

перевозок. Это имеет важное значение, поскольку улучшение условий работы подшипников скольжения двигателей уменьшает сопротивление движению и изнашивание узлов трения, что повышает срок службы и надежность работы двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Laber S., Laber A. Własności smarne olejów przekładniowych modyfikowanych dodatkami miedziowymi. Materiały konf. „Problemy niekonwencjonalnych układów łożyskowych. – Łódź: Politechnika Łódzka, 1995. – S. 167 – 174.
2. Wiślicki W. Niekonwencjonalne dodatki do olejów smarowych// Paliwa, Oleje i Smary. – 1995. – № 17.- S 67 – 72.
3. Badania wdrożeniowe nowej technologii smarowania silników spalinowych opartej na wykorzystaniu niekonwencjonalnych dodatków niskotarciowych. Sprawozdanie z badań. Centrum Naukowo – Produkcyjno - Handlowe LASTA-POL.- Zielona Góra, 1998. – 36 s.

УДК 621.787

С. Лабер, А. Лабер, А. Левандовски, Р. Коздрах

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЧУГУНА

*Зеленогурский университет
Зелена Гура, Польша*

Надежность работы машин в значительной степени определяется износостойкостью поверхностных слоев деталей, составляющих кинематические пары трения. Поэтому выбор способа и режимов финишной обработки, определяющей состояние поверхностного слоя, играет важную роль.

Одним из широко известных способов повышения эксплуатационных свойств деталей машин является их обработка поверхностным пластическим деформированием (ППД). Известен ряд работ в области ППД конструкционных сталей [1,2], однако отсутствуют подробные исследования особенностей упрочнения чугуна.

Чугун широко используется в различных отраслях промышленности: станкостроении (станины и коробки станков, зубчатые колеса); автомобиле- и тракторостроении (гильзы цилиндров, шатуны, распределительные и коленчатые валы и др.); строительном машиностроении (детали редукторов, втулки шарниров и т.д.). Это типичный многофазный сплав, в котором микроструктура определяет механические свойства. Как свойства металлической основы, так и включения графита оказывают значительное влияние на состояние поверхностного слоя после ППД [1].

Целью исследований являлось исследование состояния поверхностного слоя и

его влияния на фрикционные свойства чугуна – особенности изнашивания, коэффициент трения, температура в зоне трения. Исследовались две разновидности чугунов – серый и сфероидальный. Оба материала имели одинаковую металлическую основу (55% феррита + 45% перлита) и отличались только количеством и структурой графитовых включений. Химический состав и механические свойства чугунов приведены в табл. 1.

Рассматривались два метода финишной обработки – шлифование и ППД с силой 1000, 3000 и 4000 Н при постоянных подаче 0,21 мм/об, скорости 56 м/мин и числе проходов 2. Диаметр накатного ролика 60 мм, радиус 20 мм, в качестве смазочного вещества использовалось машинное масло М 10.

Таблица 1

Химический состав и механические свойства исследованных чугунов

Материал	Химический состав, %					НВ, МПа	σ_s , МПа
	C	Mn	Si	P	S		
Серый чугун	3,35	0,92	1,19	0,16	0,05	2150	274
Сфероидальный чугун	3,37	0,40	2,95	0,14	0,02	2160	595

Трибологические исследования выполнялись на приборе AMSLER 135 в соответствии с нормой PN-75/M-04305. На основании предварительных исследований и с учетом уровня температур, возникающих в зоне трения, были приняты следующие условия испытаний: скорость трения 0,49 м/с; путь трения 25133 м; давление 5,17 МПа; смазывание капельное машинным маслом М 10.

Результаты исследования состояния поверхностного слоя исследованных чугунов после ППД и шлифования приведены в табл. 2, 3. Состояние поверхностного слоя для обеих разновидностей чугунов после обработки ППД значительно лучше, чем при шлифовании – меньше высота микронеровностей, выше показатели опорной поверхности профиля, степень наклепа, более высокие напряжения сжатия. В диапазоне исследованных сил деформирования их возрастание приводило к улучшению состояния поверхностного слоя. Наилучшие результаты наблюдались при усилии 4000 Н:

для серого чугуна $Ra = 0,48$ мкм, $G_{20} = 18\%$, $G_{50} = 40\%$, $U_{max} = 41\%$,
 $(\sigma_1 + \sigma_2)_{max} = -465$ МПа;

для сфероидального чугуна $Ra = 0,38$ мкм, $G_{20} = 21\%$, $G_{50} = 45\%$, $U_{max} = 43\%$,
 $(\sigma_1 + \sigma_2)_{max} = -550$ МПа.

Улучшение состояния поверхностного слоя является результатом упрочнения

под действием силы деформирования. Согласно [1], уровень силы 4000 Н является оптимальным, обеспечивающим наилучшую совокупность свойств поверхностного слоя.

Из анализа табл. 2, 3 следует, что вид чугуна и содержащегося в нем графита также оказывают влияние на свойства поверхностного слоя. Лучшие результаты зафиксированы для сфероидального чугуна со сферическими частицами графита в микроструктуре.

В табл. 4, 5 приведены результаты исследований линейного износа, коэффициента трения и температуры в зоне трения. Для исследованных чугунов упрочнение методом ППД по сравнению со шлифованием обеспечило лучшие фрикционные свойства поверхностей (меньшие уровни фрикционных свойств). Это обусловлено

Таблица 2

Параметры поверхностного слоя образцов из серого чугуна
после финишной обработки

Вид обработки	Параметры поверхностного слоя				
	Ra , мкм	G_{20} , %	G_{50} , %	U_{max} , %	$(\sigma_1 + \sigma_2)_{max}$, МПа
Шлифование	0,77	6	27	20	340
ППД					
сила 1000 Н	0,65	15	27	27	- 310
3000 Н	0,53	18	35	33	- 370
4000 Н	0,48	18	40	41	- 465

Таблица 3

Параметры поверхностного слоя образцов из сфероидального чугуна
после финишной обработки

Вид обработки	Параметры поверхностного слоя				
	Ra , мкм	G_{20} , %	G_{50} , %	U_{max} , %	$(\sigma_1 + \sigma_2)_{max}$, МПа
Шлифование	0,65	8	24	22	350
ППД					
сила 1000 Н	0,49	18	32	29	- 430
3000 Н	0,42	22	37	32	- 480
4000 Н	0,38	21	45	43	- 550

изменением как геометрических, так и физических характеристик поверхностного слоя. На рис. 1 можно заметить, что после шлифования поверхность имеет худший профиль, на ней наблюдаются задиры, тогда как после ППД профиль более плавный, со следами обработки, возникшими в результате пластических деформаций припо-

верхностных слоев. На поверхности образцов после ППД наблюдаются также выделения графита, который в процессе трения играет роль дополнительного смазочного средства, улучшая трибологические свойства трущейся пары.

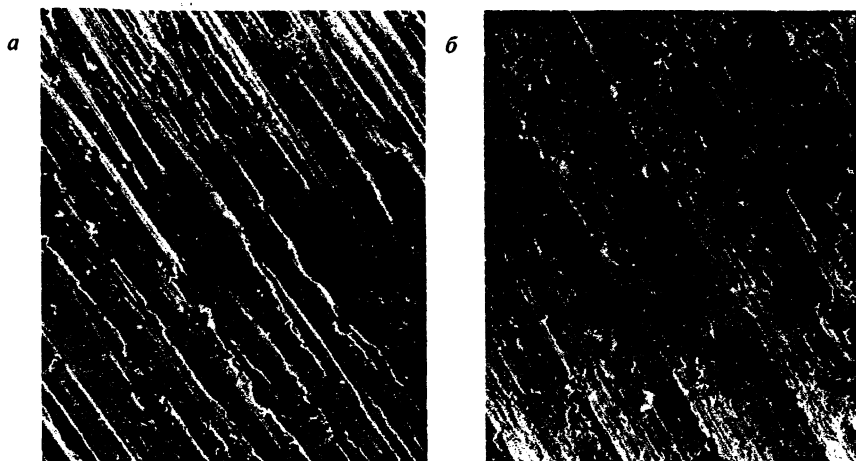


Рис. 1. Поверхность образцов из сфероидального чугуна:

a – после шлифования; *б* – после ППД ($\times 200$)

Возрастание износостойкости поверхности после ППД связано также с характером остаточных напряжений в поверхностном слое и степенью наклепа. Как показали исследования, после шлифования в поверхностном слое наблюдаются как

Таблица 4

Фрикционные свойства серого чугуна после финишной обработки

Вид обработки	Фрикционные свойства		
	Коэффициент трения	Износ, мкм	Температура, °С
Шлифование	0,09	13	398
ППД			
сила			
1000 Н	0,075	10	390
3000 Н	0,06	7	385
4000 Н	0,05	3,5	390

Фрикционные свойства сфероидального чугуна после финишной обработки

Вид обработки	Фрикционные свойства		
	Коэффициент трения	Износ, мкм	Температура, °С
Шлифование	0,08	11	380
ППД			
сила 1000 Н	0,08	9	375
3000 Н	0,06	7	369
4000 Н	0,05	3	363

растягивающие, так и сжимающие напряжения, а после ППД – только сжимающие. Наклеп поверхностного слоя вызывает измельчение зерен и появление текстуры (рис. 2). В зоне текстуры микроструктура более равновесная, что, не зависимо от прочих явлений, формирует в данной зоне новые механические свойства материала, улучшающие его фрикционные свойства.

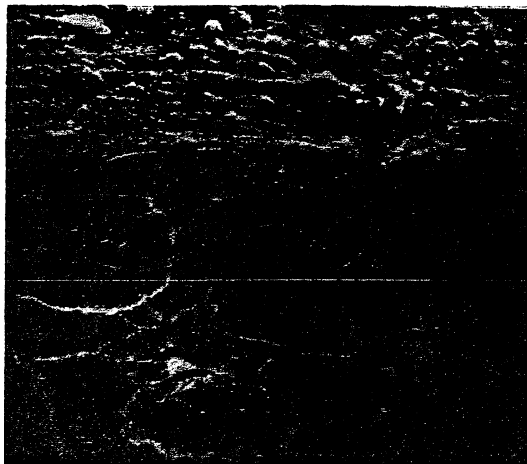


Рис. 2. Микроструктура образцов из сфероидального чугуна: после ППД (× 1000)

Выполненные исследования показали, что обработка ППД влияет на изменение свойств поверхностного слоя деталей из чугуна, в частности, на формирование геометрии поверхности и физико-механических свойств, (измельчение и однородность микроструктуры, степень наклепа, образование напряжений сжатия). Такой поверхностный слой определяет фрикционные свойства чугуна, более высокие по сравне-

нию с обработкой шлифованием. Значительную роль на состояние поверхностного слоя после ППД играет состояние графитовых включений. Наиболее эффективен сфероидальный графит, поскольку в процессе деформации в зоне частицы пластического графита имеет место разрушение металлической основы, ухудшающее условия трения, тогда как частицы сфероидального графита выходят на поверхность трения и улучшают условия смазывания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Laber St.: Analiza współzależności pomiędzy stanem warstwy wierzchniej a właściwościami użytkowymi żeliwnych elementów maszyn obrabianych nagniataniem. Praca habilitacyjna. – Zielona Góra: WSInż., 1985. – 163 s. 2. Polowski W.: Badania porównawcze wpływu nagniatania i szlifowania na niektóre właściwości użytkowe warstwy wierzchniej stali konstrukcyjnej. Praca doktorska. – Gdańsk: Politechnika Gdańska, 1975. – 166 s.

УДК 539.3

И.А. Миклашевич, А.М. Корсунский

ВЛИЯНИЕ ЗОНЫ ОСЛАБЛЕННЫХ СВЯЗЕЙ НА ТРАЕКТОРИЮ ТРЕЩИНЫ В НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Department of Engineering Science University of Oxford

Oxford, England

1. ВВЕДЕНИЕ

Ранее [1-3] было рассмотрено распространение трещины в композиционном материале на основании оптико-механической аналогии как геодезической выделения энергии разрушения. При этом принималась модель идеального разрушения, в которой отсутствуют масштабные эффекты - рост (или длина) трещины не влияют на свойства материала и параметры роста. Однако, известно [4-5], что это не совсем справедливо. В действительности, при продвижении трещины в области вблизи вершины существует зона влияния трещины. В этой зоне происходят процессы пластического деформирования и накопления микроскопических дефектов, которые постепенно растут и коагулируют в наблюдаемую трещину. Эффекты, связанные с существованием зоны, могут быть учтены путём введения представления о существовании зоны ослабленных механических связей вблизи вершины [6, 7]. Рассмотрим