

# Процессы и операции формообразования

## **ЛЕКЦИЯ-3**

***МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В  
МАШИНОСТРОЕНИИ.***

***ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ***

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

# План лекции

- 1 Сплавы на основе алюминия
- 2 Медные сплавы
- 3 Титановые сплавы
- 4 Магниевого сплавы
- 5 Магниевого сплавы

# Сплавы на основе алюминия

- Чистый алюминий - мягкий, легкий по весу металл (менее одной трети от удельного веса стали, меди или латуни).
- Алюминий может быть одновременно прочным, ковким и пластичным, обладает хорошей стойкостью к коррозии и является прекрасным проводником тепла и электричества.
- Он может многократно подвергаться переработке без потери своих свойств и качественных характеристик.
- Детали сложной формы могут быть получены литьем, прокаткой или выдавливанием.
- Алюминий имеет низкий предел прочности на растяжение, но легко образует сплавы со многими химическими элементами – медью, цинком, магнием, марганцем, литием и кремнием, придающим особые свойства получаемым сплавам

# Сплавы на основе алюминия

- В основном алюминий выпускается в виде сплавов, и в зависимости от назначения может иметь широкий спектр значений прочности на разрыв, твердости и ковкости.
- Наиболее распространенными легирующими элементами для алюминия являются кремний (Si), магний (Mg), марганец (Mn), медь (Cu) и цинк (Zn).
- Алюминиевые сплавы обычно подразделяют на деформируемые и литейные.
- Далее они делятся на группы термически неупрочняемых, а также деформационно упрочняемых материалов

# Сплавы на основе алюминия:

## Литейные сплавы

- В литейных сплавах добавки кремния, меди, магния используют для придания им широкого спектра свойств, таких, как прочность, коррозионная стойкость и меньший размер зерна.
- Они могут быть как термически обработанными, так и не обработанными, и допускающими литье в кокиль или в опоку.
- Наиболее распространенными литейными сплавами являются алюминево-кремниевые сплавы с содержанием кремния 7 – 12 %.
- Выбор сплава зависит от требований к готовому изделию и выбранного способа литья

# Сплавы на основе алюминия: Деформируемые сплавы

Существует 2 основных группы

деформируемых алюминиевых сплавов:

- Химически чистый алюминий и сплавы, содержащие марганец и магний. Для этой группы прочность достигается путем деформационного упрочнения.
- Сплавы, где медь, цинк и кремний являются важными составляющими. В этой группе прочность достигается за счет термической обработки.

# Сплавы на основе алюминия: Деформируемые сплавы

## ***Химически чистый Al***

- Твердость  $< 100$  НВ,  $\sigma_{\text{в}} < 350$  МПа
- Эта группа включает химически чистые марки алюминия, которые применяются из-за их высокой электрической проводимости и коррозионной стойкости.
- Процентное содержание алюминия составляет минимум 99 %.
- ***Применяются*** для прессования профилей сложных форм, изготовления декоративных архитектурных элементов, кровельного листа, лакированных листов для обшивки фюзеляжей самолетов, электрического оборудования, зеркал и упаковки (банки под напитки, фольга и т.д.).

# Сплавы на основе алюминия

*Алюминиевые сплавы с содержанием Si < 0,5 %*

- Твердость < 150 НВ,  $\sigma_v$  < 500 МПа
- Повышение прочности достигнуто за счет увеличения содержания легирующих элементов.
- Обычно легирующими добавками, повышающими предел прочности, являются кремний (до 0,5 %), магний (примерно 2 %) и небольшое количество марганца для придания твердости и прочности.
- **Применение:** литейные сплавы этой группы используются для производства блоков цилиндров, деталей коробок передач и в производстве морских судов.
- **Применение:** деформируемые сплавы применяют в виде листов-заготовок для кузовов автомобилей, перегородок и на предприятиях химической промышленности

# Сплавы на основе алюминия

Алюминиевые сплавы с содержанием  $0,5 \% < Si < 10 \%$

- Твердость  $< 120$  НВ,  $\sigma_v < 400$  МПа
- Эту группу образуют высокопрочные сплавы
- Большинство сплавов этой группы являются литейными.
- **Применение:** в производстве радиаторов, маслобойников, коробок передач, типовых литых деталей, а деформируемые сплавы – в производстве труб, пластин, в аэрокосмической промышленности и в общем машиностроении.

# Сплавы на основе алюминия

*Алюминиевые сплавы с содержанием Si > 10 % , упрочненные  
алюминиевые сплавы*

- Твердость < 120 НВ,  $\sigma_v$  < 650 МПа
- Сплавы этой группы обычно термически упрочняемые, или имеют высокий уровень легирующих добавок (например, кремния) для улучшения литейных свойств.
- **Применение.** Типовым применением этих сплавов является производство деталей в автомобильной промышленности: втулок, барабанов и зубчатых колес, насосов гидроусилителя рулевой колонки, высококачественных тормозных дисков. Они применяются также в авиастроении и оборонной промышленности, и для изготовления шатунов, зубчатых колес, головок цилиндров, блоков цилиндров, поршней и т.п. деталей.

# Медные сплавы :

## латуни

- **Латуни** – сплавы меди с цинком (до 50 %) и добавками алюминия, никеля, кремния и марганца
- Различают латуни, *обрабатываемые давлением* (ГОСТ 15527-70) и *литейные* (ГОСТ 17111-870).
- Наиболее распространены латуни с содержанием цинка до 38 %. Они коррозионно-стойкие, пластичные и в горячем состоянии хорошо обрабатываются давлением
- Содержание меди – 60 – 96 % (Л60, Л96). Добавки легирующих элементов улучшают механические свойства и повышают коррозионную стойкость латуни. Например, марганцово-алюминиевая латунь (ЛМцА-57-3-1) содержит 55,0...58,5 % меди, 2,5...3,5 % марганца, 0,5...1,5 % алюминия, остальное – цинк

# Медные сплавы : бронзы

- **Бронзы** – все остальные сплавы меди (ГОСТ 5017-74 – оловянные, ГОСТ 18175-78 - безоловянные)
- Эти сплавы более прочные и коррозионно-стойкие по сравнению с медью, обладают хорошими литейными свойствами, имеют малый коэффициент трения, что обеспечивает их применение
- **Применение:** изготовление вкладышей подшипников, червячных колес, различных элементов точных измерительных приборов

# Медные сплавы : бронзы

- **Оловянная бронза** (БрОЦС5-5-5) содержит по 4...6 % олова, цинка и свинца, остальное – медь.
- **Алюминиевые бронзы** (БрА5, БрАЖМц 10-3-1,5) получили широкое распространение, поскольку олово дороже и дефицитнее меди
- **Алюминиевые бронзы** с добавками алюминия до 10 % обладают хорошей жидкотекучестью, в горячем и холодном состоянии хорошо обрабатываются давлением, а добавки никеля, марганца, железа и свинца улучшают их механические свойства
- **Бериллиевые бронзы** (БрБ2), в состав которых входят 1,8...2,1 % бериллия, 0,2...0,5 % никеля, остальное медь, обладают высокой прочностью и упругостью, что позволяет использовать их для изготовления пружин и пружинных контактов измерительных приборов
- **Бронзы БрОЦС4-4-4**, содержащие по 3...5 % олова и цинка, 3,5...4,5 % свинца, обладают высокими антифрикционными свойствами
- **Кремниевые бронзы**, например БрКН1-3, содержат 0,6...1,1 % кремния, 2,4...3,4 никеля и 0,1...0,4 % марганца, обладают высокой пластичностью и коррозионной стойкостью
- **Технически чистая медь** (ГОСТ 859-78) также применяется в машиностроении, содержание меди здесь 99,5...99,9%

# Титановые сплавы

- В промышленности применяют в основном титан двух марок: ВТ1-00 и ВТ1-0
- Для легирования титана используют алюминий, который увеличивает прочность, жаропрочность и стойкость к окислению при высоких температурах, но снижает пластичность
- При добавлении марганца, хрома и молибдена в качестве легирующих элементов, примерно вдвое увеличивается прочность по сравнению с чистым титаном, но при температуре не выше 430градС. Такие сплавы хорошо куется, штампуются и прокатываются, но плохо свариваются
- Длительный срок службы титановых изделий позволяет окупать их повышенную по сравнению со сталями стоимость

# Титановые сплавы:

## основные области применения

- химическое, нефтехимическое, молочное производство – емкости, баки, трубопроводы, теплообменники, реакторы, сосуды, очистительные сооружения;
- машиностроение – корпусные детали, клапаны, золотники, пружины, коленчатые валы;
- добыча топлива, производство ядерных силовых установок - конденсаторы, лопатки турбин, изделия, работающие в соленой морской воде, детали бурильного и нефтяного оборудования;
- строительство – крыши, панели, элементы отделки, трубопроводы, оболочки;
- судостроение – опреснители морской воды, глубоководные спускаемые аппараты, подводные лодки, шельфовые нефтяные платформы;
- захоронение радиоактивных отходов – контейнеры, транспортные цистерны;
- медицинская промышленность – имплантанты, сердечные клапаны, микрохирургический инструмент, протезы;
- производство спортивного инвентаря – ракетки, клюшки, детали велосипедов и др.

# Магниевые сплавы

- Первичный магний имеет три марки: МГ90, МГ95 и МГ 96 с содержанием от 99,96 до 99,90% магния
- В магниевых сплавах содержится железо, кремний, алюминий, медь, никель, марганец и хлор в незначительных количествах.
- Различают *литейные магниевые сплавы* и *сплавы, обрабатываемые давлением*. По ГОСТ 2856-79 определен состав магниевых сплавов, предназначенных для фасонного литья, по ГОСТ 14957-76 – состав сплавов для получения изделий методами горячей деформации
- Магниевые литейные сплавы хорошо обрабатываются резанием, обладают малой плотностью, высокой удельной прочностью, способностью к демпфированию (поглощению) колебаний.
- **Применение:**
  - авиастроении – детали пассажирских кресел, шасси, двигателей и силовых агрегатов;
  - транспортном машиностроении – детали двигателей автомобилей, диски колес, элементы подвески, корпуса лодок и лодочных моторов;
  - текстильной промышленности – детали ткацких станков и бобины;
  - радиотехнической и электронной промышленности – детали оптических приборов, радио- и киноаппаратуры.

# Магние́вые сплавы

- Из магниевых деформируемых сплавов изготавливают следующие изделия:
  - в авиастроении – детали бортовой аппаратуры, диски колес, корпуса кресел;
  - при производстве товаров народного потребления – детали велосипедов;
  - в медицине – детали инвалидных колясок, медицинской техники.
- Благодаря малой плотности и значительной прочности таких сплавов существенно снижается масса конструкции: для корпусных деталей экономия по массе составляет 21, 57 и 111 % по сравнению с алюминиевыми, титановыми и стальными деталями соответственно.
- Для снижения стоимости готовых изделий используют технологию их получения из гранул. Процесс состоит из отливки гранул и прессования их в готовое изделие, например трубу. Возможно также промежуточное изготовление заготовок с последующей механической обработкой, прошивкой или прессованием готового изделия.

# Магниевые сплавы

Таблица 3.1-Свойства магниевых литейных и алюминиевых сплавов

Сплавы	Марка	Рабочая температура, °С	Плотность, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Удельная прочность, $\sigma_B/\rho$
Магниевые	МЛ5 МЛ5пч	150	1810	12,7...13,8
	МЛ12	200	1810	12,7...13,8
	МЛ10	250	1780	12,9...14,0
Алюминиевые	АЛ9, АЛ19, АЛ23	150...300	2600...2800	7,7...17,8

# Никелевые сплавы: Никелевые литейные жаропрочные сплавы

- Широко используются для повышения ресурса и эксплуатационных характеристик авиационных и ракетных двигателей (Ni – Co – Cr – Al – Ti – W – Mo).
- **Применение:** для изготовления литьем по выплавляемым моделям с последующей термической обработкой рабочих лопаток турбин и цельнолитных роторов.
- Сплавы предназначены для работы при температуре 1100градС.
- Литье лопаток методом направленной кристаллизации осуществляют в тонкостенные керамические формы толщиной 6...7 мм, выдерживающие температуру 1750...1780градС. Применение тонкостенных форм обеспечивает достижение заданного температурного градиента при литье лопаток с кристаллической структурой.
- Высокотермические плавильные тигли изготавливают с применением высокоогнеупорных материалов: электрокорунда, муллита, диоксида магния и специальных спекающих добавок. Использование таких тиглей позволяет устранить взаимодействие расплава с рабочей поверхностью, обеспечивая сохранение исходной чистоты металла.

# Никелевые сплавы: Никелевые деформируемые жаропрочные сплавы

- **Применение:** используют для изготовления дисков турбин и последних ступеней компрессоров газотурбинных двигателей. Для этих целей также успешно используют сплав (Ni – Cr – Mo – Ti – Al - Nb) без содержания кобальта и вольфрама, который выдерживает рабочую температуру 550...700градС при ресурсе 12 000 часов.
- Для изготовления дисков турбины и последних ступеней компрессора используют также сплавы с кобальтом, валов компрессора – порошковый сплав, обладающий более однородной структурой.

# Никелевые сплавы

- Для деталей горячего тракта и жаровых труб современных газотурбинных двигателей с повышенным ресурсом создан объемностабильный высокотехнологичный гомогенный свариваемый сплав ВЖ145 (табл. 3.2).
- Детали из этого сплава могут быть в процессе ремонта восстановлены любыми методами сварки.

Таблица 3.2-Свойства никелевых сплавов

Марка сплава	$\sigma_B^{800}$ , МПа	$\sigma_B^{900}$ , МПа	$\sigma_B^{1000}$ , МПа
ЭП648	420...500	220...230	110...140
ВЖ145	450...480	270...300	150...170
Марка сплава	$\sigma_{100}^{800}$ , МПа	$\sigma_{100}^{900}$ , МПа	$\sigma_{100}^{1000}$ , МПа
ЭП648	140...160	40...50	20...25
ВЖ145	160...170	70...80	30...35

**Примечание.** В верхнем индексе предела прочности  $\sigma$  указано время работы в часах, в нижнем индексе – температура в градусах Цельсия

# Задание к семинару-1

- Самостоятельная работа в минигруппах
- Подготовить сообщение с электронной презентацией по одной из тем:
  - Металлы с памятью формы
  - Радиационно-стойкие материалы
  - Аморфные металлические сплавы
  - Сверхпроводящие материалы
  - Материалы со специальными магнитными свойствами
- Самостоятельно разработать сценарий загрузки каждого члена микрогруппы

# ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

- 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.