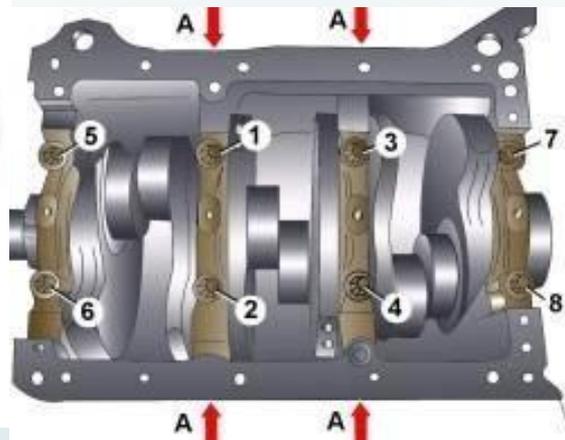


Тема 4.1. Антифрикционные материалы

Вкладыши подшипников

* Вкладыши подшипников



Вкладыши подшипников в судовых двигателях

Подшипники скольжения (вкладыши) в цилиндрах автомобильных двигателей



блоке



Вкладыши подшипников в двигателях тепловозов



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

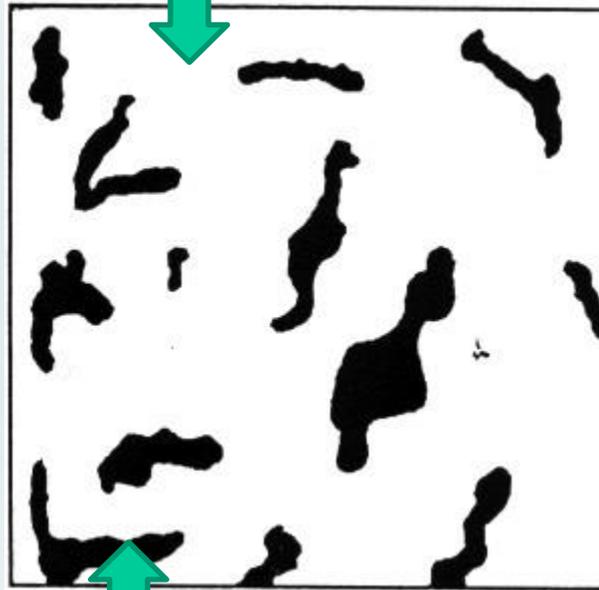
Хорошие технологические свойства

Достаточная прочность

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.

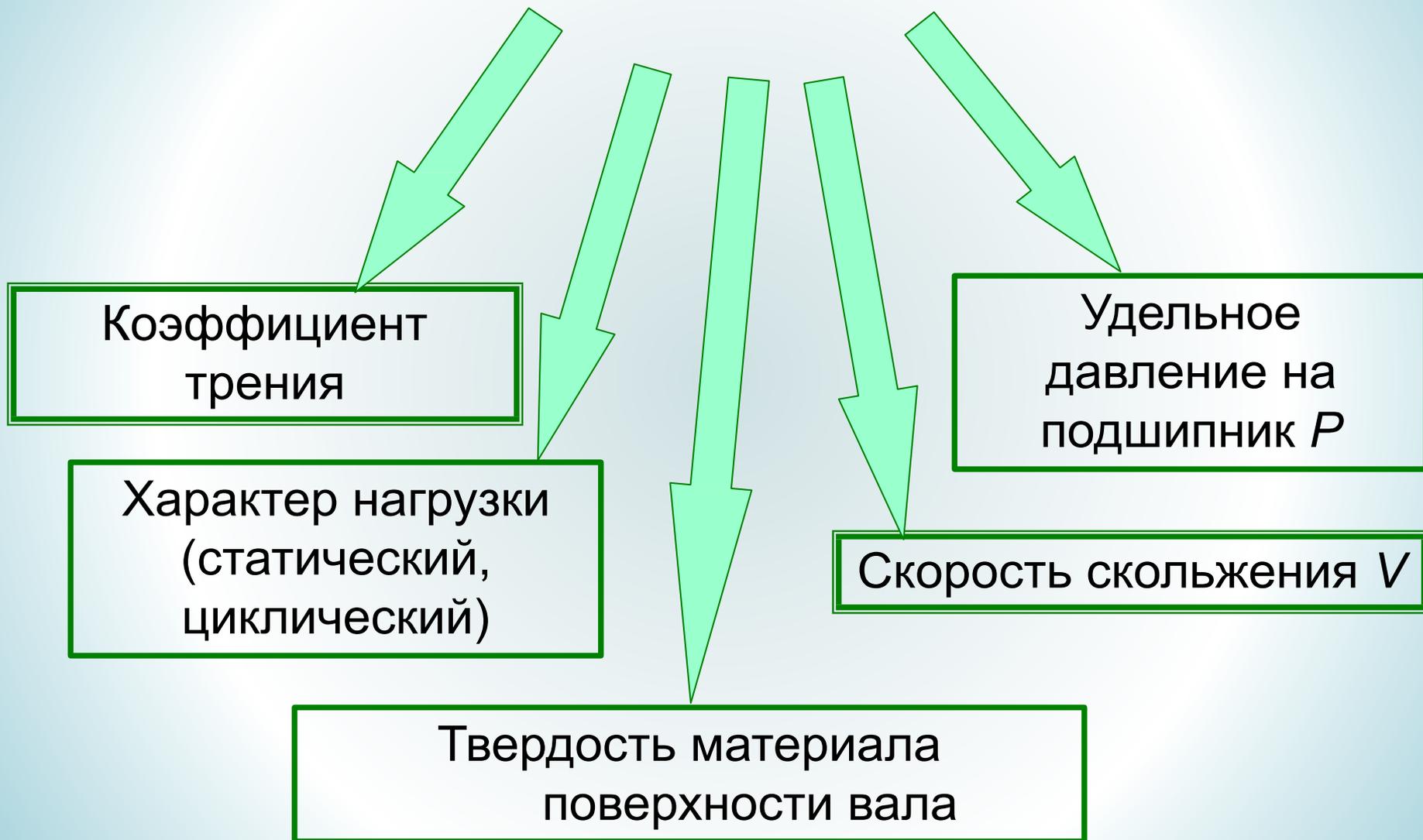


В процессе работы мягкая составляющая вырабатывается, и образуются микровпадины, в которых задерживается смазка.

Мягкая составляющая

Микроструктура состоит 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

Алюминиевые
подшипниковые
сплавы

Бронзы

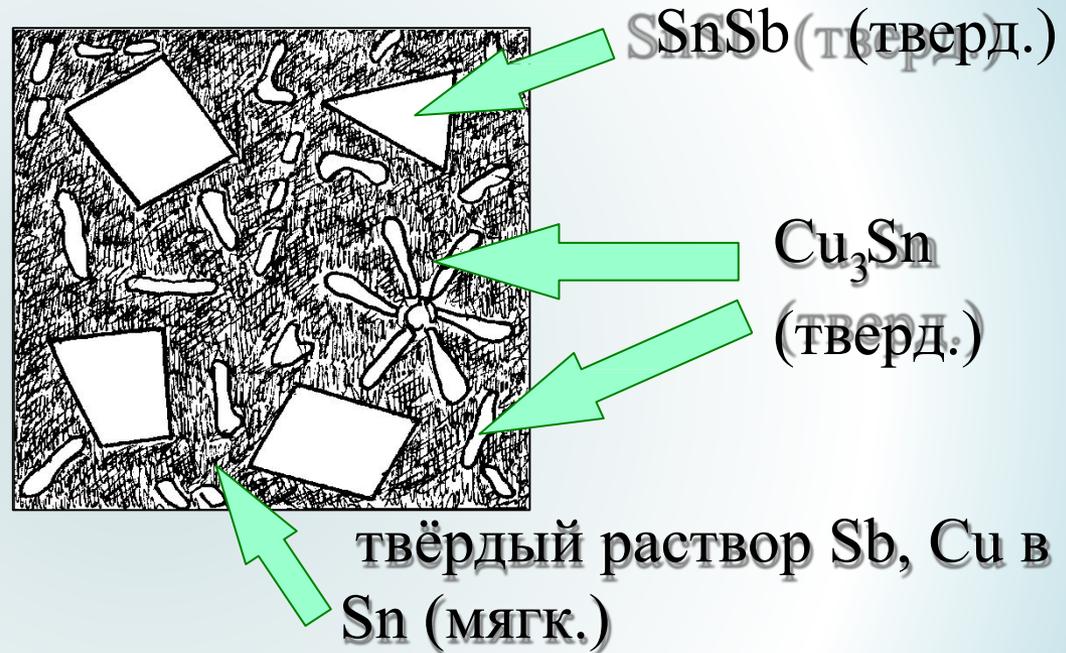
Порошковые
материалы

Антифрикционные чугуны

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 удлинённых кристаллов Cu_3Sn , располагаемых в мягкой пластической основе, которая представляет собой твердый раствор Sb и Cu в Sn .

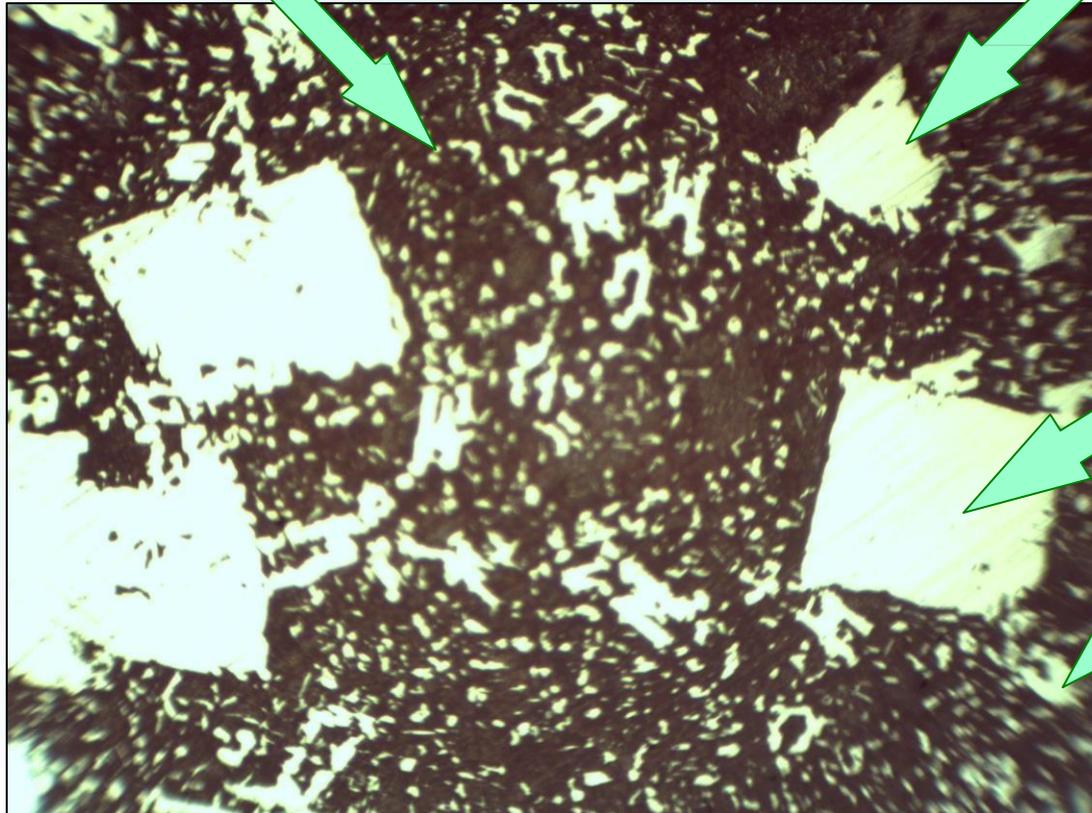


Такая структура обеспечивает низкий коэффициент трения. Основным недостатком оловянных баббитов является их низкая усталостная прочность. Поэтому они **непригодны для быстроходных бензиновых двигателей**. Так как баббиты имеют низкий коэффициент трения и низкую прочность, то их наносят в виде покрытия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

Баббиты

твёрдый раствор Sb и
Cu в Sn (мягк.)

SnSb (твёрд.)



Cu_3Sn
(твёрд.)

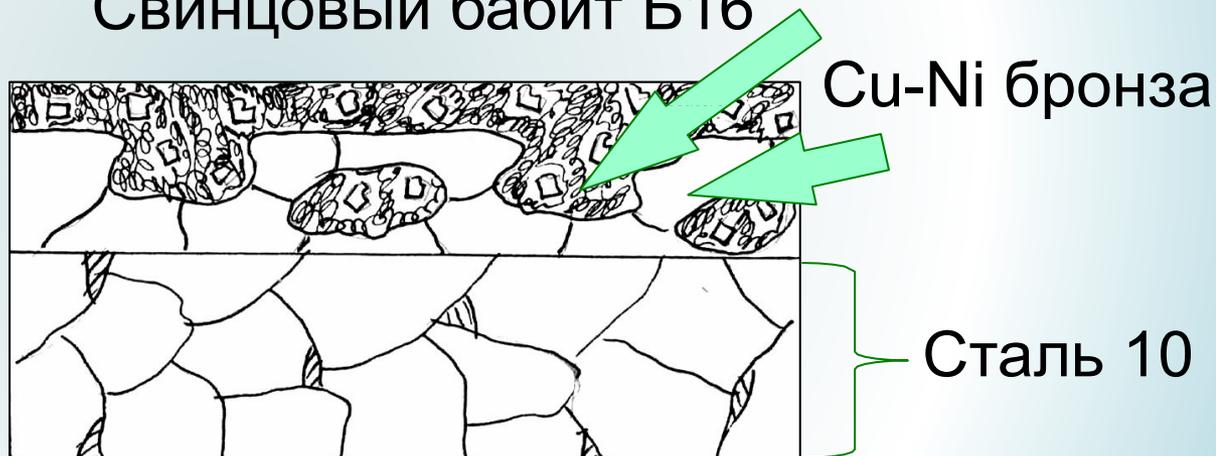
**Оловянный баббит Б83
(11% Sb, 6% Cu, остальное Sn)**

Баббиты

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

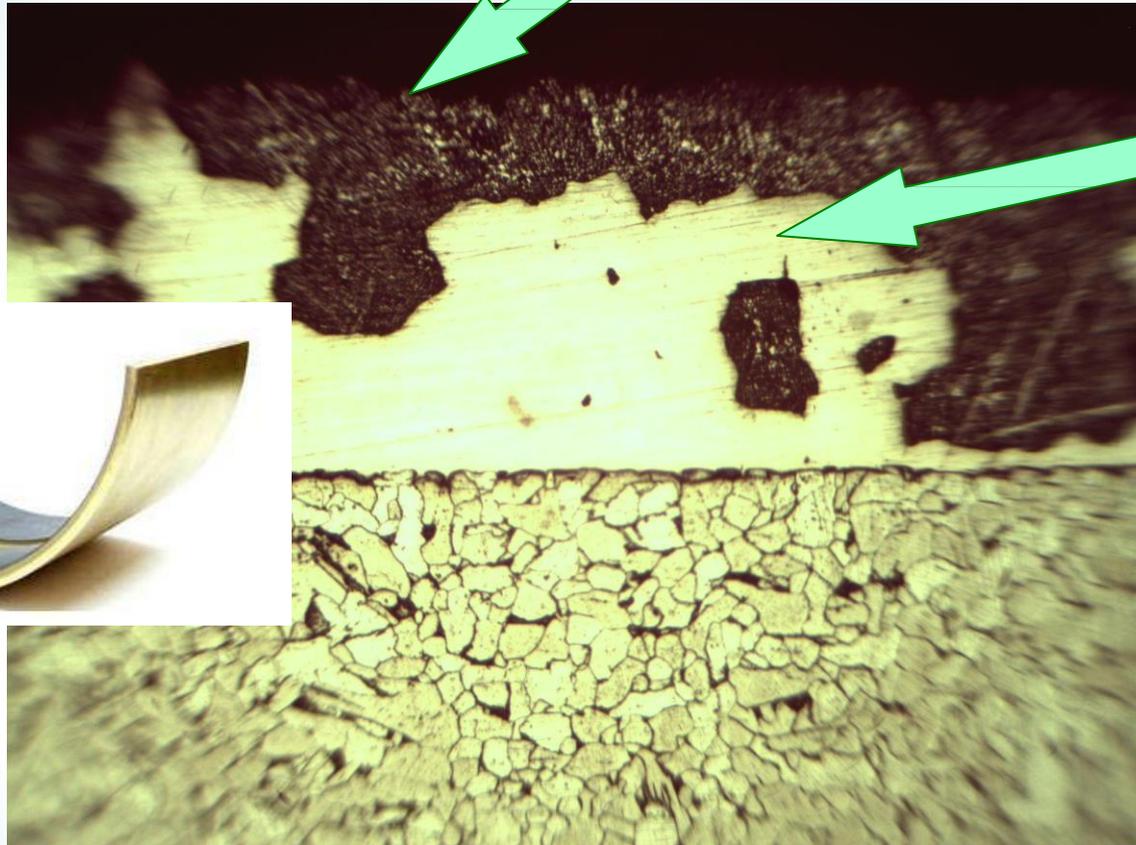
При заливки баббит затекает в поры подслоя, что обеспечивает хорошее сцепление слоя с основанием.

Свинцовый бабит Б16



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

Баббиты

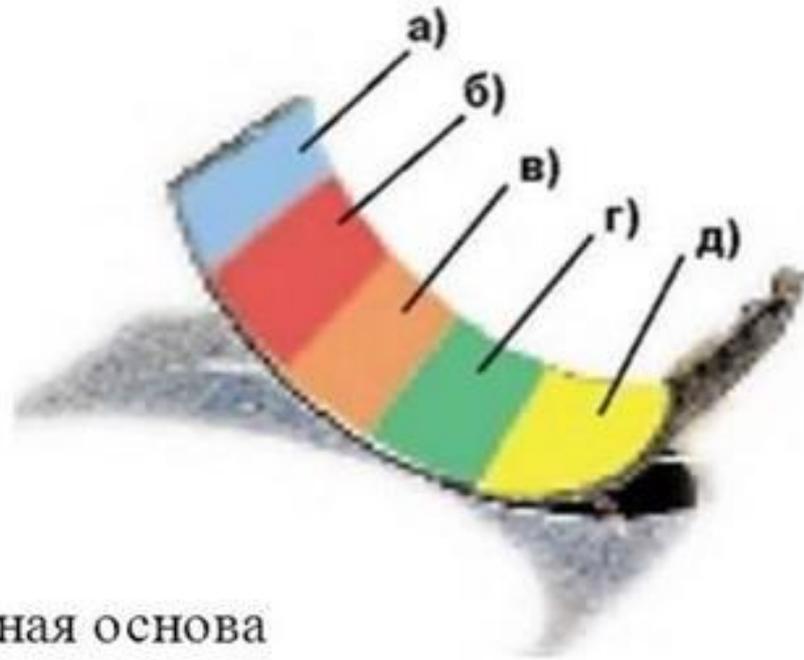


Cu-Ni бронза

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



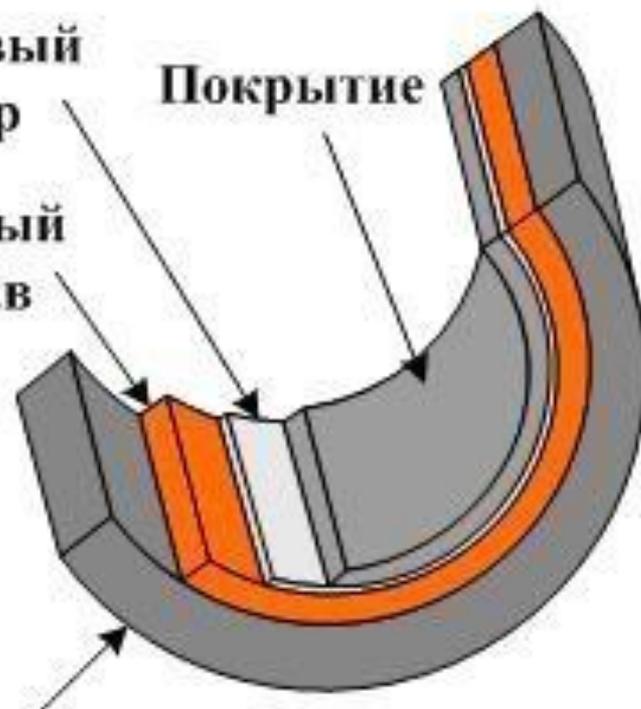
Стальное основание

Триметаллический подшипник

Никелевый
барьер

Медный
сплав

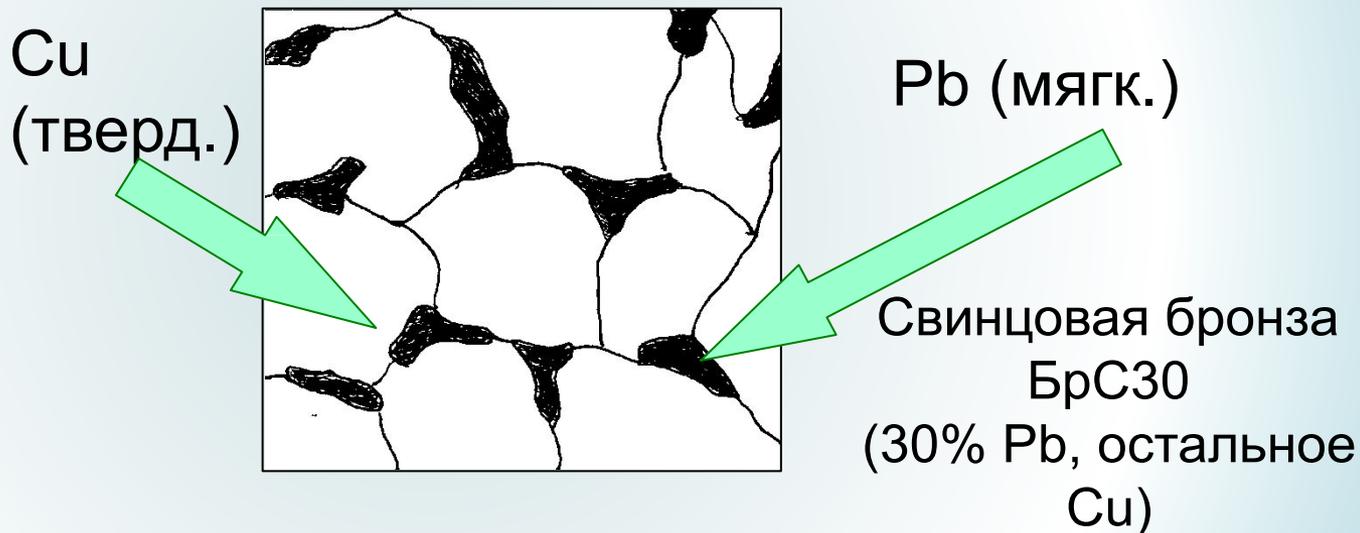
Покрытие



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 свинцовой бронзы БрС30 (70% Cu, 30% Pb) является механической смесью зерен Pb и Cu. Равномерное вкрапление мягкого свинца в твердую медь обеспечивает высокие антифрикционные свойства.

Антифрикционные бронзы и латуни

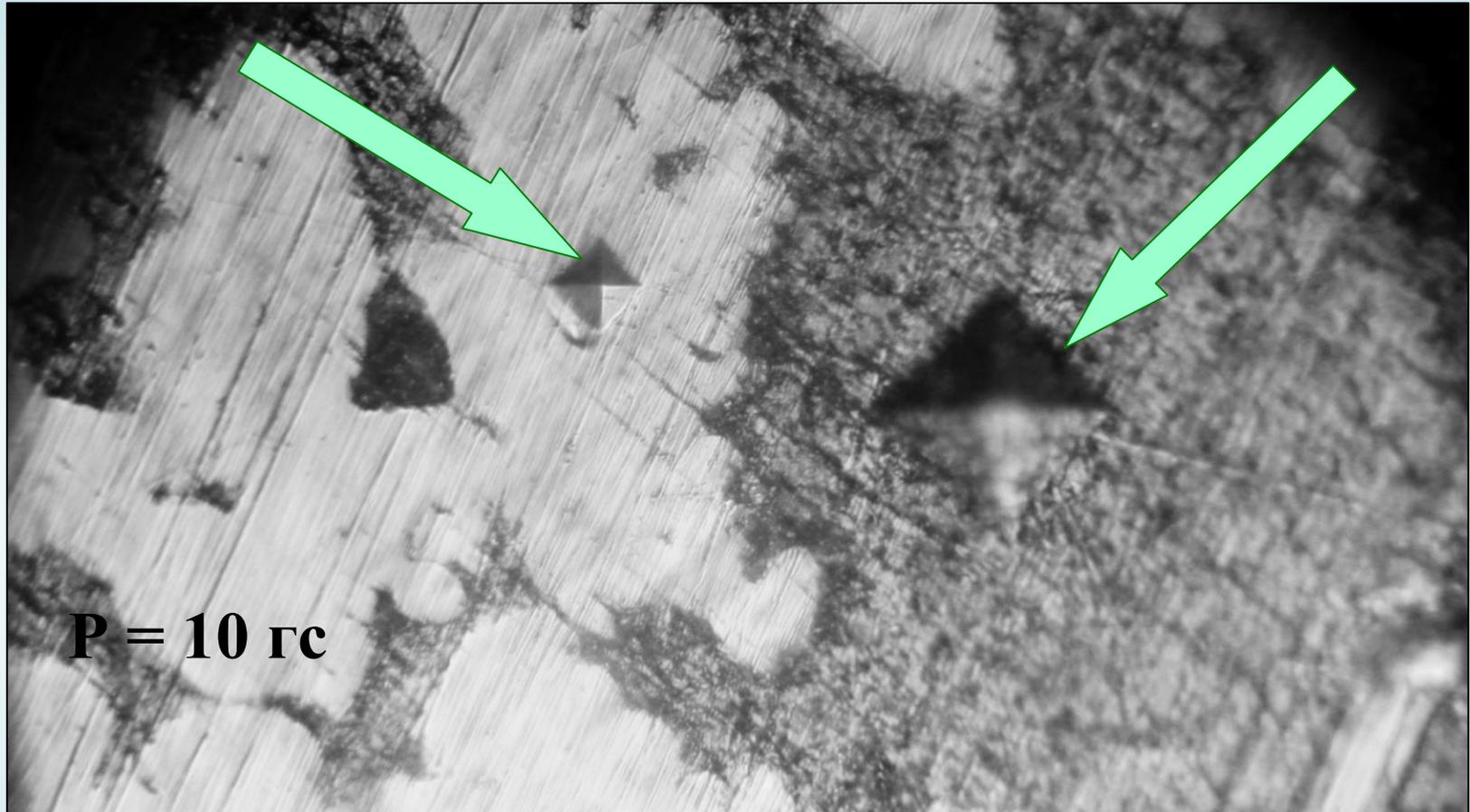
Pb
(мягк.)

Cu
(тврд.)



Свинцовая бронза БрС30
(30% Pb, остальное Cu)

Антифрикционные бронзы и латуни

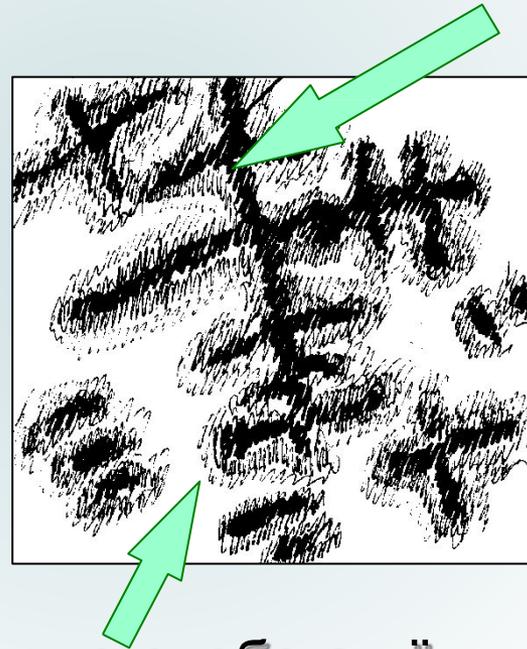


Структура БрС30: механическая смесь мягких зёрен свинца и твёрдых зёрен меди. Твёрдость свинца - HV9, твёрдость меди – HV57.

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.)

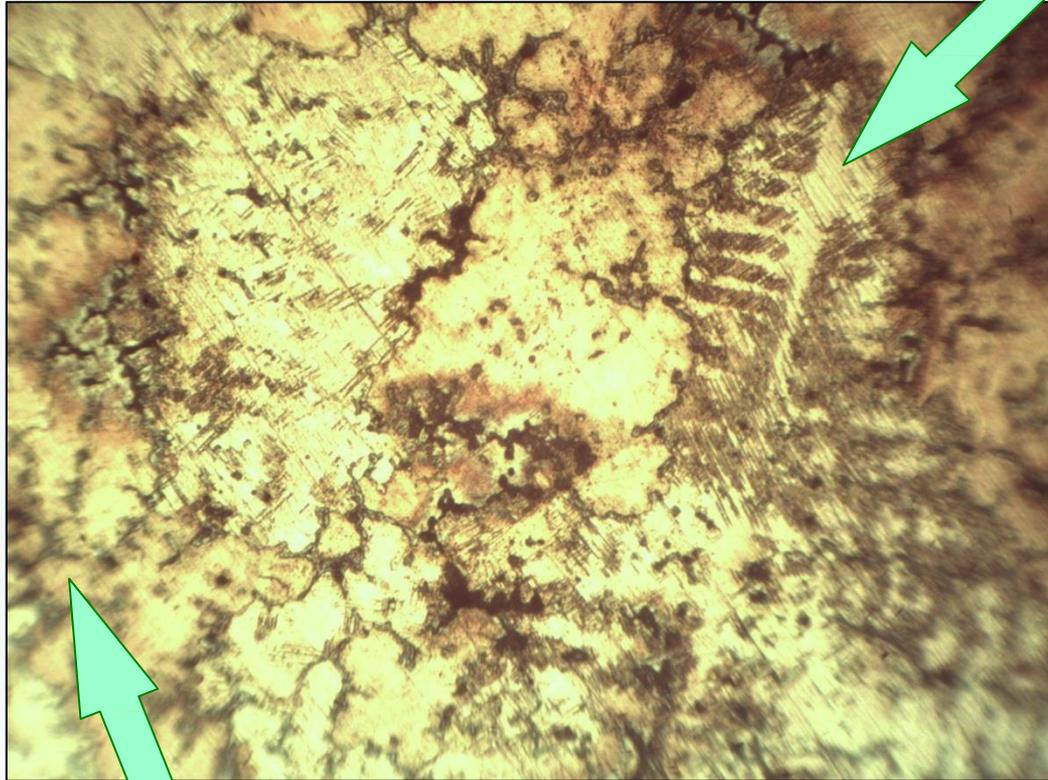
Оловянная бронза Бр06 (6% Sn, ост. - Cu)

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.)
(твёрд.)

Оловянная бронза Бр06

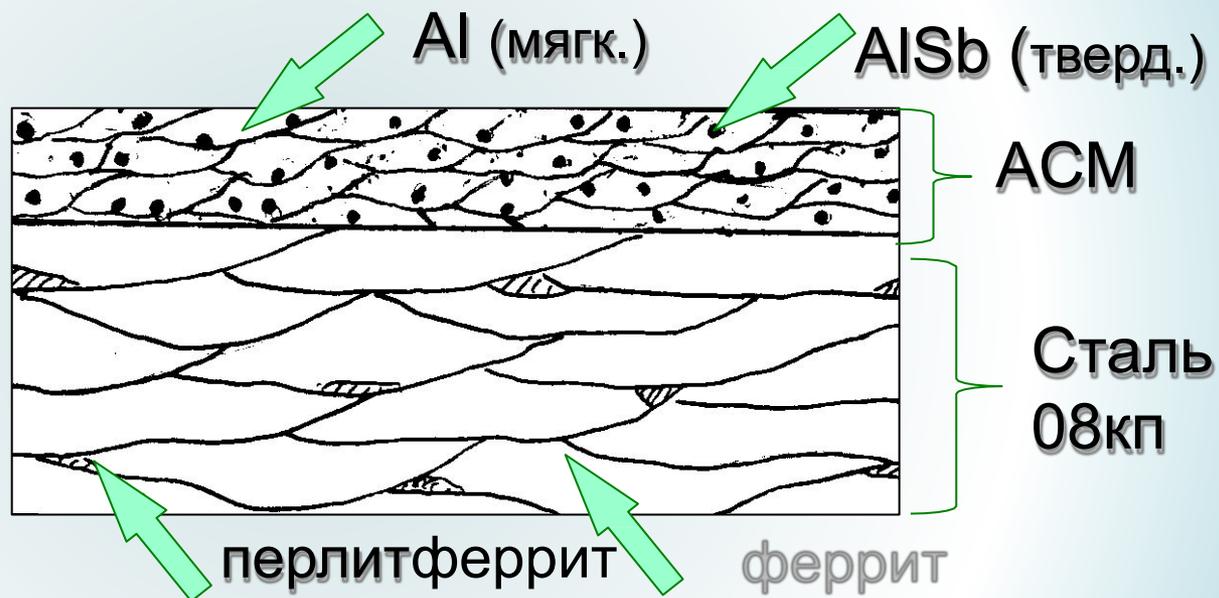
Оловянная бронза Бр06

(6% Sn, ост. – Cu)

Алюминиевые подшипниковые сплавы

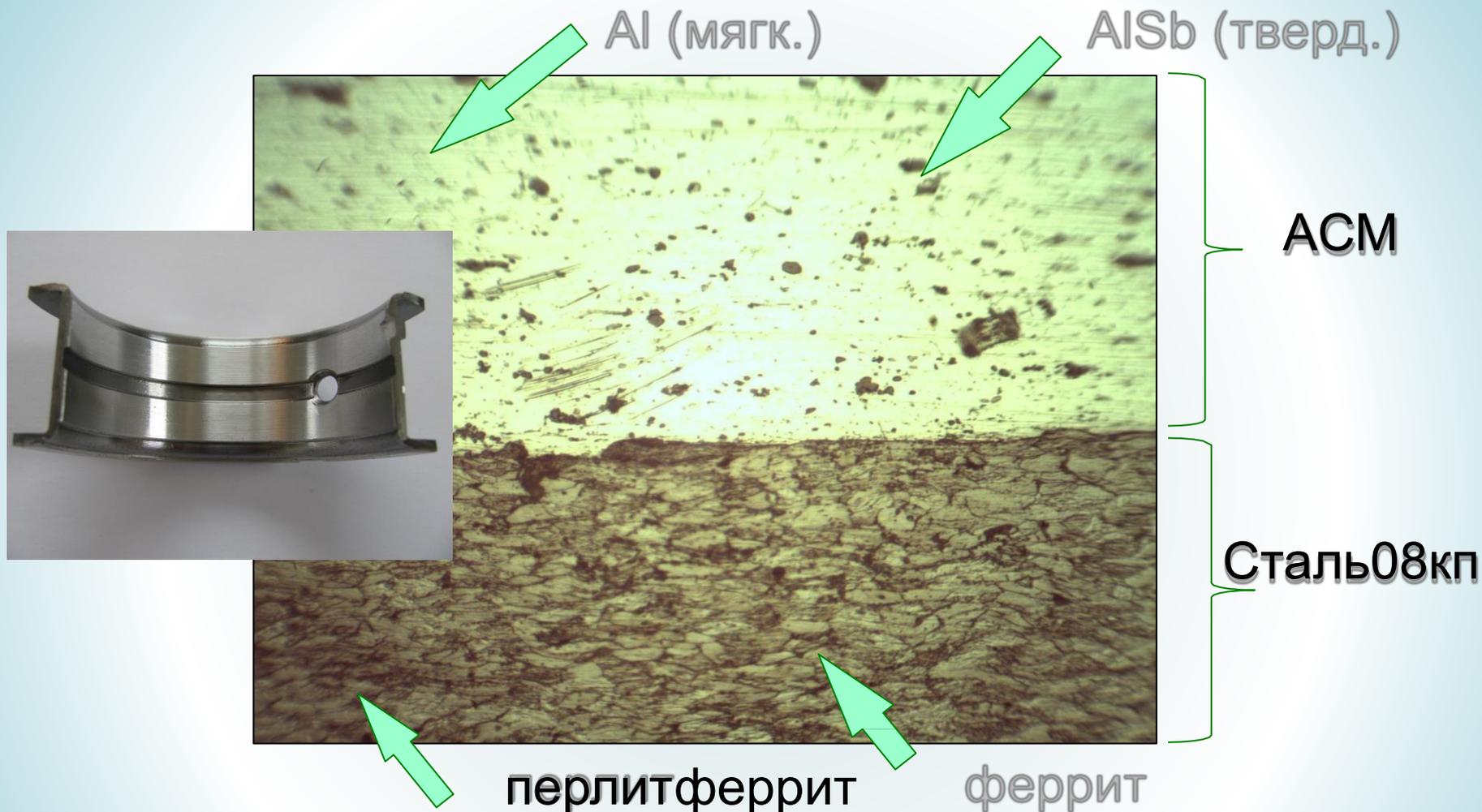
Антифрикционные сплавы на основе алюминия легируют Sb, Pb, Mg, Cu и некоторыми другими элементами. Эти сплавы имеют относительно низкий коэффициент трения, высокие износостойкость и усталостную прочность, хорошую технологичность.

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



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, приработываемость.

Алюминиевые подшипниковые сплавы



Биметаллический вкладыш подшипника.

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

* АНТИФРИКЦИОННЫЕ на ОСНОВЕ ЦИНКА

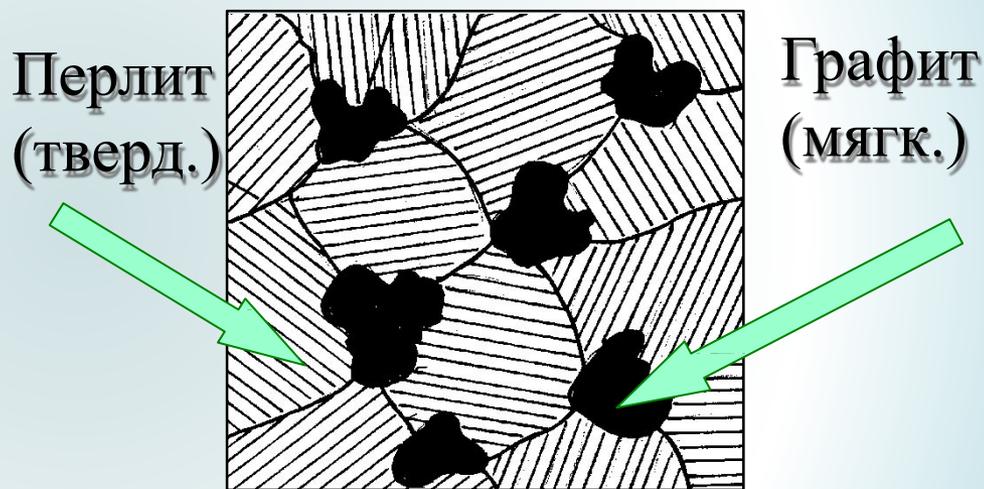
Сплавы на основе цинка содержат 9...12% Al, 1...5,5% Cu, 0,03...0,06% Mg, остальное Zn (ЦАМ10-5; ЦАМ9-1,5), обладают низкой температурой плавления (400 °С), при нагреве размягчаются, поэтому хорошо прирабатываются. По этой причине подшипники из цинковых сплавов меньше изнашиваются.



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 изделия подвергают пропитке маслом (погружение в горячее масло и

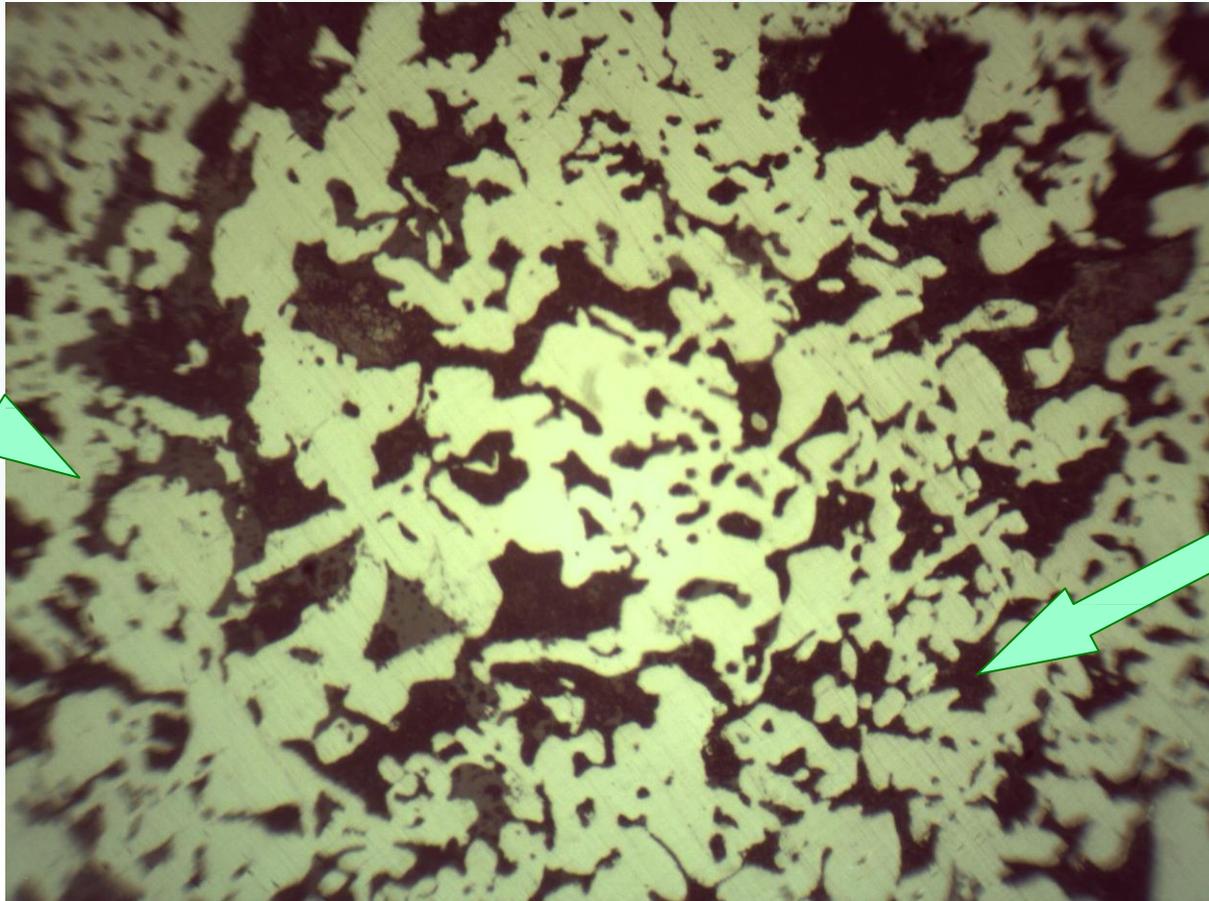


Самосмазывающиеся устанавливаются в **технологии** где смазка **затруднена** или невозможна (например, текстильной или пищевой промышленности). Вследствие значительной пористости они предназначены для работы при небольших скоростях скольжения и отсутствии ударных нагрузок. Железо-графитовые композиции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

Порошковые антифрикционные материалы

Перлит
(тврд.)

Графит
(мягк.)

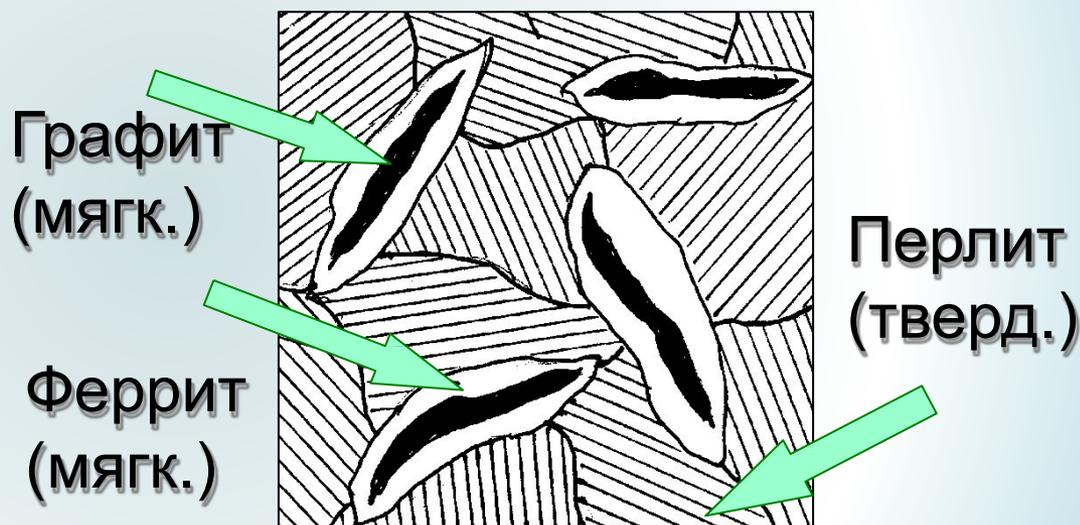


Порошковый материал ЖГр3
(3% ЖГр3 (3% графита, остальное Fe,
пористость 20%))

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 перрито-ферритной (в зависимости от твердости работающего в паре с ним вала).

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



Антифрикционный чугун

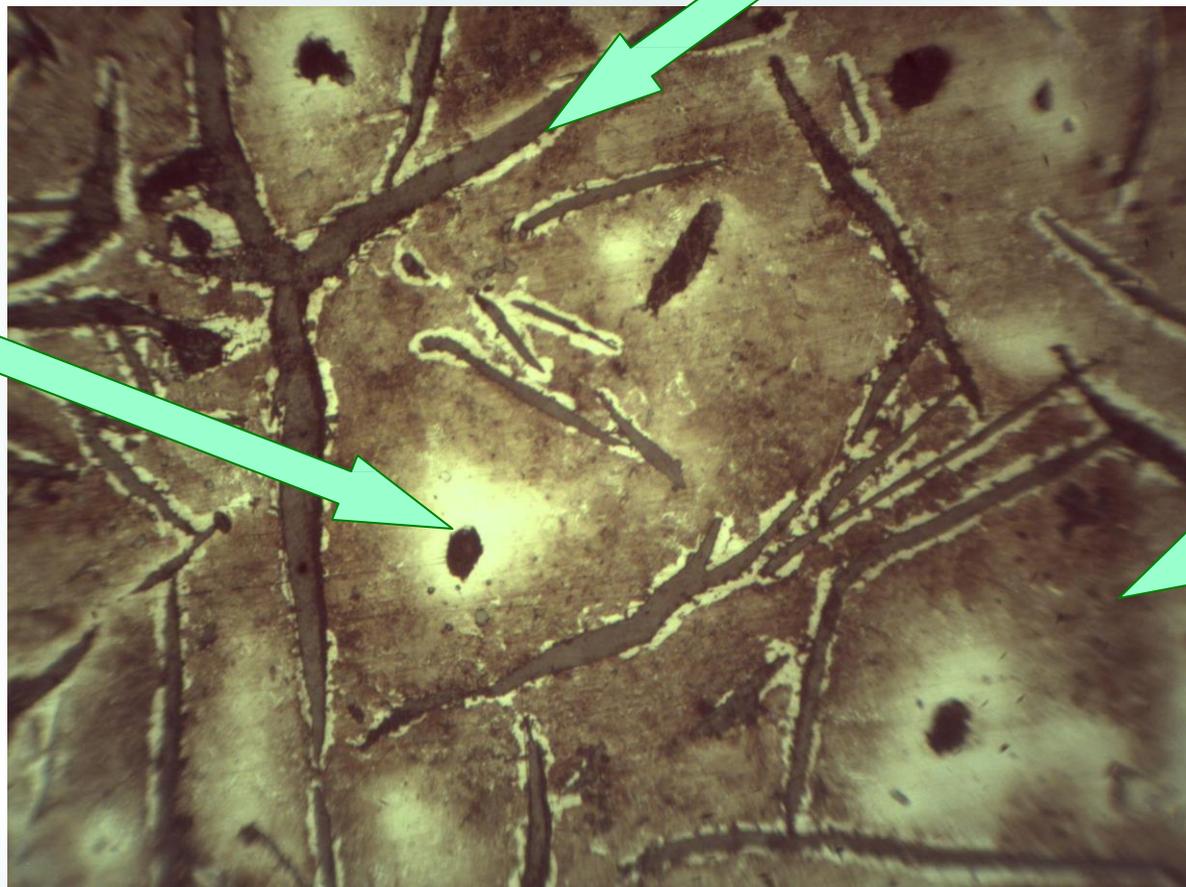
Антифрикционные чугуны вследствие плохой прирабатываемости и чувствительности к недостатку смазки применяют для узлов с низкими скоростями скольжения.

Антифрикционные чугуны

Графит
(мягк.)

Феррит
(мягк.)

Перлит
(тверд.)



Антифрикционный чугун

* Антифрикционные чугуны получают из серого (АЧС), высокопрочного (АЧВ) и ковкого (АЧК) чугунов

АСЧ-1

АКЧ-1

АВЧ-2

* Антифрикционные чугуны предназначены для легких условий работы.



* Износостойкие стали

Из механических свойств наиболее часто при оценке износостойкости материалов используются их исходная твёрдость (H), предел прочности (σ), предел текучести ($\sigma_{0,2}$). Пластическая деформация при трении приводит к наклёпу, поэтому сплав может работать в тяжелых условиях на трение, пока не исчерпается его способность к дальнейшей пластической деформации, т.е.

К износостойким относятся стали, соответствующие требованию высокой исходной твёрдости (и прочности), прежде всего

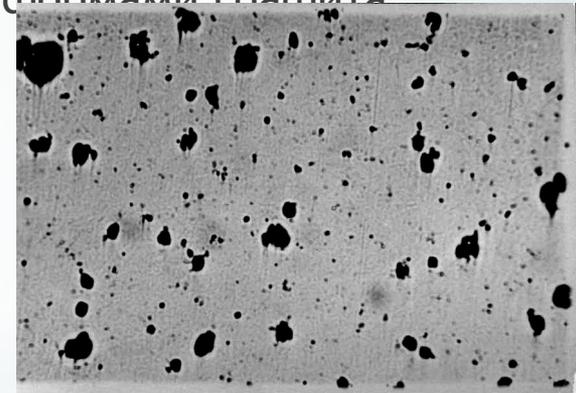
- подшипниковые;
- инструментальные стали;
- графитизированные стали;
- аустенитная высокомарганцевая сталь

* Графитизированные стали

- * Графитизированные стали (ГС) представляют собой по химическому составу группу заэвтектоидных углеродистых или низколегированных сталей, в которых часть углерода посредством графитизирующей термической обработки выделена в виде графита
- * ГС рассматриваются как конструкционный и инструментальный материал с антифрикционными свойствами благодаря не-которому количеству графита. Они достаточно дешёвы, так как не имеют в со-ставе дорогих легирующих элементов, технологичны при изготовлении изделий и их обработке, надёжны и долговечны в эксплуатации. По химическому составу, структуре и механическим свойствам ГС можно рассматривать как своеобразный промежуточный материал между инструментальными сталями и чугунами с компактными формами графита

* Стали обозначают как **160СЛ, 160СТЛ и 140СТЛ**

Группа ГС	Рекомендуемое содержание элементов, %				
	C	Si	Mn	S	Cr
I. ГС с повышенными пластическими свойствами	1,30-1,65	0,75-1,35	0,3-0,5	≤0,03	≤0,04
II. Высококремнистые ГС	1,30-1,55	1,6-2,5	0,3-0,5	≤0,1	≤0,07
III. Легированные ГС	1,33-1,50	1,2-1,5	0,8-1,2	≤0,1	≤0,35



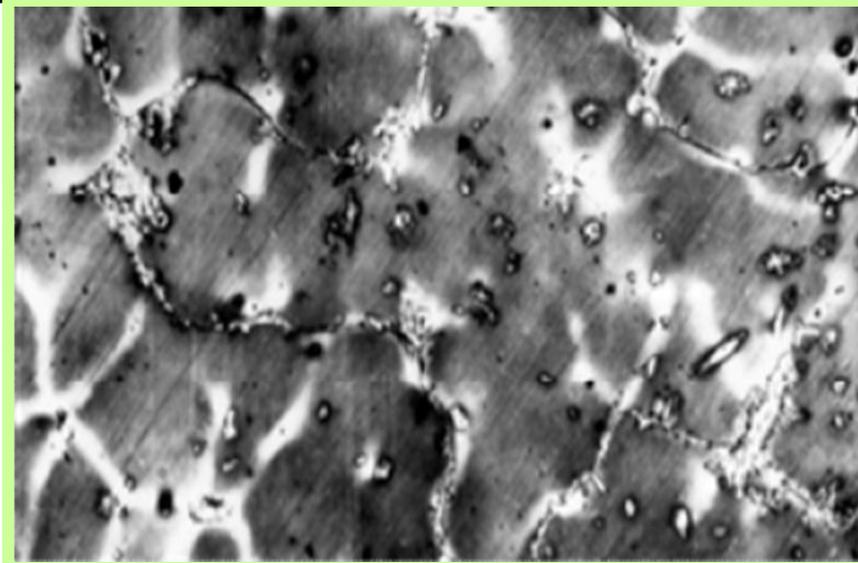
ГС обладают набором благоприятных технологических свойств (хорошие литейные свойства, обрабатываемость резанием), что позволяет рассматривать их как ценный специальный материал для различных условий работы, не уступающий, а порой и превосходящий по эксплуатационным свойствам легированные стали и чугуны.

Применяют графитизированную сталь как заменитель цветных антифрикционных сплавов. Термически обработанную графитизированную сталь используют для деталей штампов и валков холодного деформирования, калибров, траков, литых коленчатых валов и других изнашиваемых деталей

* Аустенитная высокомарганцевая сталь

* Наиболее распространённой износостойкой высоколегированной сталью является *аустенитная сталь 110Г13Л*, которая широко используется для изготовления деталей, работающих в различных условиях эксплуатации, сопряжённых с ударно-абразивным изнашиванием (зубья ковшей экскаваторов и драг, траки тяжёлых гусеничных машин, бронештановые плиты дробилок и мельниц, молотки мельниц, крестовины железнодорожных и трамвайных путей).

* Сталь 110Г13Л содержит 0,9–1,3 % С и 11,5–14,5 % Мп (ГОСТ 2176–77). Сталь подвергают закалке в воде при температуре нагрева 1050–1100 °С на аустенитную структуру. Механические свойства стали: $\sigma_{\text{в}} = 800\text{--}900$ МПа и $\sigma_{0,2} = 310\text{--}350$ МПа при $\delta = 25\text{--}15$ %, $\psi = 30\text{--}20$ %, 180–220 НВ.

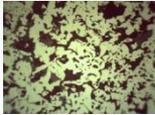


Марка стали	Массовая доля, %												Р не более
	С	Мп	Si	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Nb	B	N	Cu	
110Г13Л	0,90, 1,50	11,50, 15,00	0,30, 0,90	≤1,0	≤1,0	-	-	-	-	-	-	-	0,12
110Г13Х 2БРЛ		11,50, 14,50	0,30, 1,00	1,0, 2,0	≤0,5	-	-	-	0,08, 0,12	0,001, 0,006	-	-	
110Г13Х БРЛ			0,3, 0,90	0,8, 1,5	≤0,3	-	-	-	0,06, 0,10	0,002, 0,005	-	-	
110Г13Ф ТЛ	0,90, 1,30	11,50, 14,50	0,40, 0,90	-	-	-	0,1, 0,3	0,01, 0,05	-	-	-	-	0,070
130Г14М ФАЛ	1,20, 1,40	12,50, 15,00	≤0,60	1,0, 1,5	≤1,0	0,2, 0,3	0,08, 0,12	-	-	-	-	-	
120Г10Ф Л	0,90, 1,40	8,50, 12,00	0,20, 0,90	≤1,0	≤1,0	-	0,03, 0,12	≤ 0,15	≤ 0,01	-	≤ 0,03	≤ 0,7	0,12

*

Структура, свойства и условия эксплуатации некоторых антифрикционных сплавов

«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							

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.