



«Технология конструкционных материалов и материаловедение»

Лабораторная работа №5

Доцент Дощечкина И.В.

Доцент Костина Л.Л.

Лабораторная работа №5

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА АНТИФРИКЦИОННЫХ СПЛАВОВ

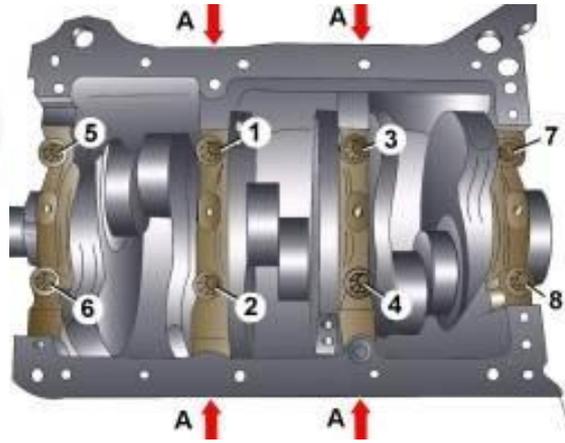
Цель работы - проанализировать микроструктуру основных групп антифрикционных сплавов и ознакомиться с их свойствами и областями использования.

Приборы и материалы:

1. Металлографический микроскоп.
2. Набор микрошлифов антифрикционных материалов.
3. Образцы биметаллических и триметаллических подшипников.



Вкладыши подшипников



Вкладыши подшипников
в судовых двигателях

Подшипники скольжения
(вкладыши) в блоке цилиндров
автомобильных двигателей



Вкладыши подшипников
в двигателях тепловозов



Теоретические основы работы

Требования к антифрикционным материалам

Антифрикционными называются материалы, которые используются для подшипников скольжения и обеспечивают малые потери энергии при работе пары трения. **Главное требование к этим материалам** - низкий коэффициент трения в паре с контртелом.

Хорошая прирабатываемость

Малая изнашиваемость вала

Высокая усталостная прочность

Хорошая теплопроводность

Достаточная коррозионная стойкость

Хорошие технологические свойства

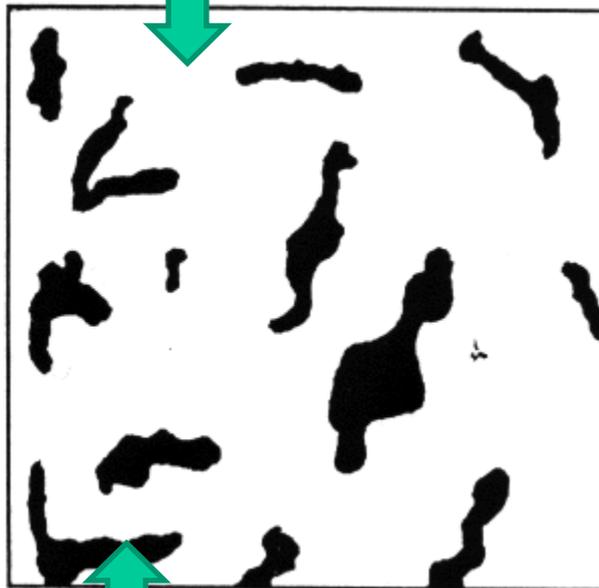
Достаточная прочность

Теоретические основы работы

Низкий коэффициент трения имеют материалы, способные удерживать на поверхности масляную плёнку.

Твёрдая составляющая

Для этого материал должен быть неоднородным, то есть структура должна содержать мягкие и твёрдые составляющие.

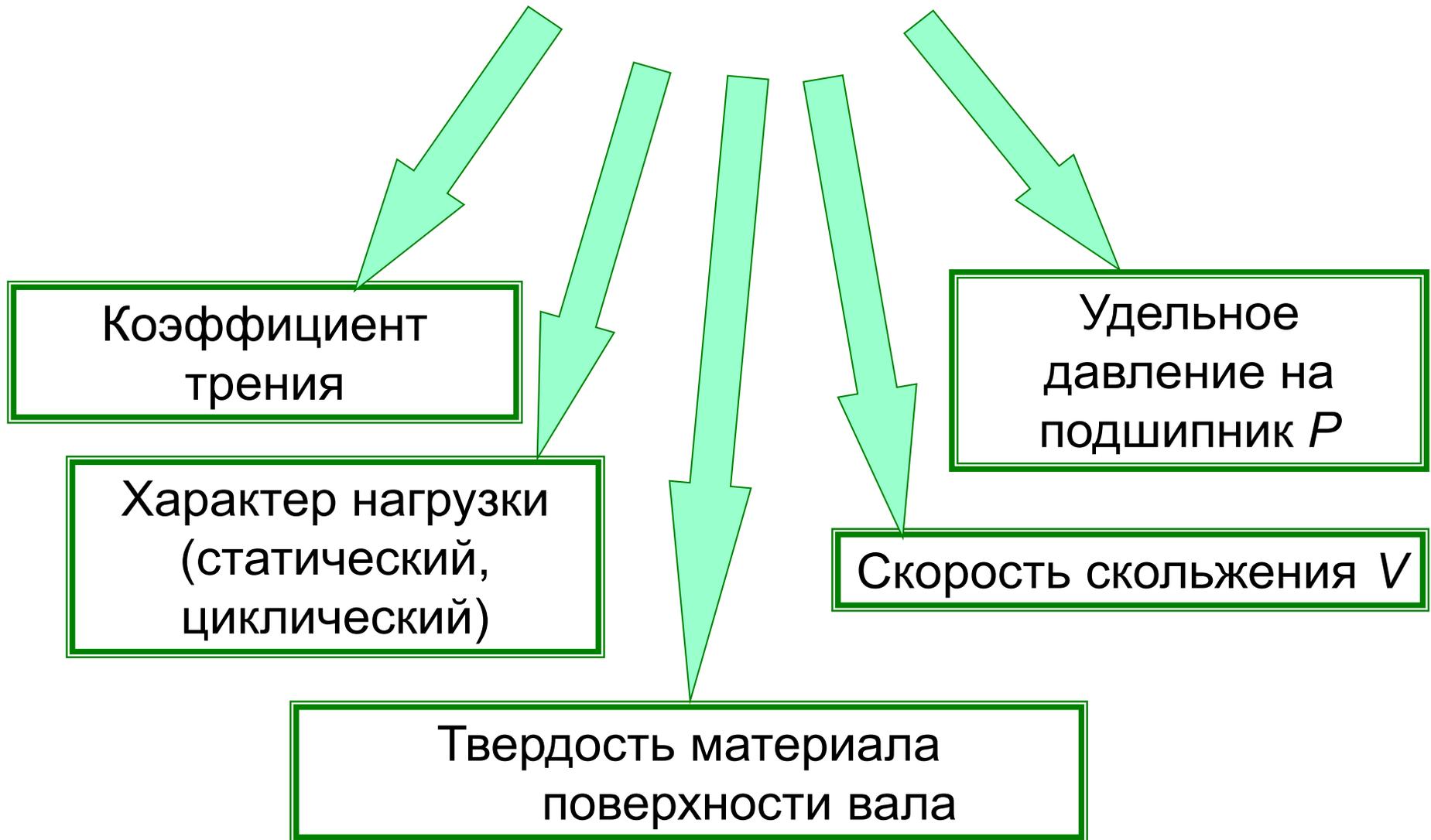


В процессе работы мягкая составляющая вырабатывается, и образуются микровпадины, в которых задерживается смазка.

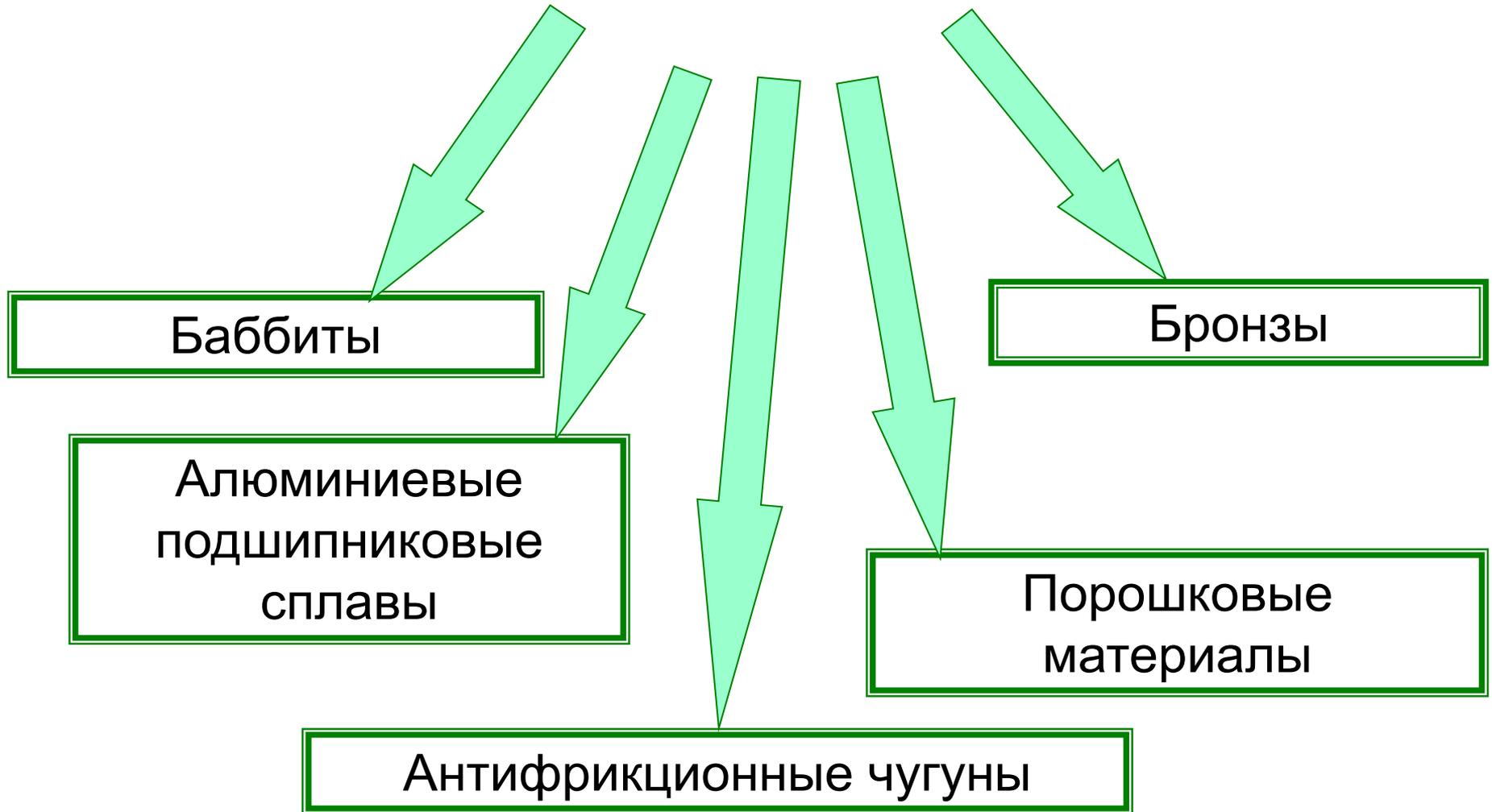
Мягкая составляющая

Микроструктура может состоять из мягкой основы и твердых включений или твердой основы, в которой расположены мягкие включения.

Основные параметры при выборе материала подшипника



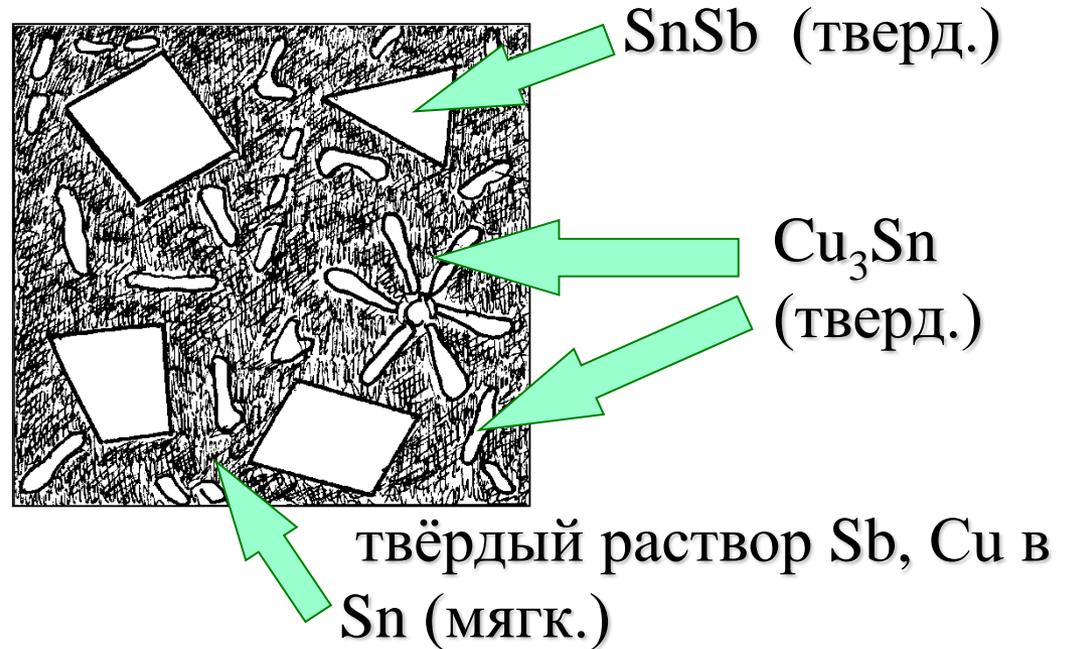
Основные группы металлических антифрикционных материалов



Баббиты

Баббитами называются легкоплавкие сплавы на основе олова или свинца. Классическим является оловянный баббит **Б83 (83% Sn, 11% Sb, 6% Cu)**.

Его структура состоит из твердых кристаллов SnSb кубической формы и звездчатых или удлиненных кристаллов Cu_3Sn , располагаемых в мягкой пластической основе, которая представляет собой твердый раствор Sb и Cu в Sn.

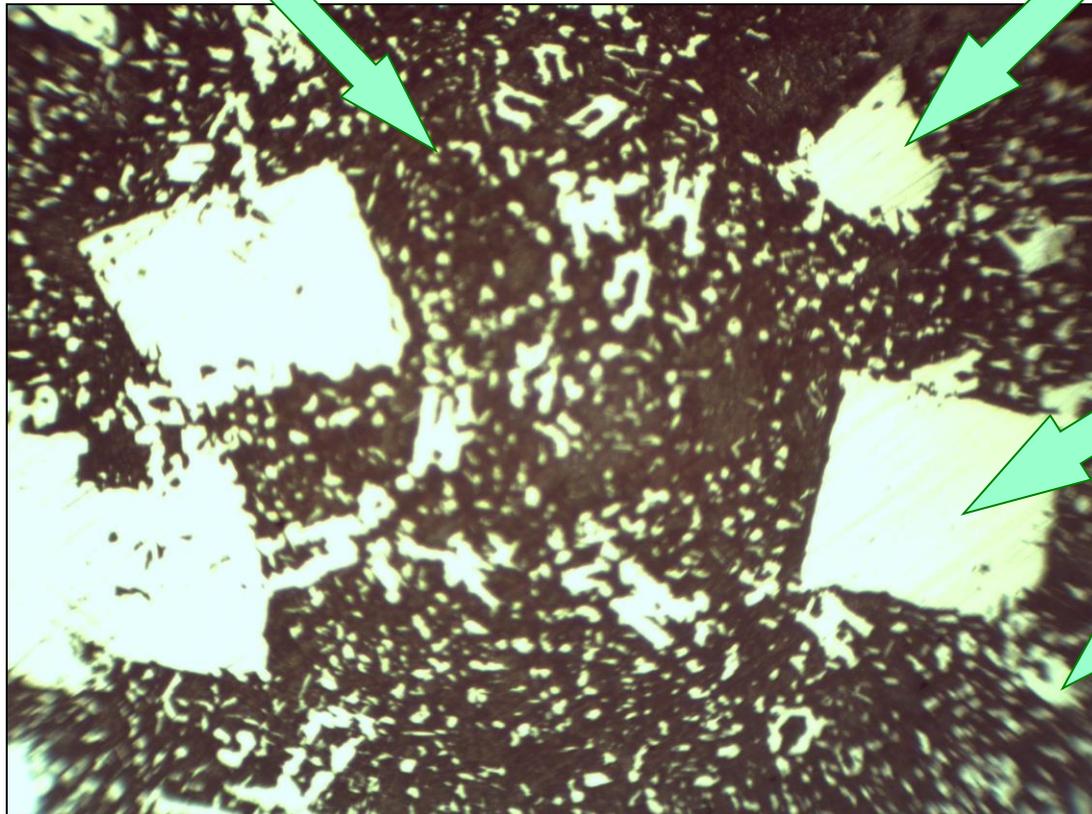


Такая структура обеспечивает низкий коэффициент трения. Основным недостатком оловянных баббитов является их низкая усталостная прочность. Поэтому они **непригодны для быстроходных бензиновых двигателей**. Так как баббиты имеют низкий коэффициент трения и низкую прочность, то их наносят в виде покрытия на более прочную основу, т.е. для изготовления биметаллических подшипников.

Баббиты

твёрдый раствор Sb и
Cu в Sn (мягк.)

SnSb (твёрд.)



Cu₃Sn
(твёрд.)

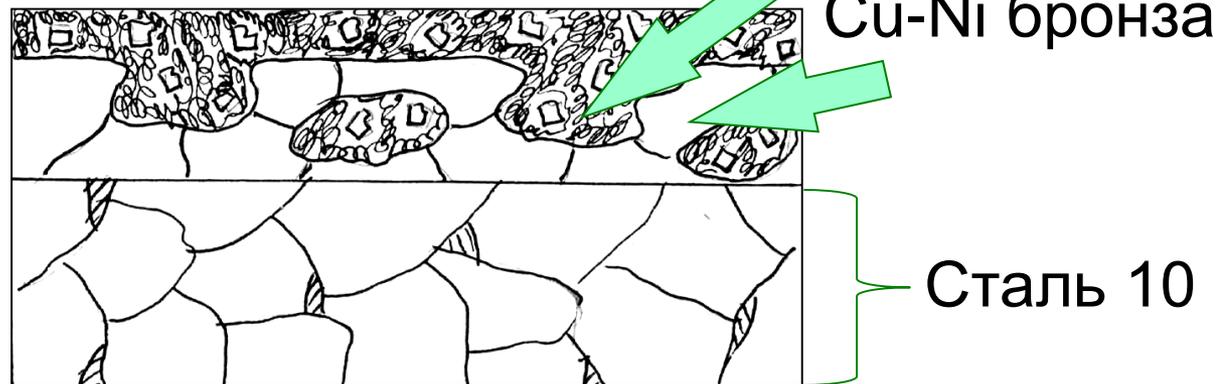
Оловянный баббит Б83
(11% Sb, 6% Cu, остальное Sn)

Баббиты

Уменьшения толщины слоя баббита можно достичь в так называемых триметаллических подшипниках, где между стальной основой и антифрикционным материалом наносится промежуточный пористый медно-никелевый слой.

При заливки жидкий баббит затекает в поры подслоя, что обеспечивает хорошее сцепление слоя с основанием.

Свинцовый баббит Б16



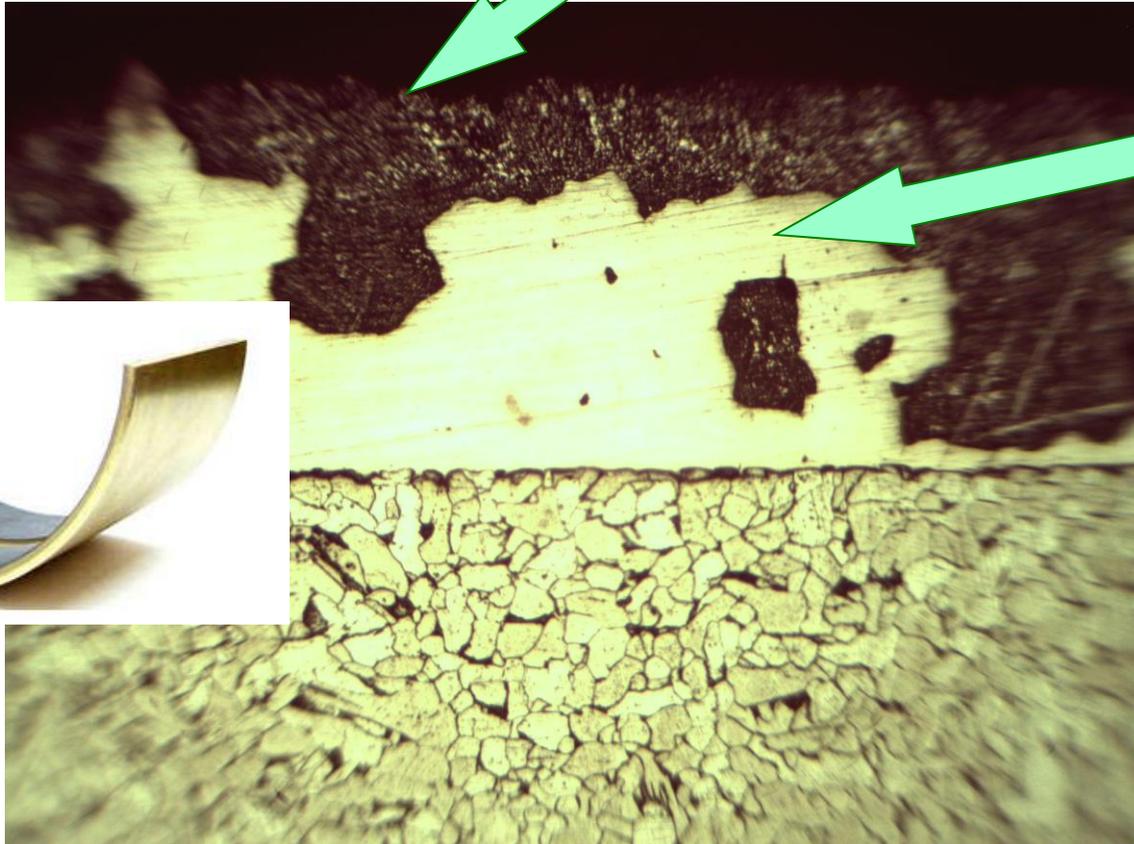
Это позволяет уменьшить толщину слоя и улучшить служебные свойства вкладыша. Такие подшипники широко используют в автомобилях ГАЗ, ЗИЛ, КрАЗ.

Баббиты

Свинцовый баббит Б16

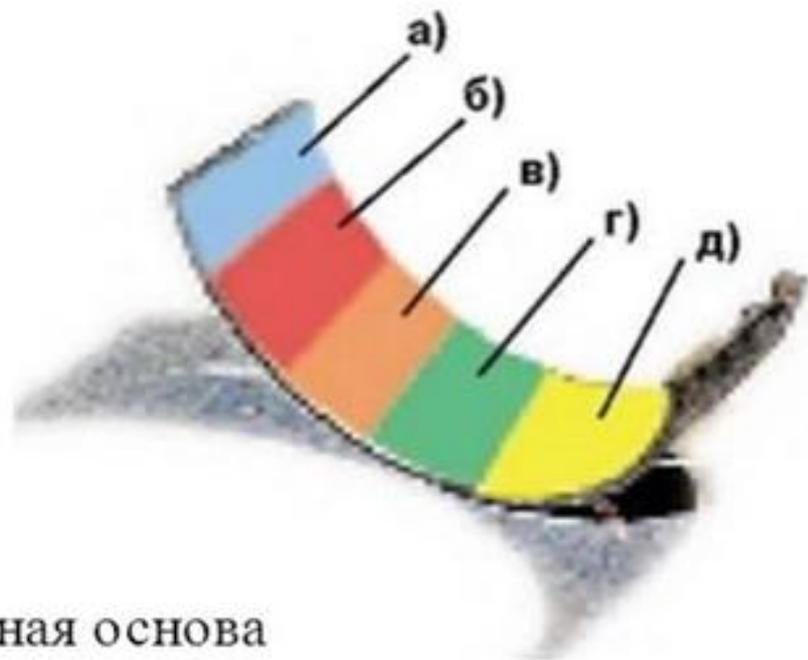
Cu-Ni бронза

Сталь 10



Триметаллический вкладыш подшипника.
Сталь 10 + Cu-Ni бронза + свинцовый баббит Б16

У многослойных вкладышей каждый слой выполняет свою задачу:



а) стальная основа

б) основной бронзовый антифрикционный слой

в) подслой никеля

г) баббитовое покрытие

д) покрытие оловом для приработки

Биметаллический подшипник

Антифрикционный
алюминиевый сплав

Алюминиевый
подслой



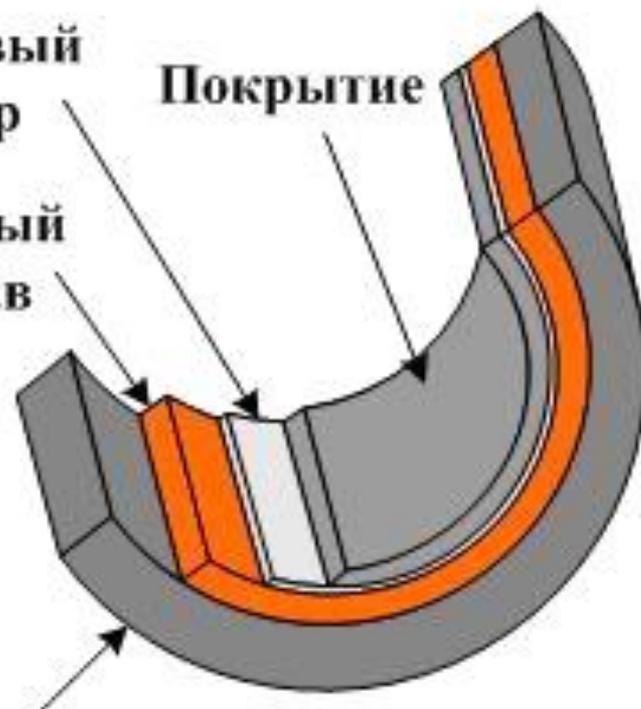
Стальное основание

Триметаллический подшипник

Никелевый
барьер

Медный
сплав

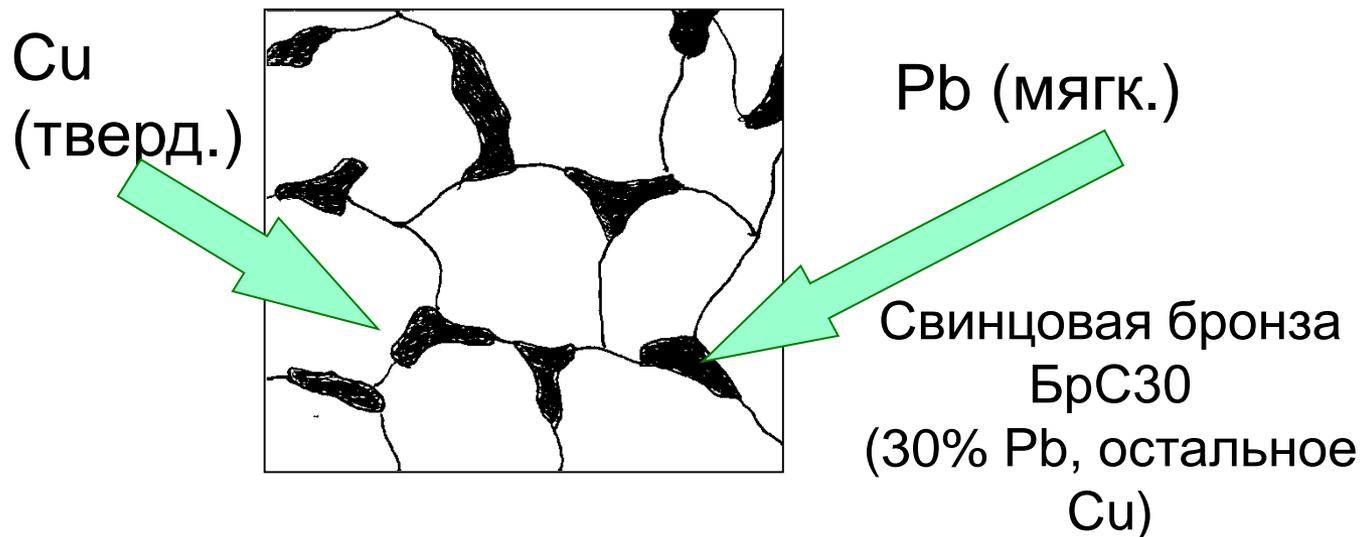
Покрытие



Антифрикционные бронзы и латуни

В качестве антифрикционных применяют двойные свинцовые и оловянные, а также сложные бронзы. Эти сплавы прочнее баббитов, поэтому они используются для тяжело нагруженных подшипников, работающих при больших удельных давлениях и высоких скоростях скольжения.

В частности, бронзовые подшипники применяют в авиастроении.



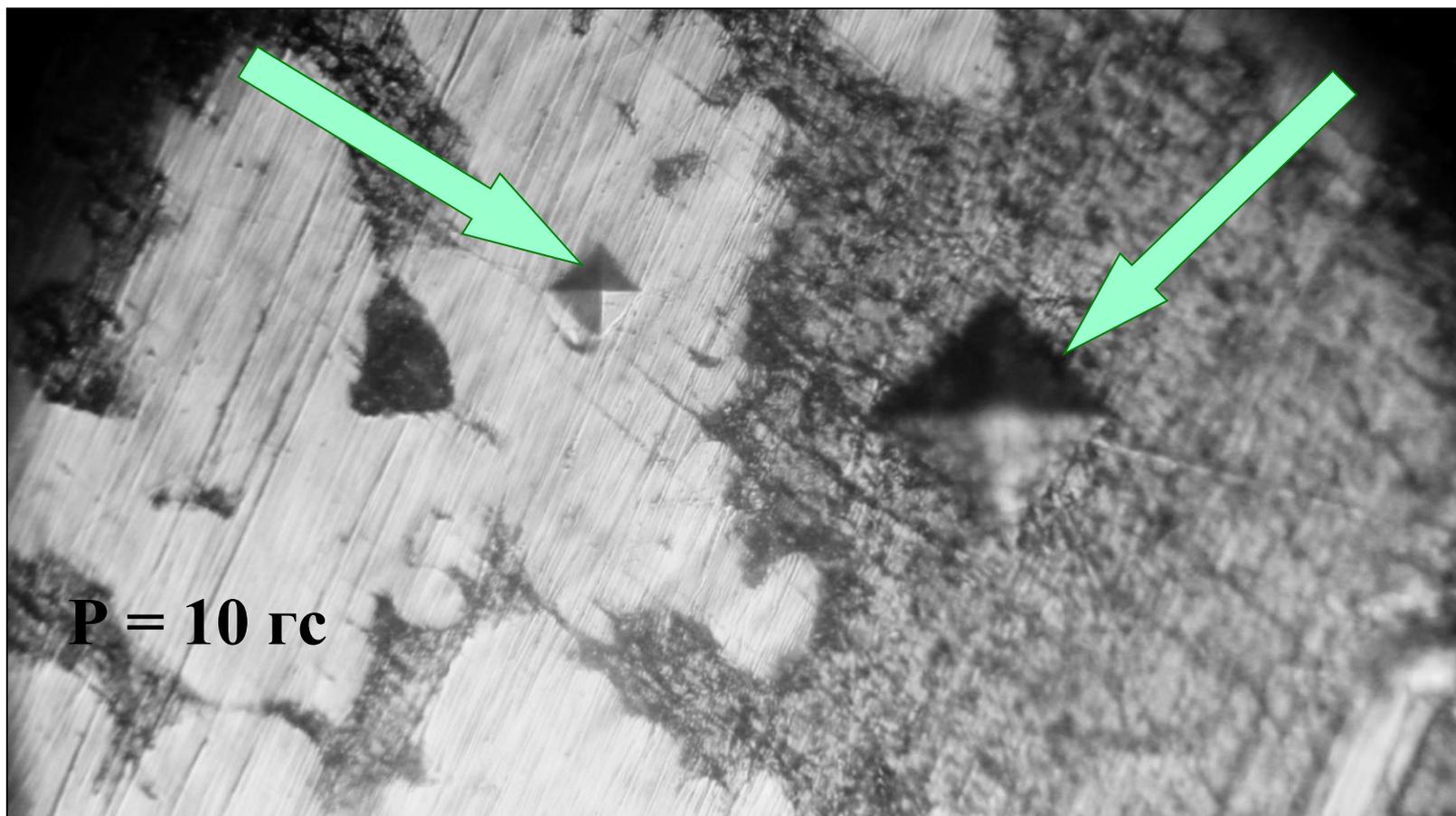
Структура свѳнцовой бронзы БрС30 (70% Cu, 30% Pb) является механической смесью зерен Pb и Cu. Равномерное вкрапление мѳгкого свѳнца в твердую медь обеспечивает высокие антифрикционные свойства.

Антифрикционные бронзы и латуни



Свинцовая бронза БрС30
(30% Pb, остальное Cu)

Антифрикционные бронзы и латуни

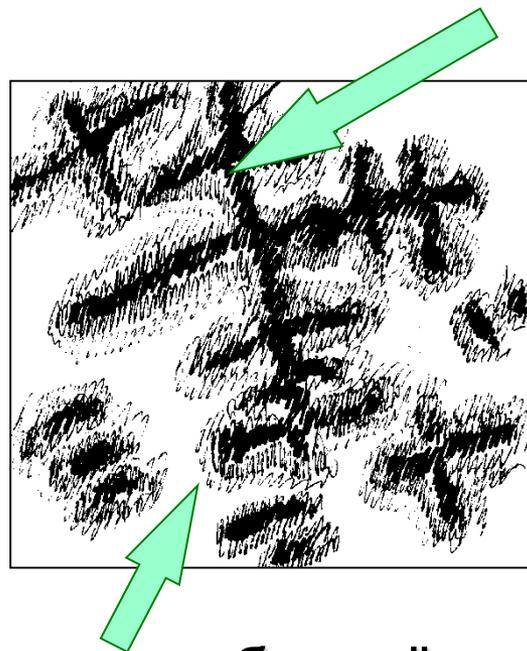


Структура БрС30: механическая смесь мягких зёрен свинца и твёрдых зёрен меди. Твёрдость свинца - HV9, твёрдость меди – HV57.

Антифрикционные бронзы и латуни

В качестве антифрикционных используют оловянные бронзы Бр06 (6% Sn, остальное Cu), Бр010 (10% Sn, остальное Cu). В таких количествах олово полностью растворяется в меди, образуя твердый раствор.

Распределение олова в литом сплаве неоднородное: оси дендритов обедненные оловом, междендритные пространства обогащенные этим элементом, и создает необходимую микрогетерогенность структуры.



α – тв. р-р, обеднённый Sn (мягк.)

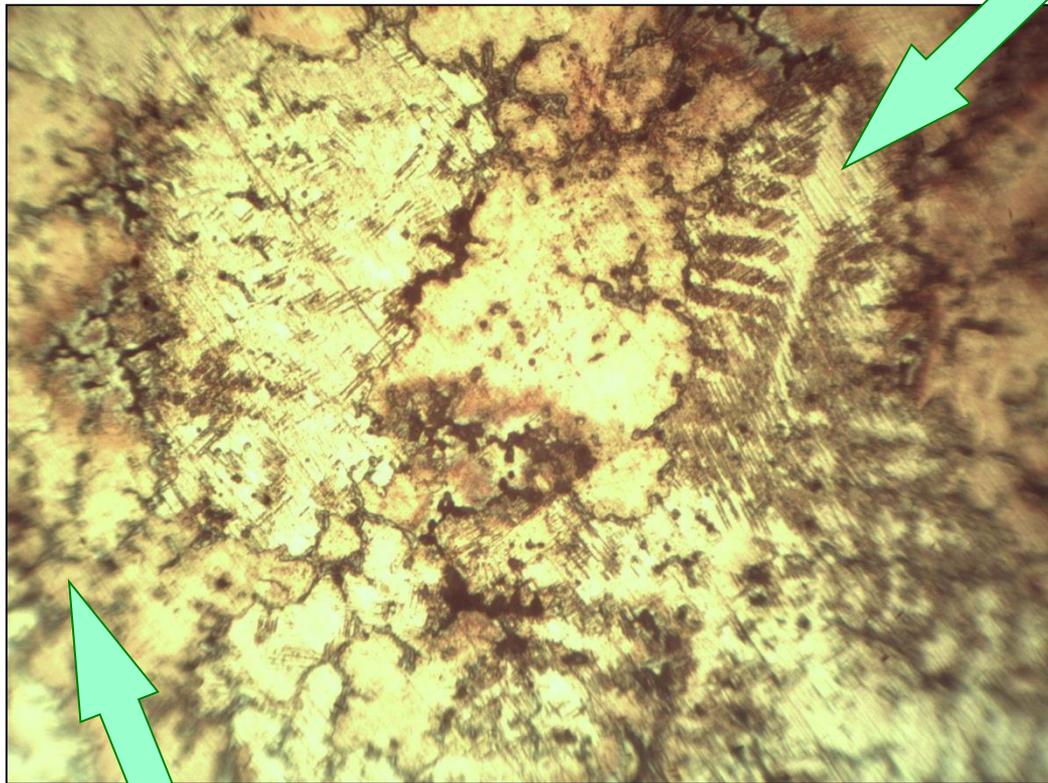
Оловянная бронза Бр06 (6% Sn, ост. - Cu)

α – тв. р-р, обогащённый Sn (тврд.)

Антифрикционные латуни дешевле бронзы и используются как их заменители.

Антифрикционные бронзы и латуни

α – тв. р-р, обеднённый Sn (мягк.)



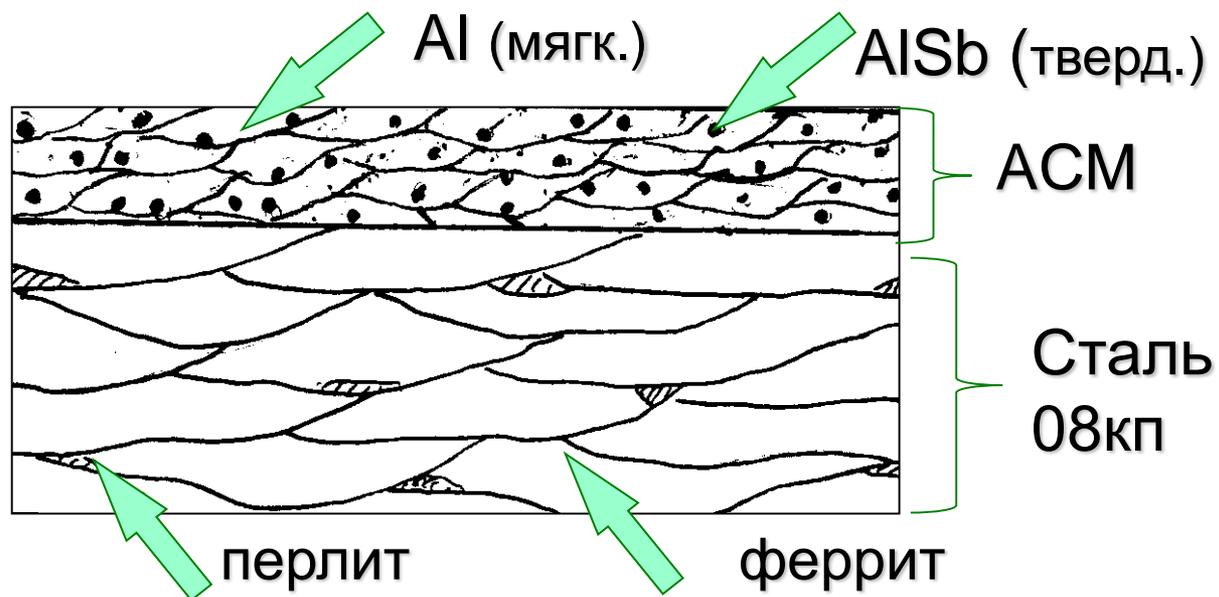
α – тв. р-р, обогащённый Sn (твёрд.)

Оловянная бронза Бр06
(6% Sn, ост. - Cu)

Алюминиевые подшипниковые сплавы

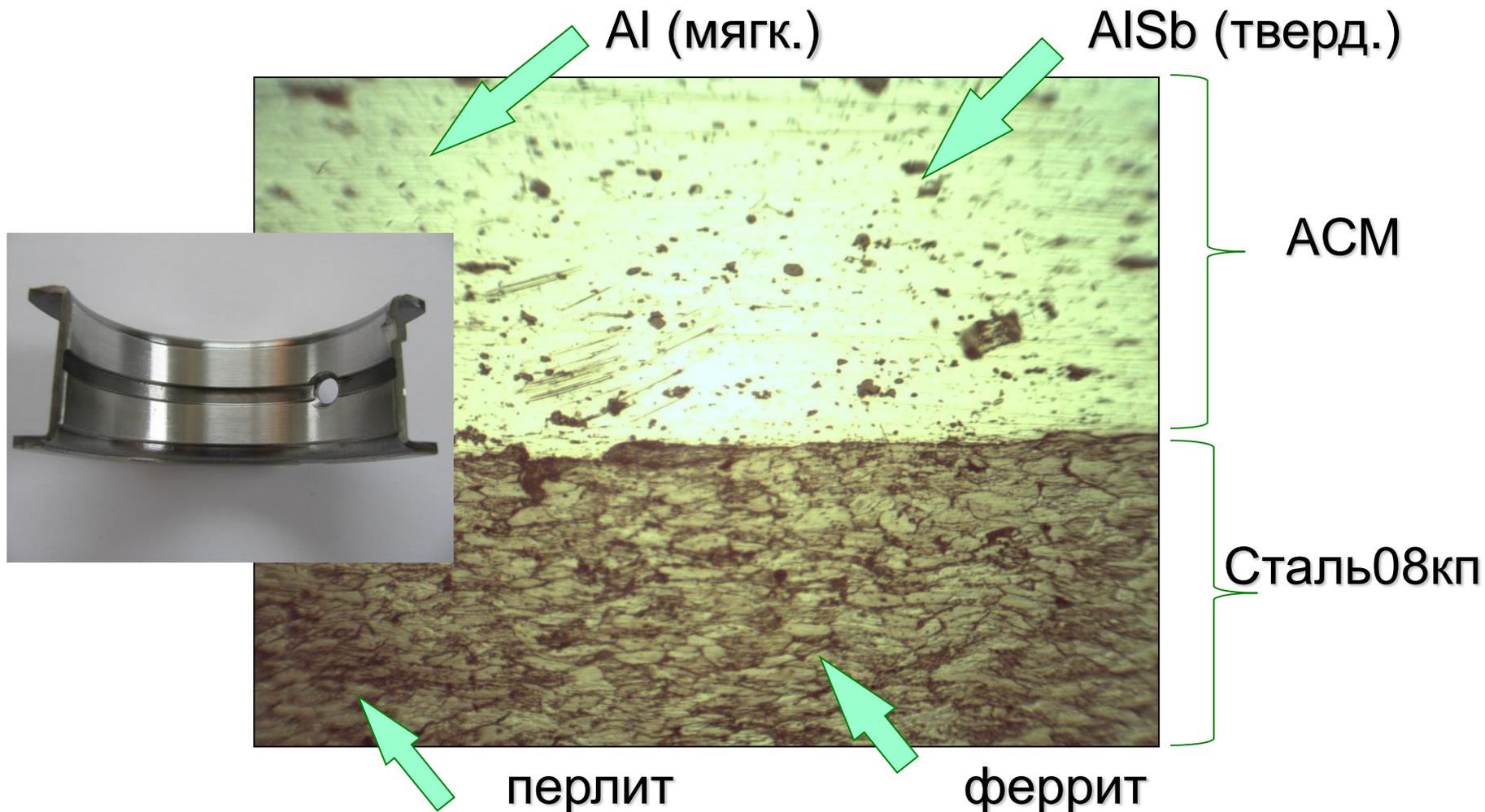
Антифрикционные сплавы на основе алюминия легируют Sb, Pb, Mg, Cu и некоторыми другими элементами. Эти сплавы имеют относительно низкий коэффициент трения, высокие износостойкость и усталостную прочность, хорошую технологичность.

Их наносят на стальную основу (сталь типа 08кп) в виде ленты, а сцепление слоев обеспечивается совместной прокаткой.



Одним из таких сплавов является ACM (4% Sb, 0,5% Mg, остальное Al). Его структура состоит из мягкой алюминиевой основы и включений твердой фазы AlSb. Сплав ACM нашел широкое применение в тяжело нагруженных дизельных двигателях. Недостатками сплава является худшая, чем у баббита и бронзы, прирабатываемость.

Алюминиевые подшипниковые сплавы

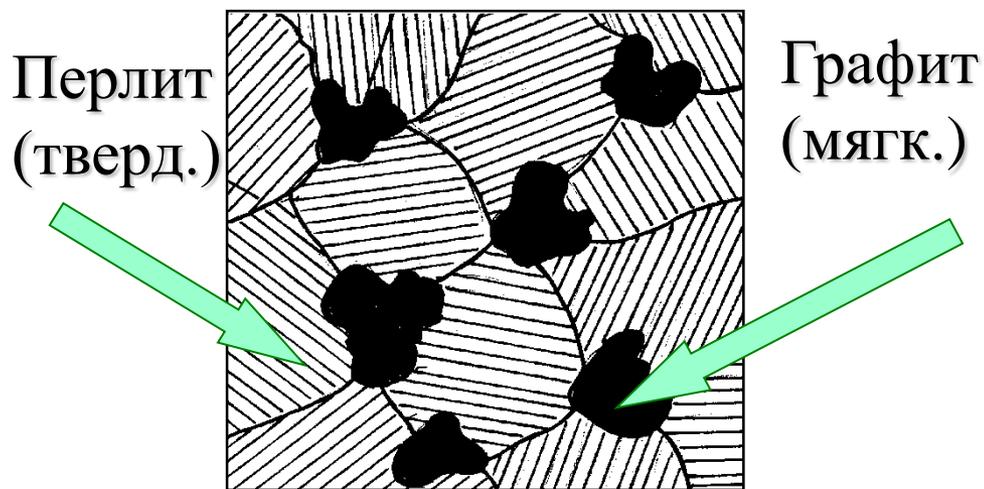


Биметаллический вкладыш подшипника.
Сталь 08кп + алюминиевый сплав АСМ
(4% Sb, 0,5% Mg, ост. - Al)

Порошковые антифрикционные материалы

Порошковые антифрикционные сплавы, как правило, используются для втулок или колец и изготавливаются из порошков железа и графита, бронзы и графита и т.д. по обычной технологии порошковой металлургии прессованием и последующим спеканием. Чаще всего применяются композиции Fe-графит или Fe-Cu-графит.

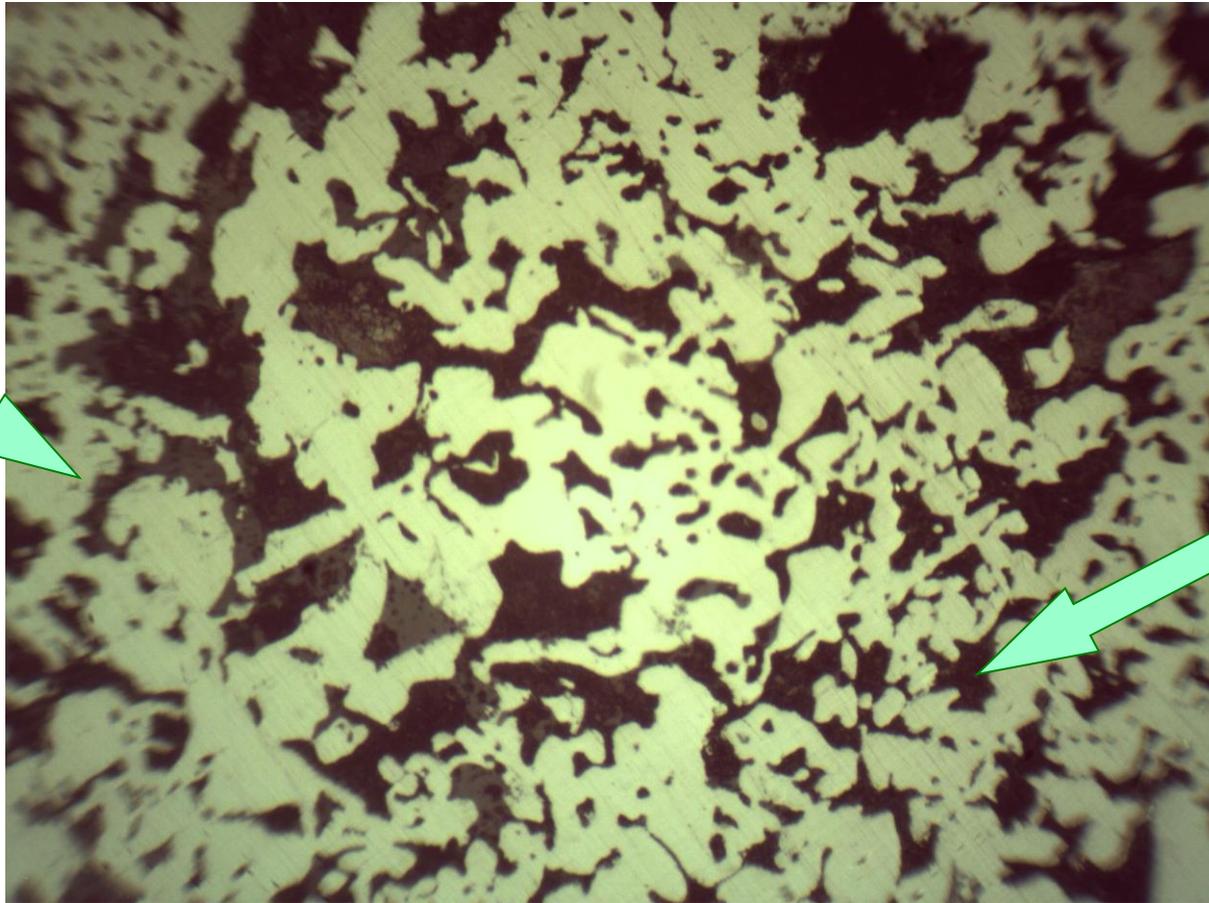
После спекания антифрикционные порошковые изделия подвергают пропитке маслом (погружение в горячее масло и выдержка в нем 1-2 ч.) При этом смазка проникает в поры и частично поглощается графитом. Подшипник становится самосмазывающимся.



Самосмазывающиеся подшипники устанавливаются в узлах, где смазка затруднена или невозможна (например, текстильной или пищевой промышленности). Вследствие значительной пористости они предназначены для работы при небольших скоростях скольжения и отсутствии ударных нагрузок. Железо-графитовые композиции с добавлением меди применяют для поршневых колец (марка ЖГр2Д2).

Порошковые антифрикционные материалы

Перлит
(тverd.)



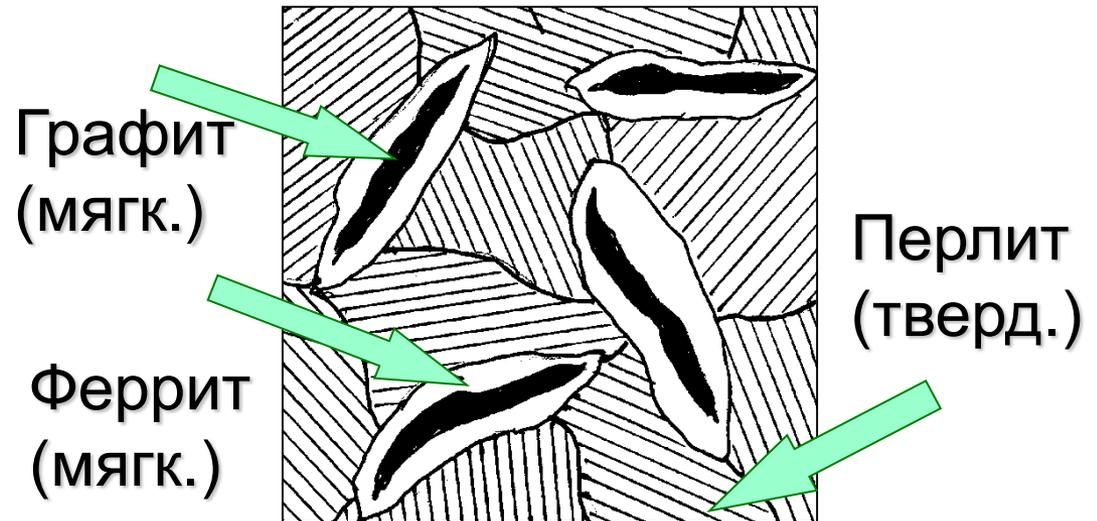
Графит
(мягк.)

Порошковый материал ЖГр3
(3% графита, остальное Fe,
пористость 20%)

Антифрикционные чугуны

В качестве антифрикционных используются графитизированные чугуны с различной формой графита: серые, ковкие и высокопрочные. Графит выполняет роль мягкой составляющей и способствует удержанию смазки. Металлическая основа антифрикционного чугуна должна быть перлитной или перлитно-ферритной (в зависимости от твердости работающего в паре с ним вала).

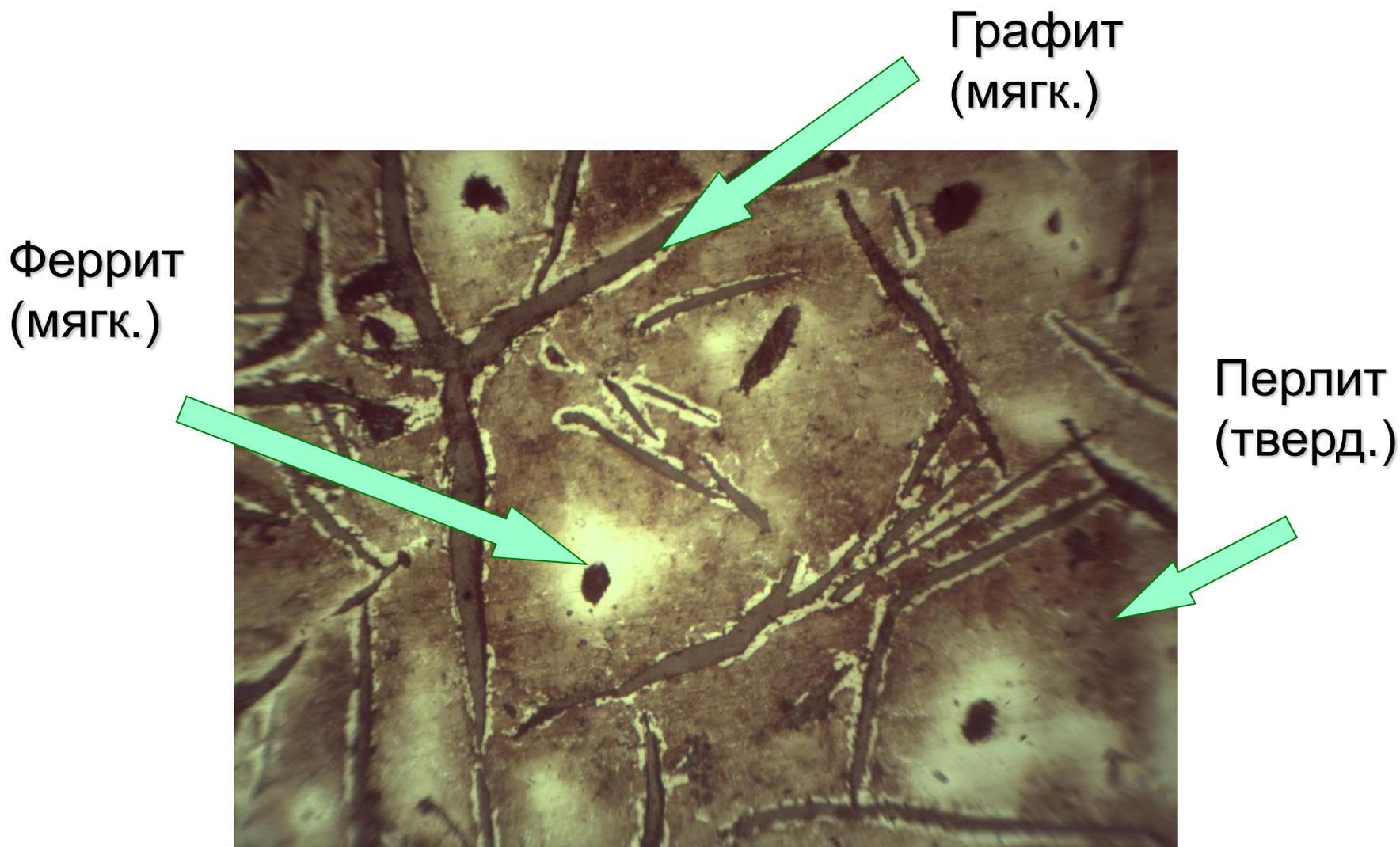
Такие чугуны отличаются невысокой стоимостью, могут выдерживать значительные удельные давления.



Антифрикционный чугун

Антифрикционные чугуны вследствие плохой прирабатываемости и чувствительности к недостатку смазки применяют для узлов с низкими скоростями скольжения.

Антифрикционные чугуны



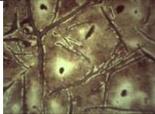
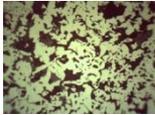
Антифрикционный чугун

Структура, свойства и условия эксплуатации некоторых антифрикционных сплавов

Марка сплава	Структурные составляющие		Свойства		Максимальные значения P, V, PV		
	мягкая	твердая	σ_s , МПа	f	P , МПа	V , м/с	PV , МПа·м·с ⁻¹
1	2	3	4	5	6	7	8
Б83	Sn	SnSb , Cu ₂ Sn	90	$\frac{0,7-0,12}{0,005}$	15	5	75
БС6 (СОС 6-6)	Pb	SnSb	70	$\frac{0,24}{0,006}$	15	3	40
БКА	Pb	Pb ,Ca, Pb Ca	100	$\frac{0,20}{0,004}$	20	3	50
БрС30	Pb	Cu	60	$\frac{0,18}{0,008}$	25	12	90
Бр06,5Ф0,4	тв. р-р, обеднённый Sn,	тв. р-р, обогащённый Sn	400	$\frac{0,23}{0,008}$	15	10	20
Бр05Ц5С5	α-тв. р-р, Pb	тв. р-р, обогащённый Sn	170	$\frac{0,10-0,12}{0,009}$	8	3	12
Л58Мн2С2	Pb	тв. р-р	340	$\frac{0,14}{0,007}$	12	2	10
АСМ	Al	AlSb	90	$\frac{-}{0,008}$	20	9	50
А09-2	Sn	CuAl ₂	150	$\frac{0,10-0,15}{0,008}$	25	20	100
ЦАМ10-5	зв. тек. сплав Zn-Al-Cu	CuZn ₂	300	$\frac{0,3}{0,009}$	20	8	80
АЧС-1	графит	перлит	180-200	$\frac{0,10}{0,004}$	14	5	14
АЧВ-1	графит	перлит	210-260	$\frac{0,10}{0,004}$	20	10	20
АЧК-1	графит	перлит	190-260	$\frac{0,10}{0,004}$	20	2	20
ЖГр1	графит	перлит	50-100	$\frac{0,08-0,10}{0,008}$	8	2	10
ЖГр2Д2,5	графит	перлит	90-150	$\frac{0,06-0,10}{0,007}$	10	3	25

Протокол

к лабораторной работе «Изучение микроструктуры антифрикционных материалов»

Название материала	Химсостав	Структура	Структурные составляющие		Коэффициент трения	Максимальное значение P, V, м/с	
			твёрдые	мягкие		P, МПа	V, м/с
Б83							
СОС-6-6							
БрС30							
БрО6							
АСМ							
АСЧ							
ЖГр-1							

Выполнил:

Принял:

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1) Изучить микроструктуру образцов различных видов антифрикционных материалов.

2) Пользуясь данными таблицы 1 проанализировать свойства различных видов сплавов, их преимущества и недостатки.

3) Ознакомиться с областями использования различных антифрикционных материалов.

4) Оформить отчет о работе.

ОТЧЁТ ПО РАБОТЕ ДОЛЖЕН ВКЛЮЧАТЬ

Отчет должен включать:

- 1) Цель работы.
- 2) Краткое изложение теоретических основ работы.
- 3) Рисунки или фотографии микроструктуры изученных образцов с указанием материала, его марки, структурных составляющих, коэффициента трения.
- 5) Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Какие материалы называются антифрикционными и где они используются?
- 2) Основные требования к свойствам подшипниковых материалов.
- 3) Что такое прирабатываемость?
- 4) Какие требования предъявляются к структуре антифрикционных материалов?
- 5) Какие сплавы называются баббиты? Виды баббитов, их состав, маркировка, свойства, области использования. Технология изготовления вкладышей.
- 6) Антифрикционные бронзы, состав, маркировка, свойства, области использования.
- 7) Алюминиевые антифрикционные сплавы, состав, маркировка, свойства, области использования.
- 8) Триметаллические вкладыши, технология их изготовления, свойства, использование.
- 9) Антифрикционные чугуны, их марки, структура, использование. Роль графита в обеспечении антифрикционных свойств.
- 10) Порошковые антифрикционные материалы. Состав, марки, технология изготовления вкладышей, свойства, использование.
- 11) Что такое самосмазывающиеся подшипники?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1) Изучить цинковые антифрикционные материалы, их области применения, свойства.

2) Ознакомиться с областями применения многослойных вкладышей подшипников.

3) Ознакомиться с составом, структурой и свойствами неметаллических вкладышей подшипников.

4) Изучить существующие технологии изготовления многослойных подшипников.

5) Изучить материалы вкладышей подшипников, которые используют в автомобилестроении, тепловозостроении.