

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что спутный поток оказывает значительное влияние на технологический результат, достигаемый при ГОЗС, причем степень его влияния по большей части зависит от скорости струи на выходе из струйного аппарата.

Литература

1. Цыгановский А.Б. Исследования по гидроабразивной очистке деталей нефтяного насоса // Вибрации в технике и технологиях. - 2000. - №3(15). - С. 47-50.
2. Цыгановский А.Б. Эффективность гидроабразивной обработки затопленными струями // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. - 2002. - № 7(53). - С. 261-264.
3. Цыгановский А.Б. Определение степени влияния коэффициента эжекции и скоростного напора струи на эффективность гидроабразивной обработки затопленными струями // Вісник СХУ ім. В.Даля. – 2005. - № 6. - С. 234-239.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. 3-е изд., перераб. М: Наука, 1969. - 824с.

УДК 620.178.16:539.4

В.А.Колесников

ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ЧУГУНОВ И СТАЛЕЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ. ЧАСТЬ 1. ПОСТРОЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ СХЕМЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТРЕНИЯ ДЕТАЛИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ ИЗ ГРАФИТИЗИРОВАННОЙ СТАЛИ ИЛИ ЧУГУНА

На основе результатов собственных исследований и литературных данных представлена обобщенная схема строения поверхностных и подповерхностных слоев графитизированных чугунов и сталей в условиях трения скольжения, учитывающая структурно-фазовый состав, влияние легирования и наличие смазочного материала. Кратко описаны роль легирования и структурно-фазового состава чугунов и сталей как основных факторов, через которые можно управлять интенсивностью изнашивания (без учета других факторов, например, давления, скорости скольжения и т. п.). Рис. 8. Ист. 37.

Как известно, на интенсивность разрушения железоуглеродистых сплавов в условиях трения (особенно сухого) доминирующее влияние оказывает их микроструктура. Одними из наиболее широко используемых конструкционных триботехнических материалов являются чугуны. Однако они являются одними из самых сложных сплавов (по многообразию и количеству структурных и фазовых составляющих). На формирование микроструктуры чугунов оказывает влияние огромное количество контролируемых и неконтролируемых факторов [1 - 3]. К наиболее близким по микроструктуре и свойствам сплавам можно отнести графитизированные стали, а значит, многие положения, приведенные в этой публикации будут справедливы и для них [4]. Тем не менее, несмотря на очевидный прогресс в создании новых конструкционных материалов (наноматериалы, ком-

позиционные материалы, высокопрочные стали), чугуны и стали по-прежнему в течение нескольких последующих десятилетий будут применяться в качестве конструкционных материалов [5, 6]. В первую очередь для ремонта старого оборудования.

Протекание нормального режима трения, во многих случаях, зависит от поверхностной прочности контактирующих поверхностей. Одним из способов ее повышения для чугунов и сталей является их дополнительное легирование. Известно, что взаимодействие возможно в пятнах (точках) контакта. Их размеры, распределение, перемещение (миграция), время и скорость возникновения не известны, по некоторым данным время их существования ($10^{-3} - 10^{-5}$ с) [7]. Очевидно, что взаимодействие в точках контакта зависит от различных свойств (в первую очередь, физико-химических) структурных и фазовых составляющих железоуглеродистых сплавов. Однако этот вопрос еще полностью не изучен.

Существует целый ряд известных моделей строения приповерхностных слоев твердых тел и поверхностей трения [8 – 10]. Приведем некоторые из них на рис. 1.

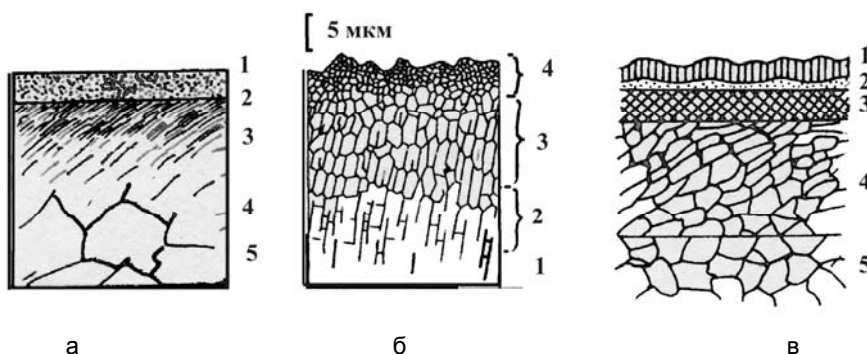


Рис. 1. Схемы строения поверхностных и подповерхностных слоев.

По Лавреновскому [8] (1 – адсорбированные компоненты; 2 – заадсорбированные газы; 3 – оксиды и неразрушенный материал; 4 – первоначальная структура) (а).

По Бенару после абразивного износа [9] 1 – неразрушенная основа; 2 – переходная зона; 3 – зона ориентированных кристаллов; 4 – зона неориентированных кристаллов (б).

По Костецкому [10] (1 – вторичные структуры II типа; 2 – вторичные структуры I типа; 3 – подповерхностный слой; 4 – исходная структура) (в)

Существуют и более сложные классификации строения поверхностных и подповерхностных слоев, например, предложенная Бураковским [11].

Микроструктура, рассматриваемая на рис. 1, скорее может отражать состояние микроструктуры бандажной стали [12, 13] как, например, содержащей до 21 % Mn, так и некоторых сталей, строение которых в первом приближении несколько проще, чем чугунов. В то же самое время это не значит, что их поведение в условиях трения скольжения полностью изучено [14, 15]. Значительным резервом для повышения триботехнических свойств сталей и чугунов является как улучшение их микроструктуры, благодаря металлургическим методам (легирование, модифицирование), а также термообработка, химико-термическая обработка, лазерная обработка и т.д., так и путем применения новых смазывающих материалов минимизирующих или даже полностью исключаящих износ. К числу наиболее перспективных методов вполне можно отнести применение нанотехнологий. Наночастицы могут быть использованы при производстве и при введении в смазочный материал.

Однако представленные выше схемы не отражают некоторые особенности микроструктуры чугунов. На рис. 2 представлены фотографии микроструктур

графитизированных чугунов. Как правило, роль структурных и фазовых составляющих в различных условиях трения проявляется по-разному, и в зависимости от соотношения того или иного количественного соотношения (морфологии, распределения, размеров и т.п.) составляющих, интенсивность изнашивания чугунов будет различная [16].

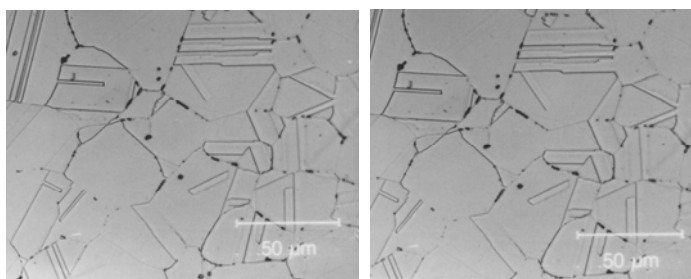


Рис. 2. Микроструктура деформированной марганцевой бандажной стали

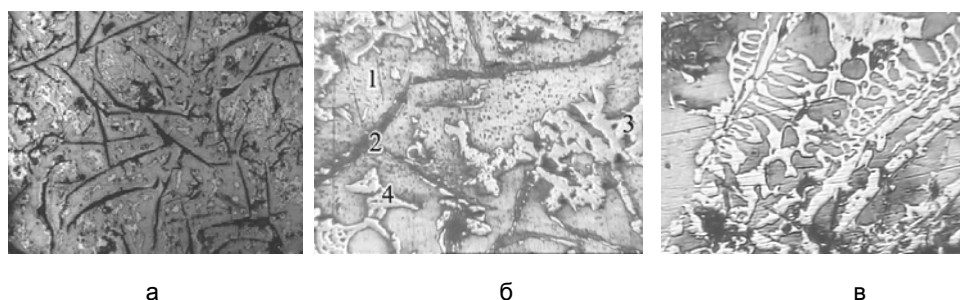


Рис. 3. Микроструктура графитизированного чугуна (а, б). Серый чугун (а) $\times 100$. Структурные и фазовые составляющие: 1 – металлическая матрица; 2 – пластинчатый графит; 3 – карбиды; 4 – фосфиды (б) $\times 500$. Отбеленный чугун (карбиды и металлическая матрица кристаллизовавшаяся в виде дендритов) (в) $\times 200$

Так, например, влияние графита может быть двойственным. С одной стороны, он снижает контактное взаимодействие (исключает схватывание) между трущимися поверхностями в условиях сухого трения [17, 18]. С другой стороны, разобщая металлическую матрицу, он снижает прочность материала. Некоторые факты не позволяют объяснить смазывающую способность графита только слоистой структурой [19]. Сила трения при смазывании графитом в сухом воздухе больше, чем во влажном. Сила трения в атмосфере азота значительно больше, чем в воздухе, причем в сухом азоте выше, чем во влажном. Присутствие влаги, пленок окислов является необходимым условием для проявления графитом его смазочных способностей. Влажность и оксидные пленки на металлических поверхностях, образованию которых способствует влага, улучшают адгезию графита к поверхности.

По одной из гипотез, если слой материала покрывает графитную пору [17], то происходит локализация напряжений между металлической матрицей и графитной порой, что в конечном итоге приведет к зарождению и появлению трещин. Так, даже при изготовлении микрошлифов часть графита выкрашивается из металлической матрицы (рис. 4 а – центральная часть фотоснимка). Судя по размеру пустоты, этот процесс может проходить совместно с другими структурными составляющими.

Автором данной работы проведены испытания графитизированных чугунов на машине трения СМЦ -2 по схеме “ролик – колодочка”. Колодочка изготавливалась из чугуна, а контртело – ролик из стали 45Г2. Металлографические исследования проводились на современном оптическом оборудовании.

К числу очевидных преимуществ, повышающих износостойкость как стальной, так и чугунной детали, может быть отнесена возможность упрочняться в процессе трения. На рис. 4 б отчетливо видно изменение микротвердости в зависимости от расстояния зоны трения (край исследуемой колодки) [20].

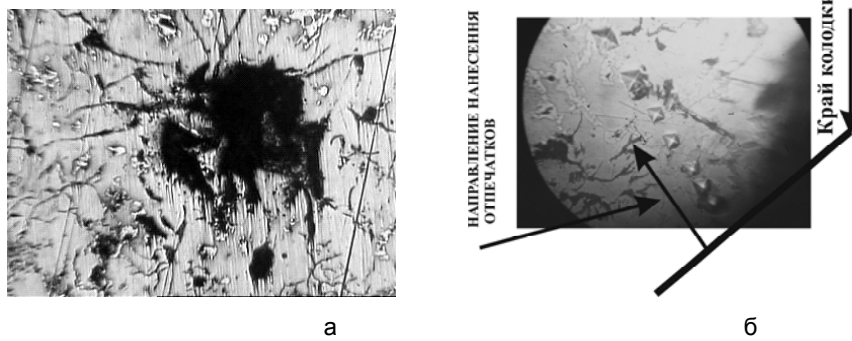


Рис. 4. Микроструктура чугуна, в котором отсутствует фрагмент материала (а) $\times 200$. Изменение микротвердости чугуна (упрочнившегося в условиях трения) (б)

На рис. 5 представлена обобщенная схема строения поверхностных и подповерхностных слоёв трения графитизированных чугунов (с частичным объяснением влияния легирующих элементов на структурно-фазовый состав и триботехнические свойства). Эту схему можно связать также с обобщенной схемой “поведения” чугунов (материалов) в условиях трения скольжения при изменении условий смазки (см. вторую часть статьи). При этом пунктирными линиями (цифры поясняют это состояние) ограничено наличие или отсутствие смазочного материала на поверхности трения (см. вторую часть статьи рис. 2), а пояснения на рисунке относятся ко всему материалу.

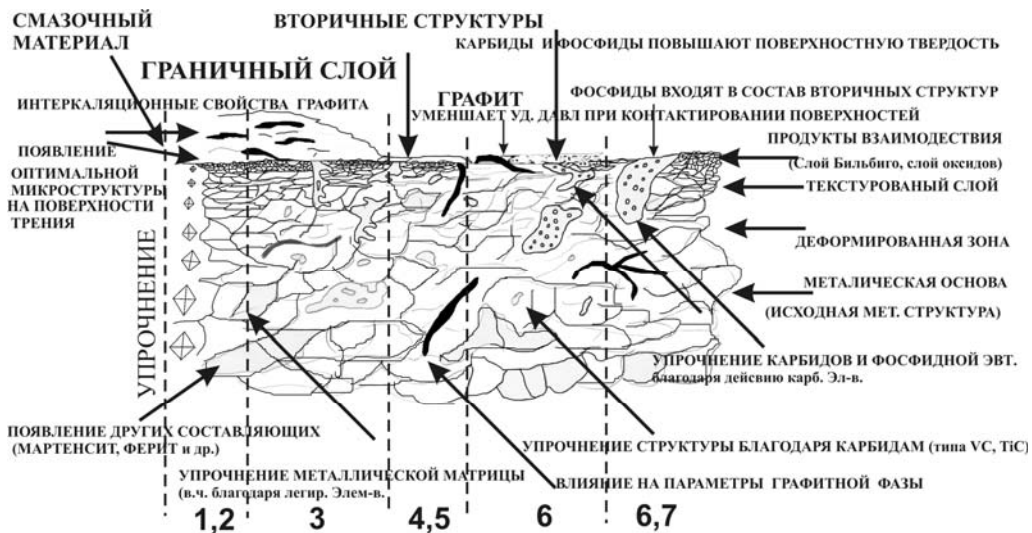


Рис. 5. Схема строения поверхностных и подповерхностных слоёв трения графитизированного чугуна (стали) с учетом влияния легирования

Существенно изменить свойства и структурно-фазовый состав чугунов можно благодаря комплексному легированию. Даже введение небольших добавок до 1 % способно повысить механические и триботехнические свойства [21]. Так, введение карбидообразующих элементов, например, Cr, V, Ti, Mo способствует:

- повышению твердости: а) за счет повышения микротвердости твердого раствора металлической матрицы; б) за счет повышения микротвердости цементитных карбидов ($\text{Fe, Me}_3\text{C}$); в) появлению специальных сложнолегированных карбидов, например, M_{23}C_6 , M_7C_3 ; г) появлению специальных высокотвердых карбидов типа VC, TiC; $\text{VC, V}_4\text{C}$ (Fe, Cr, V) $_x\text{C}_y$; д) карбидное упрочнение металлической матрицы после специальной термической обработки;
- изменению морфологии карбидной и графитной фаз;
- изменению морфологии участков сплава кристаллизовавшихся в виде дендритов;
- изменению морфологии и прочностных характеристик других составляющих, например, фосфидной эвтектики;
- изменению типа связи в металлической матрице;
- появлению мелкодисперсных карбидов в металлической матрице, которые способствуют сдерживанию продвижения дислокаций;
- изменению типа металлической матрицы (при высоком процентном содержании легирующих элементов), а, отсюда, и изменению свойств детали в целом.

Введение в сплав модификаторов (например, Ca), способствует очищению границ раздела между фазовыми составляющими сплава, от неметаллических включений, что способствует повышению трещиностойкости. Если предположить, что неметаллические включения могут являться инициаторами зарождения и распространения трещин и в условиях трения, то для некоторых химических составов чугунов модифицирование также является необходимым условием, способствующим повышению износостойкости [22].

Также имеются данные о том, что Cr и фосфор входят в состав вторичных структур, препятствующих протеканию активационных процессов на поверхностях трения [23, 24].

Способность сплава к упрочнению в процессе трения повышает поверхностную твердость и, как правило, несущую способность материала детали. Одними из наиболее известных чугунов, обладающих указанными выше способностями, являются аустенитные марганцевые чугуны [25].

Наличие достаточно вязкой и пластичной металлической матрицы способно также обеспечивать некоторые преимущества влияния на интенсивность изнашивания, а следовательно, и на характер отделения материала. Так, на рис. 6 фотоснимок (а) сделан для чугуна при наличии вязкого характера разрушения края колодки, а на фотоснимке (б) преобладает хрупкий характер.

Вязкая матрица способна удерживать карбиды, которые при наличии хрупкой матрицы могут быть выкрашены в процессе трения [26]. Также в процессе трения в тонком поверхностном рабочем слое возможно выделение мелкодисперсных карбидов, что подтверждается результатами рентгеноструктурного анализа как собственных исследований, так и литературными данными [27]. Присутствие вязкой металлической матрицы, содержащей равномерно распределенные мелкодисперсные карбиды, обеспечивает соблюдение принципа Шарпи [23], что способствует повышению износостойкости.

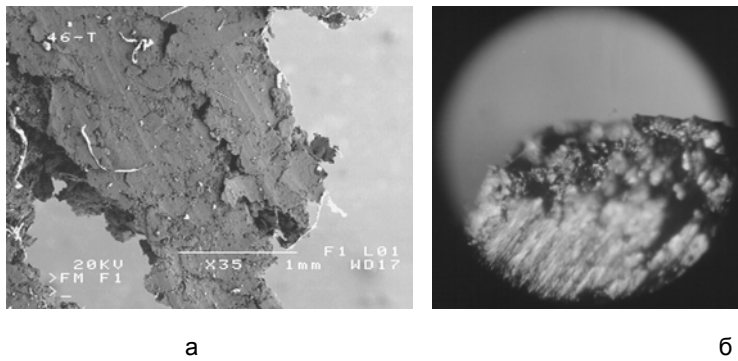


Рис. 6. Характер отделения материала от поверхности трения. Вязкий характер разрушения (а) $\times 35$. Хрупкий характер разрушения (б) $\times 100$

Естественно, что топография поверхности трения и подповерхностных слоев существенно зависит от исходной литой структуры. Так, на рис. 7 а представлен внешний вид поверхности трения аустенитного чугуна, образовавшийся в условиях нормального режима трения (без схватывания). На рис. 7 б представлена фотография слоев примыкающих к зоне трения (левая часть фотоснимка).

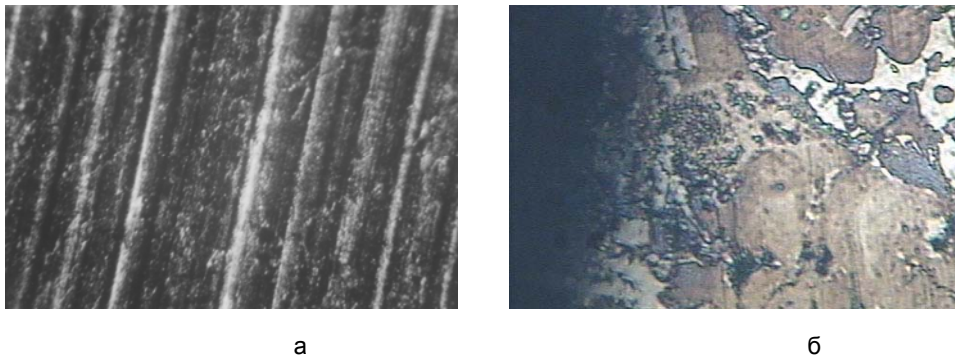


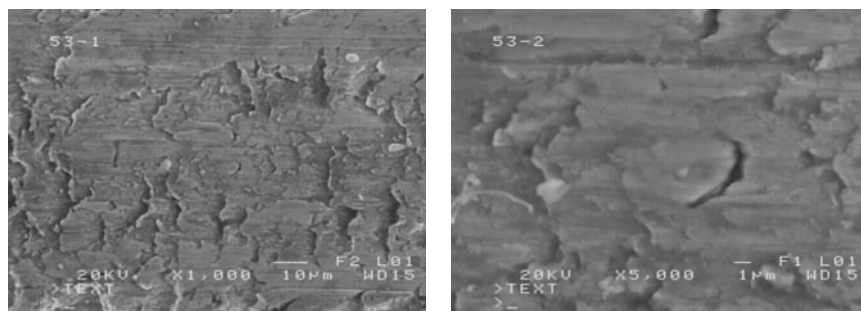
Рис. 7. Внешний вид поверхности трения (нормальные условия сухого трения) (а) $\times 100$. Подповерхностные слои вблизи зоны трения (б) $\times 300$

Материал, примыкающий к зоне трения (центральная часть фотоснимка, граничащая с черным цветом), по внешнему виду сильно отличается от литого (исходного) материала чугунного образца (правая часть фотоснимка). Он имеет большую микротвердость по сравнению со среднестатистической, характерной для металлической матрицы. Это свидетельствует об изменениях в поверхностных и подповерхностных слоях, происходящих в процессе трения. К их числу, согласно литературным данным, относят: $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, выделения дисперсных карбидов, образование мартенсита деформации, появление “белого” слоя и т.д. [28 – 31].

Из рис. 8 а можно увидеть, что для нормального режима трения характерно пластинчатое (слоистое “лепестковое”) отделение материала [20]. При значительно большем увеличении на поверхности трения зафиксировано появление трещин (центральная часть фотоснимка).

Известно, что характер дислокационной структуры в зоне повреждения резко изменяется. Имеются данные о том, что в исходном состоянии в объеме блоков дислокаций в 3 раза больше, чем на границах. Аналогичное соотношение сохраняется в неповрежденных участках, однако, абсолютные значения дисло-

каций в этих участках меньше, чем в исходном состоянии. Так, в зоне задира и трещины толщиной 5 – 6 мкм плотность дислокаций в объеме блоков резко возрастает, тогда как субграницы становятся причиной повреждения поверхности [30, 31]. Послойное распределение дислокаций различается в зоне задира и трещины так же, как и характеристики тонкой структуры. Слой толщиной 1,5 мкм имеет такую же субструктуру, которая в зоне задира соответствует упрочненному состоянию, а в зоне трещины – состоянию после релаксации микролокальных напряжений. Таким образом, если обобщить имеющиеся данные о влиянии легирования на формирование структурно-фазового состава (исходных параметрах микроструктуры) и сложных физико-химических процессах, протекающих в зоне трибосопряжения с учетом влияния внешних параметров (скорости скольжения, давления, условий контактирования и т. д.), то можно рекомендовать целый ряд мероприятий, обеспечивающих минимальный износ [30 – 37].



а б
Рис. 8. Внешний вид поверхности трения слоев (а) × 1000; (б) × 5000

В данной работе акцентировано внимание на то, что свойства чугуна (стали) зависят от микроструктуры, параметры которой зависят от влияния легирующих элементов. Следует также отметить, что в трибосопряжении между контактирующими поверхностями происходят достаточно сложные взаимодействия на всех этапах, что требует продолжения исследований в этом направлении.

Литература

1. Гуляев Б. Б. Синтез сплавов. (Основные принципы. Выбор компонентов).– М.: Металлургия, 1984. – 160 с.
2. Богачёв И. Н. Металлография чугуна.– Свердловск.: Металлургиздат, 1962.– 392 с.
3. Бунин К. П., Таран Ю. Н. Строение и свойства чугуна. – М.: Металлургия, 1972. – 160 с.
4. Структура та опір руйнуванню залізобуглецевих сплавів / О. П.Осташ, І. П. Волчок, О. Б. Колотілкін та ін. – Львів: Національна академія наук України. Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка, 2001. – 272 с.
5. Wears of Thermals Spray Deposited Low Carbon Steel Coantigs on Aluminum Alloys / A. Edrissy, T. Perry, Y. T. Cheng and A. T. Alpas // Wear. – 2001.– Vol. 8872. – P. 1–11.
6. Gabriel J. New Materials cut Wheel Wear // Int. Railway Journal. – Dec. 1988, P. 51–53.
7. Чичинадзе А. В., Браун Е. Д., Гінзбург А. Г., Игнатъев З. В. Расчет, испытание и подбор фрикционных пар. – М.: Наука, 1979. – 267 с.
8. Lawrowski Z. Tribologia. – Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1993. – 315 s.
9. Окисление металлов. Теоретические основы / Под ред. Ж. Бенара.– Т.1. – М.: Металлургия, 1967. – 499 с.
10. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах. – К.: Техніка, 1970. – 396 с.
11. Справочник по триботехнике: В 3 т. / Под общ. ред. М. Хебды, А. Чичинадзе. – М.: Машиностроение. Т. 1. Теоретические основы, 1989. – 400 с.

12. Balytskyi O.I. Crack resistance of modern steels for rail wheels and railroad track // *Industrial and tourist transport*. – Lviv: Kamenyar. – 2002. – P. 38 – 40.
13. Балицький О. І. Сучасні матеріали для потужних турбогенераторів. – Львів: Національна академія наук України. Фізико - механічний інститут ім. Г. В. Карпенка, 1999. – 284 с.
14. J. Tervo Wear properties of HNS // *Proceeding of 5 th International Conference on High Nitrogen Steels*, held in ESPO, Finland, May 24-26, and Stockholm, Sweden, May 27-28, 1998 // *Trans Tech Publications Ltd* – P. 743 – 750.
15. Markus O. Speidel From High-Nitrogen Steels (HNS) to High-Interstitial alloys (HIA) // *High-Nitrogen Steels*. – Zürich.: Institute of Metallurgy, 2003. – P. 1 – 7.
16. Колесников В. А. Исследование интенсивности изнашивания марганцевых чугунов в зависимости от структурно-фазового состава и нагрузочно-скоростных параметров // *Вісник СНУ ім. В. Даля* – 2004.– № 6. –С. 41-53.
17. Канарчук В. Е. Адаптация материалов к динамическим воздействиям. – К.: Наук. думка, 1986. – 264 с.
18. Колесников В. А. Анализ разрушения поверхностных слоев аустенитных марганцевых чугунов в условиях трения скольжения // *Зб. наук. праць СНУ.- Луганськ, 2002. Ч II.– С. 64.*
19. Гаркунов Д. Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
20. Балицький О., Колесніков В., Кубіцькі Є. Упрочнення марганцевих чугунов як резерв підвищення експлуатаційної стійкості деталей залізничного транспорту // *Промисловий та туристичний транспорт.-Вип. 3.-Львів: Каменяр, 2004. – С.36 – 45.*
21. Balitskii A., Kolesnikov W., Kubicki J. Role of chromium, vanadium and titanium alloying on the ferrous-manganese alloys tribological properties increasing // *Problems of Tribology*. – 2003. – № 1. – P. 94 – 100.
22. Балицький О. І., Колесніков В. О. Дослідження продуктів зношування аустенітних марганцевих чавунів // *Фізико - хімічна механіка матеріалів*. – 2004. – № 1 – С. 65–69.
23. Надежность и долговечность машин / Б. И. Костецкий, И. Г. Носовской, Л. И. Бершадский, А. К. Караулов / Под ред. Б.И. Костецкого.– К.: Техніка, 1975.– 408 с.
24. Широков В.В., Арендар Л.А., Слинко Г.І., Волчок І.П. Вплив фосфідної евтектики на зношувальність високоміцних чавунів // *Фізико-хімічна механіка матеріалів.-2003.-№2.- С.115-117.*
25. Колесников В. А. Особенности износа графитизированных марганцевых чугунов в условиях сухого трения // *Вісник СНУ ім. В. Даля* – 2002.- №7. – С. 232-239.
26. Шебастинов М. П., Абраменко Ю. Е. Свойства и износостойкость аустенитных чугунов // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1986. –№ 6 – С. 32–36.
27. Таланов М. М., Якушин Н. Н., Абраменко А. Е., Шерман А. Д. Самоупрочнение седел клапанов автомобильных двигателей из марганцевого чугуна // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1970.– №6. – С. 69–70.
28. Станчев Д. И. Влияние структуры на упрочнение марганцевистого чугуна // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1978.– №6. – С. 54 – 55.
29. Волков А. Н. Превращения в тонких поверхностных слоях марганцевистых чугунов при абразивном износе // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1970.– №6. – С. 12 – 14.
30. Дроздов Ю. Н., Ошина Л. Я., Павлик Б. Б., Сидоров С. А. Структурные изменения при повреждении поверхностей трения // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 1983.– №9. – С. 37 – 39.
31. Буше Н. А., Копытько В. В. Совместимость трущихся поверхностей. – М.: Наука, 1981. – 128 с.
32. Balytskyi O.I., Kolesnikov V. O. Investigation of wear products of austenetic manganese cast-iron // *Materials Science*. – New York. – 2004. – Vol. 40, № 1. – P. 78 – 82.
33. Колесніков В.О. Схоплювання марганцевих чавунів // *Матеріали XIX - ої відкритої науково-технічної конференції молодих науковців і спеціалістів присвяченої 95 річниці від дня народження академіка Г.В. Карпенка*. – С. 61 – 65.
34. Деклараційний патент на корисну модель 2004020827 України, МКИ С22С38/38. Марганцевий чавун /В.О.Колесніков, О.І. Балицький (Україна).- № 2004020827; Заявлено 05.02.04; Опубліковано 15.12.04. Бюл. № 12.
35. Balytskyi O. I., Kolesnikov V. O and Kubitskyi E. Improvement of crack grown resistance of manganese cast iron // *Materials science*. – New York. – 2005. – Vol. 40, №1. – P. 67 – 73.

36. Alexander Balitskiy, Valeriy Kolesnikov, Jerzy Kubitski Hardening manganous cast-alloys as a reserve of increase of operational resistance of details of a railway transportation // Industrial and tourist transport. – Lviv, Kamenyar. – 2003. – P. 54 – 63.
37. Balytskyi O.I., Kolesnikov V.O., Kaviak P. Tribotechnical properties of austenitic manganese steels and cast-irons under sliding friction conditions // Physicochemical mechanics of materials. – 2005. – № 5. – P. 55 – 60.

УДК 620.178.16:539.4

В.А.Колесников

**ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ НА
ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ
СКОЛЬЖЕНИЯ. ЧАСТЬ 2. ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА
“ПОВЕДЕНИЯ” ЧУГУНОВ И СТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ
СКОЛЬЖЕНИЯ**

Представлена обобщенная схема “поведения” материалов в условиях трения с течением времени, что, безусловно, представляет определенный интерес с позиций формирования единой теории трения и износа. На основе результатов собственных исследований и литературных данных, а также на примере поведения железоуглеродистых сплавов в условиях трения показаны основные этапы и причины снижения “эксплуатационной стойкости” данных сплавов. Рис. 4. Ист. 38.

Эксплуатационная стойкость промышленного оборудования во многом определяется интенсивностью износа сопряженных поверхностей, при этом до 80 % отказов машин и механизмов происходит по причине износа материалов в узлах трения [1-3]. В настоящее время к базовым проблемам трибологии можно отнести отсутствие единой и непротиворечивой теории трения и износа, а также методы испытаний на износ [1].

Доминирование в течение длительного периода времени только “механических” подходов (без учета материаловедческих аспектов) к проблеме износа сопряженных поверхностей могло удовлетворять лишь на ранних этапах развития техники [6]. Накопление экспериментальных данных и теоретических работ в области трибологии позволило создать несколько теорий трения. Среди ученых, которые внесли свой вклад в создание этих теорий, можно отметить Хольма, Г. Д. Полосаткина, Д. В. Конвисарова, В. А. Кислика, Г. И. Епифанова, Н. Н. Давиденкова и др.

Значительный вклад в развитие трибологии был внесен Крагельским и его школой. Созданная им молекулярно-механическая модель сухого внешнего трения получила широкое распространение. Эта модель учитывала дуализм сил трения, которые возникают в результате двух процессов: преодоления сил межмолекулярного взаимодействия и одновременное деформирование рельефа поверхностей трения.

Согласно классическим представлениям, приведенным в монографиях Б. И. Костецкого и других авторов, изменение интенсивности износа с течением времени можно представить в виде следующей схемы (см. рис. 1):

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

В І С Н И К

**СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

№ 7 (113)

Частина 1

ЛУГАНСЬК 2007

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 7 (113) 2007

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ – ДВАНАДЦЯТЬ
РАЗІВ НА РІК

Засновник
Східноукраїнський національний
університет імені Володимира Даля

**Журнал зареєстровано
Міністерством України у справах
преси та інформації**

Свідоцтво про державну реєстрацію
серія KB № 2411 від 19.12.96 р.

VISNIK

OF THE EAST UKRAINIAN NATIONAL
UNIVERSITY NAMED AFTER
VOLODYMYR DAL

№ 7 (113) 2007

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED TWELVE
TIMES A YEAR

Founder
East Ukrainian National University
named after Volodymyr Dal

**Registered by
the Ministry of Ukraine
For Press and Information**

Registration Certificate
KB № 2411 dated 19.12.96

Журнал включено до Переліків наукових видань ВАК України № 2 (Бюл. ВАК №5 (13) 1999 р.), №3 (Бюл. ВАК №6 (14) 1999 р.) та № 4 (Бюл. ВАК №2 (16) 2000 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, історичних та економічних наук* відповідно.

Головна редакційна колегія: Голубенко О.Л., член-кор. Академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор), Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Арлінський Ю.М., докт. фіз-мат. наук, Будіков Л.Я., докт. техн. наук., Бузько І.Р., докт. екон. наук, Голубничий П.І., докт. фіз-мат. наук, Гончаров В.М., докт. екон. наук, Грібанов В.М., докт. техн. наук, Довжук І.В., докт. іст. наук, Дорошко В.І., докт. техн. наук, Житна І.П., докт. екон. наук, Козаченко Г.В., докт. екон. наук, Куліков Ю.А., докт. техн. наук, Лазор Л.І., докт. юр. наук, Литвиненко В.Ф., докт. іст. наук, Максимов В.В., докт. екон. наук, Михайлюк В.П., докт. іст. наук, Нагорний Б.Г., докт. соціол. наук, Носко П.Л., докт. техн. наук, Петров О.С., докт. техн. наук, Рач В.А., докт. техн. наук, Суханцева В.К., докт. філос. наук, Третьяченко В.В., докт. психол. наук, Тюпало М.Ф., докт. хім. наук, Ульшин В.О., докт. техн. наук, Шевченко Г.П., член-кор. Академії педагогічних наук України, докт. пед. наук.

Відповідальний за випуск: Рей Р.І.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 7 від 23.02.07 р.).

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2007
© East Ukrainian National University named after Volodymyr Dal, 2007

ЗМІСТ CONTENTS

Рей Р.И. Сушкова Т.С.	Повышение долговечности шаботов паровоздушных молотов	6
Дорошко В.И.	Усилие прямого выдавливания с раздачей в штампе с уменьшающимся коническим зазором	9
Рябичева Л.А. Цыркин А.Т. Холодеева Н.В. Баранов А.Г.	Технология выдавливания порошковых полых изделий из пористых заготовок	16
Стоянов А.А.	О способах описания пластического течения высокоплотных порошковых материалов	20
Рей Р.И. Сушкова Т.С.	О влиянии подшаботной виброизоляции на КПД удара молота	26
Троцко О.В. Драгобецкий В.В. Плющ А.А.	Уточнение метода расчета двумерной задачи механики процесса листовой штамповки заготовки прямоугольного контура в плане	29
Губачева Л.А. Гладушин В.В.	Повышение износостойкости подвижных сопряжений методами пластического деформирования	32
Стоянов А.А. Гладушин В.В. Шенкман Г.Л. Мацевич В.М. Бурко В.В.	Анализ уплотнения пористого тела с использованием решений для несжимаемого жесткопластического тела	36
Рей Р.И. Сумской В.И.	Силы в процессе ударного деформирования поковки на молоте	40
Скляр А.П.	Механизмы деформирования медных волокон при прессовании	45
Яковченко А.В. Гольшков Р.А. Снитко С.А. Ивлева Н.И.	Метод компьютерного проектирования калибровок для штамповки заготовок колес широкого сортамента	49
Будагьянц Н.А. Жижкина Н.А. Гутько Ю.И.	Металлургические печи в производстве валков	59
Гедрович А.И. Касьянов Н.А. Анисимова Т.И. Гедрович Д.А. Цапко Ю.С.	Анализ факторов, влияющих на содержание сварочного факела при дуговой сварке плавлением	61
Жидков А.Б. Рубан А.В.	Сравнение различных способов поверхностного упрочнения при ремонте ножей стружечного станка фирмы «Клекнер»	66
Гедрович А.И. Ткаченко С.А. Ткаченко А.Н.	Выбор сварочной проволоки и прогнозирование химического состава металла шва при сварке разнородных сталей	74
Шевченко В.А. Гедрович А.И.	Рентгенографическое определение напряжений при электронно-лучевой сварке	78

Гунченко О.Н. Касьянов Н.А. Рей Р.И. Носко П.Л. Гапонов В.В.	Тенденции изменения состояния общего травматизма в машиностроительной отрасли Украины	87
Жидков А.Б. Гедрович А.И. Паненко Р.Н. Хижняк А.В.	Расчётно-экспериментальное определение зависимости величины деформации потери устойчивости от начальной формы сварного соединения	92
Гедрович А.И. Назарько А.С. Зубенок Д.В.	Восстановление шпинделей задвижек наплавкой	100
Касьянов М.А. Андріанова О.О.	Проблеми психофізіологічного та ергономічного поліпшення умов діяльності робітників розумової праці під час виробничого процесу на підприємствах	104
Гедрович А.И. Друзь О.Н.	Предупреждение тепловых поражений сварщиков	108
Касьянов Н.А. Симонова Ю.Ю.	Исследование условий труда при инфракрасном отоплении в производственных помещениях ОАО ХК «Лугансктепловоз»	113
Александров Д.В. Александров В.Е. Кожин В.Н. Житная С.В.	Определение оптимального угла подачи струи порошкового огнетушащего состава в зону пламени	118
Нахайчук О.В.	Исследование устойчивости трубной заготовки при осевом сжатии	120
Игнатьев Б.Б. Игнатьева В.Б.	Расчет технологических параметров при предварительном формовании полуфабриката стержневого изделия	125
Покинтелица Н.И. Левченко Е.А.	Влияние параметров термофрикционной вибрационной обработки на составляющие силы резания	132
Новоселов Ю.К. Покинтелица Н.И. Братан С.М.	Взаимосвязь перемещений в технологической системе при термофрикционной обработке	137
Калмыков М.А. Лубенская Л.М. Мелконов Г.Л. Романченко А.В.	Повышение производительности вибрационной обработки	141
Цыгановский А.Б.	Влияние спутного потока на интенсивность гидроабразивной обработки затопленными струями	151
Колесников В.А.	Влияние микроструктуры чугунов и сталей на интенсивность разрушения в условиях трения скольжения. Часть 1. Построение обобщенной схемы поверхностных и подповерхностных слоев трения детали, изготовленной из графитизированной стали или чугуна	155
Колесников В.А.	Влияние микроструктуры сталей и чугунов на интенсивность разрушения в условиях трения скольжения. Часть 2. Обобщенная схема «поведения» чугунов и сталей в условиях трения скольжения	163
Чесноков А.В. Чесноков В.В.	Повышение производительности сборки армирующих каркасов для углерод-углеродного композиционного материала	169

Колодяжный П.В. Волкова С.А. Абраменко В.Л. Колодяжная Л.Г. Мицык В.Я.	Исследование электрохимического поведения стали X18H10T в условиях виброабразивного шлифования в растворах электролитов	174
Шишкин А.А.	Общий подход к процессам микрорезания и упругопластического деформирования при обработке свободными рабочими средами в вибрирующем резервуаре	181
Чередниченко С.П.	Анализ точности изготовления шкивных железоотделителей	190
Бухтияров И.Ю. Шведчикова И.А. Шевченко А.И.	Расчет развиваемых удельных давлений полиморфным превращением β -олова в γ -олово при термодинамическом сдвиге до наивысшей температуры устойчивого существования алмаза	194
Мирошников В.В. Шевченко А.И. Сентяй Р.Н. Гречишкина Н.В.	Определение закономерностей функционального строения магнитных сепараторов	198
Ковалев И.М. Лубенская Л.М. Лысенко Л.А. Молчанов Д.В.	Повышение чувствительности индукционных преобразователей, работающих в составе металлодетекторов	202
Фоменко Р.В. Пительгузов Н.А.	Анализ методов финишной обработки сложных поверхностей	209
Мінєєва Ю.В.	Особенности транспортного обслуживания доменного производства в условиях реконструкции металлургического предприятия	216
Кріль О.С. Синдєєва Е.В.	Удосконалення методів прогнозування терміна служби трамваїв	218
Сташкевич А.В. Щелоков В.С.	Использование APM Structure 3d в задачах проектирования шпиндельных узлов металлорежущих станков	224
Колодяжный П.В. Хоружая И.А.	Структура лоренцеинвариантных обобщенных функций с точечным носителем	227
Колодяжный П.В. Волкова С.А.	Виброабразивное шлифование стали 3 и серого чугуна СЧ 36-56 в кислых электролитах	230
Каменев Н.М. Вельковский А.И. Кузнецова М.Н. Шевченко Д.Н.	Исследования по выбору химически активного раствора для интенсификации виброобработки деталей из латуни Л-63	237
Лурье З.Я., Лищенко И.Г., Солдатенко И.А.	Расчет оптимальных параметров сборных волок	242
Соломаха Н.В.	Динамические характеристики следящего рулевого гидроагрегата	245
Осенін Ю.Ю., Войтенко В.П.	Статмоделирование задач о нестационарном разлете газа в вакуум	250
Левандовський В.О. Осенін Ю.Ю.	Віброакустоемісійний моніторинг динамічних характеристик екіпажної частини та взаємодії в системі «колесо – рейка»	254
Анотації Відомості про авторів	Прогнозування динамічних характеристик екіпажної частини за результатами контролю віброприскорень при ненормованому ковзанні	261
		264
		277

Колесников В.А. Влияние микроструктуры чугунов и сталей на интенсивность разрушения в условиях трения скольжения. Часть 1. Построение обобщенной схемы поверхностных и подповерхностных слоев трения детали изготовленной из графитизированной стали или чугуна // Вестник Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ (Луганск): вид-во СНУ ім. В.Даля, 2007. – № 7 (113). – С.155 – 163. **(фахова).**

Kolesnikov V.A. The influence of a microstructure cast-iron and steels on the intensity of destruction in conditions of a sliding friction. Part 1. Construction of the generalized scheme superficial and near layers friction of a detail made from graphitized steels or cast-iron. // Visnik SNU named after Volodymyr Dal – 2007.- №7 (113). –P. 155 – 163.

https://kolesnikov.ucoz.com/load/visnik_skhidnoukrajinskogo_nacionalnogo_univ_ersitetu_imeni_volodimira_dalja/1-1-0-327

https://kidkrasnodon.at.ua/load/vlijanie_mikrostruktury_chugunov_i_stalej_na_intensivnost_razrusheniya_v_usloviyakh_treniya_skolzheniya_chast_1/1-1-0-78

https://kolesnikov.ucoz.com/load/vlijanie_mikrostruktury_chugunov_i_stalej_na_intensivnost_razrusheniya_v_usloviyakh_treniya_skolzheniya_chast_1/1-1-0-328

https://www.researchgate.net/publication/355585484_Kolesnikov_VA_Vlianie_mikrostruktury_cugunov_i_stalej_na_intensivnost_razruseniya_v_usloviyah_treniya_skolzheniya_Cast_1_Postroenie_obobsennoj_shemy_poverhnostnyh_i_podpoverhnostnyh_sloev_treniya_detali_izg