

Г.М. Сорокин, В.Н. Малышев

ОСНОВЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ИЗНАШИВАНИЯ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
вузов Российской Федерации
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия для подготовки бакалавров
и магистров высших учебных заведений, обучающихся
по направлению подготовки 150700 «Машиностроение»,
профилю «Оборудование и технология повышения
износостойкости и восстановления деталей
машин и аппаратов»*



Москва • 2014 • Логос

УДК 620.179.112

ББК 34.41

С65

Р е ц е н з е н т ы:

Д.Е. Бугай, доктор технических наук, профессор Уфимского государственного
нефтяного технического университета

Кафедры «Топливообеспечение и газоснабжение» и «Бурение нефтяных
и газовых скважин» Сибирского федерального университета

С65 Сорокин Г.М.

Основы механического изнашивания сталей и сплавов:
учебное пособие / Г.М. Сорокин, В.Н. Малышев. – М.: Логос,
2014. – 308 с.

ISBN 978-5-98704-661-6

Систематизирована обширная информация о природе и закономерностях механического изнашивания, главным образом при воздействии абразива в условиях трения скольжения, качения, удара, воздушно-абразивного потока, в массе незакрепленного абразива и при контакте металлических поверхностей без абразива и смазки. Основное внимание уделено изучению влияния механических свойств сталей и сплавов при всех видах изнашивания и выявлению критериев оценки износостойкости сталей и сплавов при различных условиях внешнего силового воздействия.

Для бакалавров и магистров высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 150700 «Машиностроение», профилю «Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановления деталей машин и аппаратов». Может быть полезна преподавателям, аспирантам, научным работникам, конструкторам, трибологам, металловедам, работающим в области создания износостойких сталей и сплавов.

ISBN 978-5-98704-661-6

УДК 620.179.112

ББК 34.41

© Сорокин Г.М.,
Малышев В.Н., 2014
© Логос, 2014

Редактор *Е.В. Комарова*
Корректурa и верстка *Ю.В. Халфиной*

Формат 60×90/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Печ. л. 19,25. Тираж 500 экз.

Издательская группа «Логос»
Тел.: (495) 981-51-12, 955-78-30 www.logosbook.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	6
Введение	7

Глава 1. Изнашивание сталей и сплавов при взаимодействии с абразивом – как разновидность классического разрушения металлов	11
1.1. Общие замечания.....	11
1.2. Трещинообразование.....	13
1.3. Лункообразование.....	15
1.4. Шаржирование поверхности изнашивания	18
1.5. Образование «белой фазы».....	19

Глава 2. Виды механического изнашивания оборудования и инструмента	22
2.1. Общие замечания.....	22
2.2. Изнашивание в условиях трения скольжения.....	23
2.3. Изнашивание в условиях удара по абразиву.....	25
2.4. Изнашивание в воздушно- или газо-абразивном потоке	28
2.5. Изнашивание при движении в массе незакрепленного абразива	30
2.6. Роль абразива в природе механического изнашивания.....	31
2.7. Сведения об абразивах.....	35
2.8. Классификация видов изнашивания	37

Глава 3. Методы испытаний конструкционных материалов на изнашивание	41
3.1. Методы испытаний на абразивное изнашивание	41
3.2. Влияние режимов испытания на природу абразивного изнашивания	46
3.3. Методы испытаний на изнашивание при ударе.....	48
3.4. Метод испытаний на изнашивание при трении качения по незакрепленному абразиву	57

Глава 4. Характеристики механических свойств сталей.....	62
4.1. Механические свойства сталей различных структурных классов.....	62
4.2. Взаимосвязь механических свойств сталей	70
4.3. Возможности управления механическими свойствами сталей.....	79
 Глава 5. Экспериментальные исследования абразивного изнашивания сталей различных структурных классов ...	83
5.1. Влияние различных характеристик сталей на их износостойкость	83
5.2. Структурная устойчивость сталей и ее роль при абразивном изнашивании	93
5.3. Методы поверхностного упрочнения и оценка износостойкости упрочненных поверхностей	103
5.4. Влияние содержания углерода в сталях на их износостойкость ...	124
 Глава 6. Изнашивание сталей в воздушно-абразивном и газо-абразивном потоке.....	128
6.1. Особенности изнашивания в воздушно-абразивном потоке	128
6.2. Методическая информация.....	130
6.3. Деформация поверхностного слоя при контакте с абразивной частицей	135
6.4. Характер изменения объема единичной лунки.....	139
6.5. Изнашивание сталей в потоке абразива	143
6.6. О новых критериях оценки износостойкости сталей в потоке абразива	150
6.7. Изнашивание сталей при качении по незакрепленному абразиву	157
6.8. Особенности изнашивания сталей в гидроабразивном потоке ...	162
 Глава 7. Изнашивание сталей и сплавов при ударе по абразиву	164
7.1. Понятие об ударе	164
7.2. Основные закономерности ударно-абразивного изнашивания ...	169
7.3. Влияние механических свойств сталей на их износостойкость при ударе по абразиву и по металлу	181
7.4. Ударно-абразивное изнашивание наплавочных сплавов	197
7.5. Ударно-абразивное изнашивание твердых спеченных сплавов ..	204
7.6. Ударно-абразивное изнашивание упрочняющих покрытий	209
7.7. Влияние содержания углерода в сталях на механизм ударно-абразивного изнашивания.....	211
7.8. Критерии износостойкости сталей при изнашивании в условиях удара	215

Глава 8. Комплексные критерии оценки износостойкости сталей и сплавов	220
8.1. Исходные предпосылки	220
8.2. Роль твердости	221
8.3. Прочностная основа критериев механического изнашивания сталей	225
8.4. Роль показателей пластичности в оценке износостойкости.....	227
8.5. Практика применения комплексного критерия оценки износостойкости	234
Глава 9. Окислительное изнашивание	237
9.1. Общая характеристика окислительного изнашивания.....	237
9.2. Механизм формирования окисных пленок	240
9.3. Рельеф поверхности при нормальных условиях эксплуатации ..	242
9.4. Этапы окислительного изнашивания.....	251
Глава 10. Общие вопросы трибологии	253
10.1. Трение как составная компонента в механизме механического изнашивания.....	253
10.2. Конструкторские аспекты в трибологии	255
10.3. Справочные материалы	260
Глава 11. Роль металловедения в решении проблем трибологии	279
11.1. Тенденции развития металловедения последних лет.....	279
11.2. Перспективы создания высокопрочных сталей	284
11.3. Перспективы и возможности повышения долговечности машин различного назначения	289
Заключение.....	296
Список литературы.....	298
Об авторах	303
Приложение.....	305

ОБ АВТОРАХ

Георгий Матвеевич Сорокин родился 3 мая 1927 года. Участник Великой Отечественной войны. В послевоенные годы окончил Московский нефтяной институт имени И.М. Губкина, получил квалификацию инженера-механика.

В 1963 году ему была присвоена ученая степень кандидата технических наук. С этого года он работал доцентом, а после защиты в 1972 году диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук ему было присвоено звание профессора.

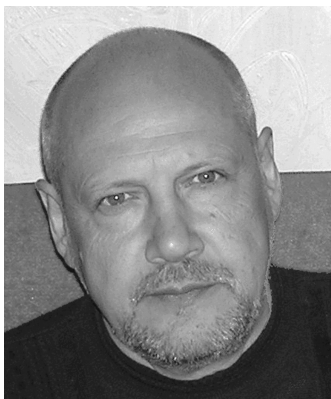


С 1967 по 1972 год Г.М. Сорокин осуществлял научное руководство в лаборатории долговечности нефтепромыслового и бурового оборудования. С 1972 по 1999 год заведовал кафедрой металловедения и неметаллических материалов университета имени И.М. Губкина. В настоящее время работает профессором этой же кафедры. Член редакционного совета журнала «Трение и износ», заместитель председателя специализированного совета по защите диссертаций.

Г.М. Сорокин опубликовал более 500 научных трудов, он имеет около 100 авторских свидетельств на изобретения. Автор 26 учебников, учебных пособий и монографий. Открыл новый вид износа – ударно-абразивный.

Его научные достижения в области трибологии широко известны у нас в стране и за рубежом.

Г.М. Сорокин – заслуженный деятель науки Российской Федерации, член-корреспондент Российской инженерной академии, почетный работник высшей школы, почетный нефтяник, почетный работник «Газпрома», трижды лауреат премии академии имени И.М. Губкина. Удостоен государственных наград, медали «За заслуги перед университетом», звания «Ветеран Губкинского университета».



Владимир Николаевич Малышев родился 8 сентября 1954 года. Выпускник Уфимского нефтяного института.

В 1984 году окончил аспирантуру Московского института нефтехимической и газовой промышленности имени И.М. Губкина с защитой диссертации на соискание степени кандидата технических наук. С 1999 года – доктор технических наук, с 2000 года доцент, а с 2004 года – профессор.

Работал инженером, младшим научным сотрудником кафедры нефтепроемеханики Уфимского нефтяного института, старшим инженером лаборатории специального материаловедения Харьковского филиала ВНИИПИморнефтегаз, а затем старшим преподавателем Брестского политехнического института. С 2004 года – профессор кафедры трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования Российского университета нефти и газа имени И.М. Губкина.

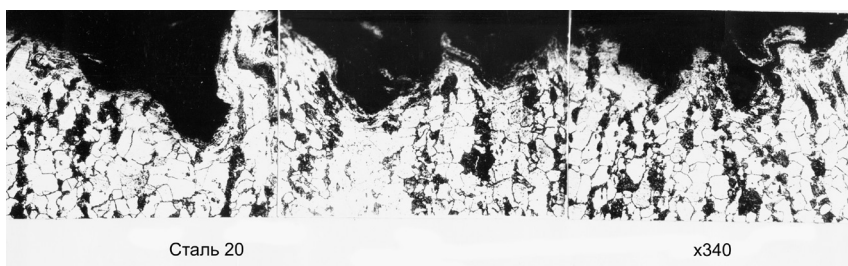
Выполнил комплекс научных исследований в области материаловедения, трибологии, защитных и износостойких керамических покрытий на металлах, а также по проблемам синергетики.

Опубликовал более 190 научных работ. Получил 18 авторских свидетельств и 6 патентов Российской Федерации.

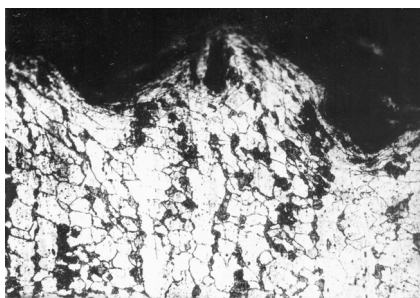
Завоевал авторитет в научных кругах и профессиональной среде как преподаватель, ученый и изобретатель, тесно связанный с практикой. Награжден почетным знаком «Изобретатель СССР». В 2013 году стал лауреатом конкурса «Инженер года».

ПРИЛОЖЕНИЕ

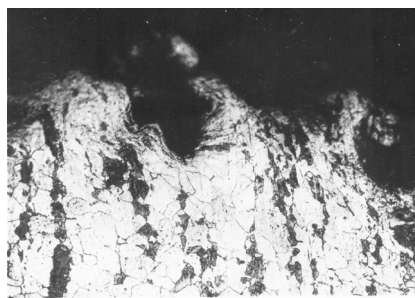
Качественная картина изнашивания и разрушения рабочих поверхностей деталей, выполненных из различных сталей, при ударно-абразивном изнашивании



a)



б)

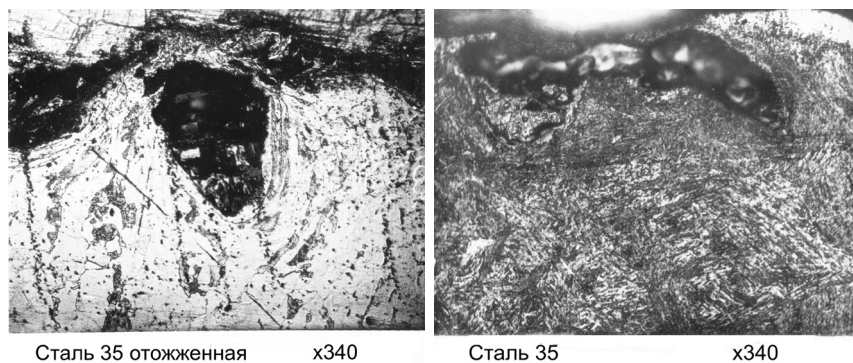


в)

Рис. П1. Микрорельеф поверхности стали 20 (а, б, в)



a)



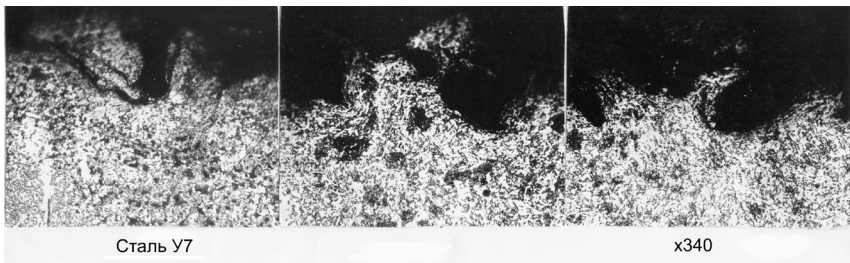
б)

в)

Рис. П2. Микрорельеф поверхности стали 35 в закаленном (а), отожженном (б) и отпущенном (в) состояниях



Рис. П3. Микрорельеф поверхности стали 45

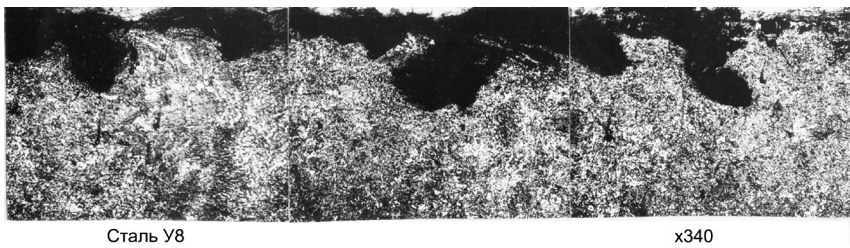


а)

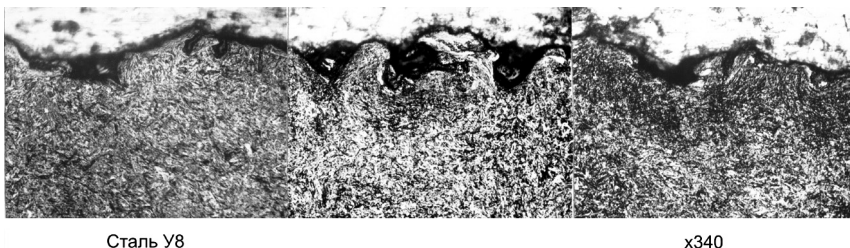


б)

Рис. П4. Микрорельеф поверхности инструментальной стали У7 (а, б)



а)



б)

Рис. П5. Микрорельеф поверхности инструментальной стали У8 (а, б)

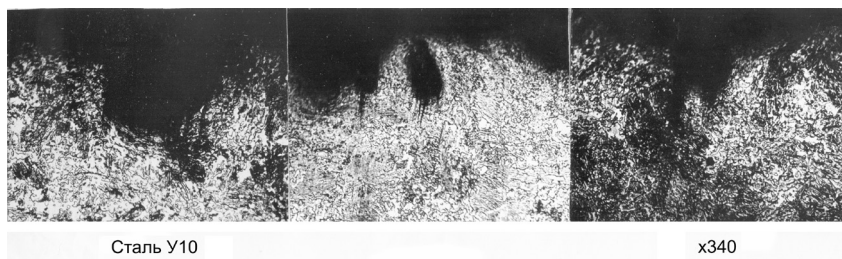
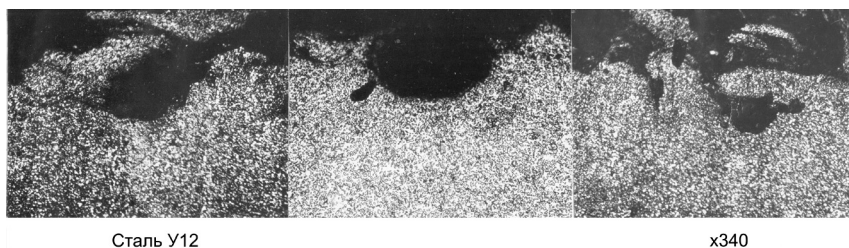
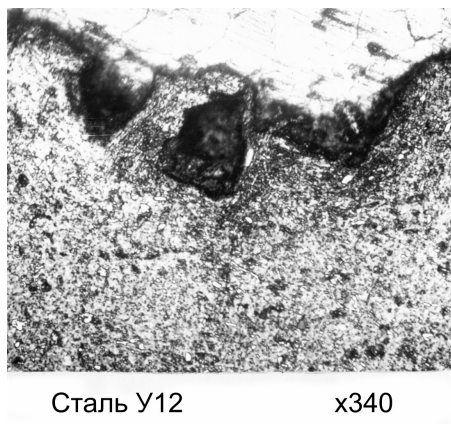


Рис. П6. Микрорельеф поверхности инструментальной стали У10



а)



б)

Рис. П7. Микрорельеф поверхности инструментальной стали У12 (*а, б*)