыватели зажигания, электрощетки, контакты. Электрическая дуга (искра) обычно усиливает механический износ.

**Избирательный перенос. Эффект безызносности**

Известна еще одна разновидность изнашивания, при которой напротив наблюдается аномально низкий износ деталей. Этот вид износа условно называют *безызносностью* или избирательным переносом.

Явление избирательного переноса нельзя отнести к самостоятельному виду изнашивания. Скорее это физико-химический метод повышения износостойкости пар трения, представляющий собой процесс образования и непрерывного возобновления на поверхности трения пленки меди, обладающей низким сопротивлением сдвигу.

Наблюдается в узлах трения, одним из элементов которых являются сплавы или композиты, содержащие медь или ее соединения, а в качестве смазочного материала служат глицерин или другие вещества, способные восстанавливать медь из оксидов.

При трении в таких парах на стальной поверхности возникает мягкий, близкий к аморфному состоянию слой меди. При этом в процессе трения происходит взаимный, непрекращающийся перенос атомов меди с одной поверхности на другую, а пленка меди на стали постоянно возобновляется.

Избирательный перенос обеспечивает многолетнюю эксплуатацию узлов трения без заметного изнашивания. В таком режиме, например, работают компрессоры бытовых холодильников.