

# Процессы и операции формообразования

## **ЛЕКЦИЯ-2**

### ***МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ***

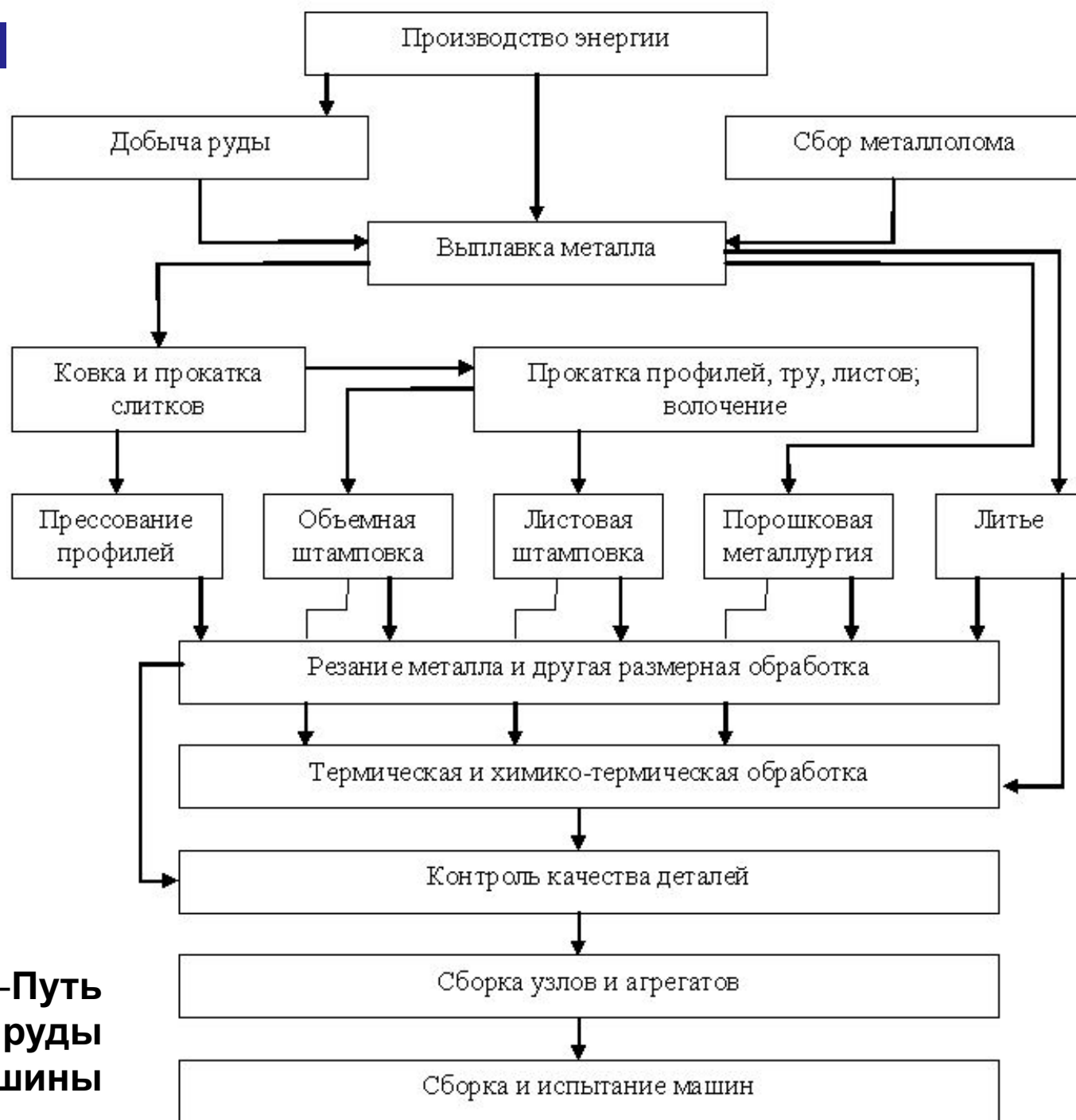
Н.А. Денисова, доцент кафедры  
машиностроения, канд. пед. наук



# План лекции

1 Конструкционные и функциональные материалы в машиностроении

2 Черные металлы



**Рисунок 1.1-Путь металла от руды до машины**

# ***Конструкционные и функциональные материалы в машиностроении***

Необходимость решения важнейших технических задач, связанных с экономным расходом материалов для современной техники, обуславливает дальнейшее развитие науки о материалах.

Крупными достижениями в науке и практике материаловедения ознаменовался XX век:

- были созданы высокопрочные материалы для деталей и инструментов;
- разработаны композиционные и керамические материалы, триплекс и ситаллы;
- открыты сверхпроводники, применяющиеся в энергетике и других отраслях техники;
- созданы материалы с помощью нанотехнологий;
- широкое применение получили полимерные материалы и др.;
- совершенствовались способы упрочнения деталей пластическим деформированием, термической и химико-термической обработкой.

# ***Конструкционные и функциональные материалы в машиностроении***

Все конструкционные материалы можно подразделить на группы:

- ***металлические материалы*** – к ним относят металлы и сплавы, в свою очередь подразделяемые на черные (железо и его сплавы) и цветные (все остальные, кроме железа, металлы и сплавы на их основе);
- ***неметаллические материалы*** (резина, пластмассы, стекло, дерево и т.д.);
- ***композиционные материалы*** (могут быть на основе систем металл – металл, металл – неметалл, неметалл – неметалл).

# **Конструкционные и функциональные материалы в машиностроении**

- **Неметаллы** – это более 20 химических элементов Периодической системы Д.И. Менделеева, расположенные правее условной линии «бор – астат», находящиеся в природных условиях в разных агрегатных состояниях – газы, жидкости, твердые вещества.
- Неметаллы отличаются от металлов по химическим свойствам: для них характерна способность присоединять электроны, т.е. они обладают окислительными свойствами, поэтому легко взаимодействуют с металлами.

# ***Конструкционные и функциональные материалы в машиностроении***

***Металлами*** являются более 80 элементов Периодической системы химических элементов и они обладают такими характерными для металлов свойствами, как

- высокая пластичность, ковкость,
- высокие тепло- и электропроводность,
- положительный температурный коэффициент электрического сопротивления (многие металлы обладают сверхпроводимостью при температурах, близких к абсолютному нулю, т.е. в области температур  $-273^{\circ}\text{C}$ ),
- хорошая отражательная способность и, как следствие, характерный металлический блеск,
- непрозрачность,
- способность к термоэлектронной эмиссии (испускание электронов при нагревании).

# ***Конструкционные и функциональные материалы в машиностроении***

- Все металлы, за исключением ртути, в обычных условиях твердые кристаллические вещества, являющиеся хорошими проводниками теплоты и электрического тока
- Более высокими техническими свойствами обладают не чистые металлы, а их соединения с другими металлами и неметаллами – ***сплавы***, которые по составу и строению бывают разными:
  - в виде механической смеси кристаллов,
  - в виде твердого раствора,
  - в виде интерметаллического соединения,
  - но сохраняют важнейшие свойства металлов и называются ***металлическими материалами***.



# ***Конструкционные и функциональные материалы в машиностроении***

Примерами широко используемых сплавов являются:

- ***чугун и сталь*** – сплав железа с углеродом (добавки в стали: Mn, Cr, Ni, Si, P, S);
- ***бронза*** – сплав меди с оловом (добавки: Zn, Pb, Al, Mn, P, Si);
- ***латунь*** – сплав меди с цинком (добавки: Sn, Mn, Al, Pb, Si);
- ***мельхиор, нейзильбер*** – сплавы меди с никелем;
- ***дюралюминий*** – сплав алюминия с медью (3...5%), марганцем (около 1%), магнием (около 1%);
- ***амальгамы*** – сплавы металлов, содержащих ртуть.

# ***Черные металлы***

- Черными металлами называют сплавы на основе железа с содержанием углерода и других легирующих элементов для улучшения их физико-механических свойств.
- Они наиболее часто применяются в технике. Так в современном машиностроении доля деталей из железоуглеродистых сплавов составляет 80% по массе и 60% по номенклатуре

# Черные металлы: чугуны

- **Чугуны** –это железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода в пределах 4,3...2,14%
- Кроме углерода в чугуне содержится кремний Si (до 4,3%) и постоянные примеси в виде некоторого количества марганца Mn (до 2 %), фосфора P (до 1,2 %) и серы S (до 0,07 %)

Чугуны обладают хорошими литейными свойствами

# Черные металлы: чугуны

- Традиционная классификация чугунов – по цвету на изломе
- **Серые чугуны** – с изломом серого цвета, говорившем о наличии большого количества свободного графита в виде хлопьев.
- **Применение:** благодаря хорошим литейным и демпфирующим свойствам (способность поглощать колебания) серые чугуны нашли широкое применение в станкостроении (станины, стойки, траверсы, корпуса коробок скоростей и подач, суппорты металлорежущих станков), в авто- и тракторостроении (картеры коробок передач, блоки цилиндров, поршневые кольца, диски сцепления, тормозные барабаны), в химическом и электромашиностроении, при производстве деталей насосов, компрессоров и других изделий.

# Черные металлы: чугуны

- **Отбеленные чугуны** – чугуны с изломом, имеющим специфический светлый блеск. В таких чугунах углерод находится в связанном состоянии в виде цементита  $Fe_3C$ .
- Как правило, они более твердые и хрупкие, чем серые чугуны и в основном перерабатываются на сталь – *передельный чугун*.
- **Применение:** белый чугун используют также в качестве износостойкого конструкционного материала. При введении в небольших количествах марганца, бора, ванадия, молибдена, титана, хрома образуются сложные и твердые карбиды.

# Черные металлы: чугуны

Современная классификация – по функциональности

- **Чугуны общего применения**, для машин и механизмов, работающих в нормальных условиях. Как правило, они являются изколегированными. Это, кроме вышеперечисленных:
  - *ковкие*, которые нашли широкое применение при изготовлении деталей автомобилей, тракторов, текстильных и сельскохозяйственных машин, металлорежущих станков (шестерни, ступицы, тормозные колодки, картеры дифференциалов, рычаги, звездочки, катки, втулки, детали рулевого управления и др.), а также в вагоно- и судостроении.
  - *высокопрочные чугуны*, которые используются в тяжелом машиностроении (детали турбин, валки прокатных станков, шаботы молотов), в автомобильной промышленности (блоки цилиндров, шестерни главных передач, коленчатые и распределительные валы, ступицы, поршневые кольца), в сельскохозяйственном и транспортном машиностроении (сцепки вагонов, ступицы колес, диски муфт, опорные катки, корпуса плугов, зубья борон), а также при изготовлении других ответственных деталей.

# ***Черные металлы: чугуны***

- Чугуны специального назначения, для использования в агрессивных и абразивных средах, при высоких температурах и т.д. содержат большое количество легирующих элементов.
- Легированные чугуны:
  - Износостойкие чугуны
  - Коррозионно-стойкие чугуны
  - Жаростойкие чугуны
    - Жаропрочные чугуны
    - Антифрикционные чугуны

# Черные металлы: углеродистые стали

- **Стали** –это железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода менее 2,14%, а также естественными примесями в виде некоторого количества марганца (Mn), фосфора (P) и серы (S)

Таблица 2.1-Группы углеродистых сталей

Тип стали	Содержание углерода	Свойства
Низкоуглеродистые мягкие стали	Низкое 0,03 – 0,25 %	Пластичность, легкость обработки штамповкой
Конструкционные стали / цементуемые стали	Среднее 0,15 – 0,40 %	Износостойкость
Углеродистые стали	Высокое 0,4 – 1,2 %	Износостойкость и прочность



# Черные металлы: углеродистые стали

- Содержание углерода оказывает очень большое влияние на свойства материалов, а следовательно, и на область их применения.
- Повышение уровня процентного содержания углерода способствует увеличению твердости и прочности стали на разрыв.
- Марки с низким содержанием углерода часто имеют небольшие добавки серы или свинца для придания большей обрабатываемости.
- Без добавки этих элементов стали с содержанием углерода менее 0,3 % склонны к созданию нароста на режущих кромках инструментов, что снижает срок их службы.
- Добавки марганца (примерно до 1 %) способствует улучшению механических свойств, но при этом снижается обрабатываемость, особенно сталей с содержанием углерода более 0,3 %.

# Черные металлы: легированные стали

- **Легированные стали** – содержащие кроме железа и углерода еще и легирующие элементы

*Таблица 2-Влияние легирующей добавки на обрабатываемость стали*

Отрицательный эффект	Положительный эффект
Марганец (Mn)	Свинец (Pb)
Никель (Ni)	Сера (S)
Кобальт (Co)	Фосфор (P)
Ванадий (V)	Углерод $0,3 < (C) < 0,6 \%$
Углерод (C) $< 0,3 \%$	
Углерод (C) $> 0,6 \%$	
Молибден (Mo)	
Ниобий (Nb)	
Вольфрам (W)	

# Черные металлы:

## низколегированные стали

- Твердость  $< 250$  НВ,  $\sigma_{\text{в}} < 400$  МПа
- Стали с низким содержанием легирующих элементов (до 2%) – это в основном высокопрочные конструкционные стали.
- При увеличении процента содержания легирующих добавок пластичность уменьшается.
- Наиболее частой областью **применения** этой группы сталей является производство осей, валов и других элементов конструкций, а также труб и поковок.

# Черные металлы: низколегированная сталь после закалки и отпуска

- Твердость  $> 250$  НВ,  $850 < \sigma_v < 1200$  МПа
- Легированные стали этой группы – это стали, подвергнутые упрочнению и закалке для придания им более высокой прочности.
- Путем подбора вида термообработки можно получить требуемые соотношения твердости и прочности.
- Типовым **применением** данной группы сталей является производство зубчатых колес, шатунов, рычагов поворота и деталей трансмиссии, а также деталей станков, штампов, цилиндров и отрезного инструмента (ножей).

# Черные металлы: закаленные стали

- *Инструментальные стали* – группа легированных сталей, содержащая материалы, закаливаемые по всему объему до высокой твердости. Их основные характеристики:
  - Высокая твердость, требуемая при дальнейшей эксплуатации готового изделия.
  - Износостойкость, зависящая от твердости.
  - Хорошая прокаливаемость, отсутствие изменений размеров и формы после термообработки.
  - Прочность в большинстве случаев.
  - Хорошее стружкодробление.
- **Химический состав:**
  - Большею частью это легированные стали с высоким содержанием углерода, от 0,4 % до 2,3 %.
  - Основные легирующие элементы – хром (Cr), вольфрам (W), молибден (Mo) и ванадий (V).

# Черные металлы:

## закаленные легированные стали

- Твердость  $> 49-55$  HRc,  $\sigma_v < 1620$  МПа
- Изделия из них имеют высокую размерную стабильность и сохраняют твердость в процессе эксплуатации.
- Данные стали относятся к труднообрабатываемым материалам.
- Применение: типичным примером деталей, изготавливаемых из этой группы сталей, являются звездочки цепных передач, зубчатые колеса, кулачки, износостойкие накладки для землеройных машин и строительной техники.

# Черные металлы: легированные стали закаленные и износостойкие

- Твердость > 55-63 HRC,  $\sigma_v < 1960$  МПа
- Термообработка сталей, входящих в эту подгруппу, выполняется для получения максимальной твердости по всему объему изделия.
- В основном они имеют низкую вязкость и хорошую износостойкость.
- Обычно стали с такой твердостью шлифуются или обрабатываются точением СТМ (сверхтвердыми материалами).
- Они, также, как и стали из предыдущей подгруппы, относятся к труднообрабатываемым.
- **Применяются** для изготовления режущего инструмента, циркулярных пил, ножей, прессформ и горного инструмента.

# Черные металлы: нержавеющие стали

- Нержавеющие стали – это легированные стали, использование которых определяется их коррозионной стойкостью.
- Их основным легирующим элементом является хром (Cr). Хром образует сверхтонкую оксидную пленку на поверхности.
- Как правило, коррозионная стойкость и стойкость к окислению увеличивается с ростом содержания хрома.
- Другие легирующие элементы, такие как никель и молибден, добавляются для изменения структуры, повышения коррозионной стойкости и прочности.



# Черные металлы: нержавеющие стали

Нержавеющие стали трудно поддаются обработке резанием, так как

- упрочняются при деформировании поверхностного слоя,
- являются плохими проводниками тепла, что приводит к высоким температурам в зоне резания,
- имеют склонность к налипанию на поверхности режущего инструмента,
- ввиду высокой прочности возникают проблемы с образованием и отводом стружки.

# ***Задание к семинару***

1. Разобрать базу данных на материалы, применяемые в машиностроении (Приложение 2).
2. Подготовить к обсуждению следующие вопросы на тему **«*Металлы и сплавы с особыми свойствами*»**:
  - Металлы с памятью формы
  - Радиационно-стойкие материалы
  - Аморфные металлические сплавы
  - Сверхпроводящие материалы
  - Материалы со специальными магнитными свойствами

# ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Лернер, П.С. Послушный металл: Кн. для учащихся ст. классов сред. шк. / П.С. Лернер. – М.: Просвещение, 1989. – 175 с.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студ.в. учеб. заведений / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин и др.; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепихина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.
3. Рогов, В.А. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.