

МОДУЛЬ 4

**ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ И
СПЛАВЫ.**

**ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И
СПЛАВЫ.**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ,
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И
КОМПОЗИЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

ТЕМА 9. ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ

Легированными называют стали, в которые для получения требуемых свойств специально вводят легирующие элементы

По составу легированные стали подразделяют на:

- 1) низколегированные (до 3 % л.э.),
- 2) среднелегированные (от 3 до 10 % л.э.)
- 3) высоколегированные (свыше 10 % л.э.).

Соответственно легирующим элементам стали получают названия: никелевые, хромистые, хромоникелевые и т.д.

По назначению стали подразделяют на:
конструкционные (например,
цементуемые, улучшаемые),
инструментальные
с особыми свойствами.

К последним относят пружинные, автоматные, шарикоподшипниковые, износостойкие, жаростойкие, жаропрочные, электротехнические, коррозионностойкие и другие стали.

Обозначение марки включает в себя цифры и буквы, указывающие на примерный состав стали.

Каждый легирующий элемент обозначается **буквой**: А – азот, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, Е – селен, К – кобальт, Н – никель, М – молибден, П – фосфор, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ц – цирконий, Ч – редкоземельные элементы, Ю – алюминий. **Первые две цифры** в обозначении показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента (например, 12ХН3А).

У высокоуглеродистых инструментальных сталей – в десятых долях процента.

Следующие после буквы цифры указывают примерное содержание (в целых процентах) соответствующего легирующего элемента (при содержании 1...1,5 % и менее цифра отсутствует,

Сталь улучшаемая марки 30ХГСА (0,28...0,34 % С; 0,8...1,1 % Cr; 0,8...1,1 % Mn и 0,9...1,2 % Si, высококачественная) подвергается закалке при температуре от 830...850 °С в масле и высокому отпуску при 600 °С на сорбит (рис. 1) с получением высоких значений прочности и вязкости. Применяется для изготовления осей, полуосей, валиков, рычагов, деталей рулевого управления, болтов и др.

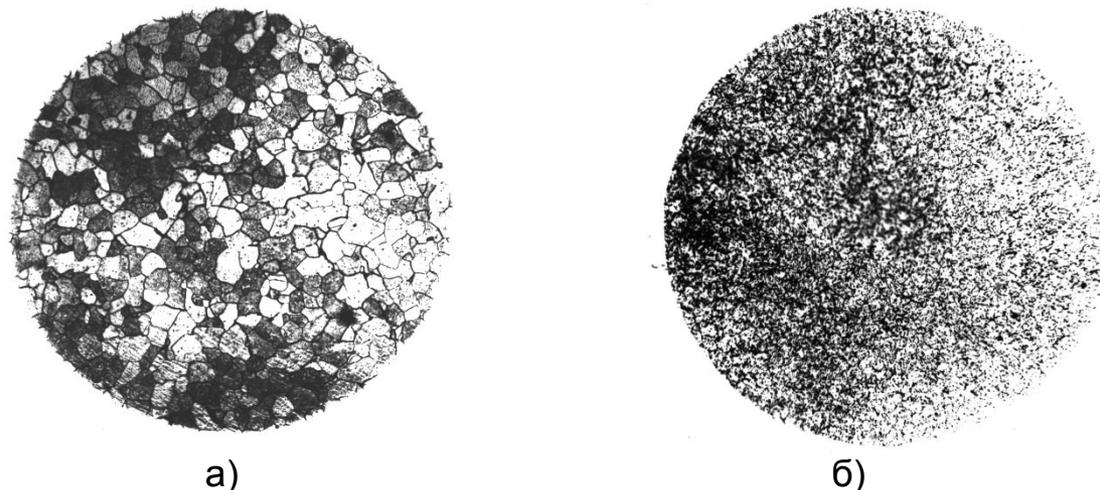


Рис. 32. Микроструктура стали марки 30ХГСА:

а – феррит + перлит (после отжига), $\times 500$;

б – сорбит отпуска (после закалки и высокого отпуска), $\times 500$

Сталь рессорно-пружинная марки 60С2 (0,57...0,65 % С; 0,6...0,9 % Мп и 1,5...2 % Si) работает в условиях знакопеременных нагрузок. Для обеспечения требуемых свойств (сохранения в течение длительного времени высоких упругих значений) ее подвергают закалке при температуре от 820...840 °С в масле и отпуску при температуре от 350...400 °С на троостит (рис. 2).

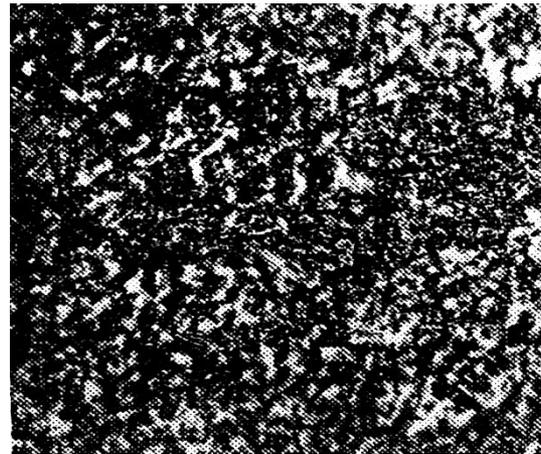


Рис. 2. Микроструктура стали марки 60С2 после закалки и отпуска, × 500

Сталь шарикоподшипниковая марки ШХ15 (0,95...1,05 % С; 1,3...1,65 % Cr и 1,5...2 % Si) работает в условиях поверхностного износа и высоких контактных напряжений (усталостных). Для обеспечения требуемых свойств она закаливается от температуры 830...850 °С в масле, отпускается при 140...160 °С на мартенсит. На рис. 3 показана структура закаленной стали с мелкоигльчатым мартенситом и равномерно распределенными карбидами хрома.

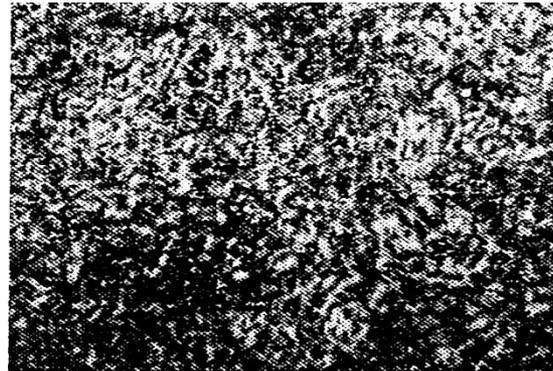


Рис. 3. Микроструктура стали марки ШХ15 после закалки, × 500

Сталь инструментальная (карбидного класса).

Сталь быстрорежущая марки Р18 (0,7...0,8 % С; 3,8...4,4 % Cr; 17,5...19 % W и 1...1,4 % V) работает в условиях разогрева режущей кромки до 600 °С. Микроструктура такой стали в литом состоянии состоит из темного сорбитообразного перлита, светлых карбидов и «скелетного» вида ледебуритной эвтектики (рис. 4).



Рис. 4. Микроструктура литой быстрорежущей стали марки Р18, × 500

Стали с особыми свойствами

Нержавеющая сталь мартенситного класса марки 30Х13 (0,26...0,35 % С; 12.. 14 % Cr) работает в слабоагрессивных средах (водных растворах солей, азотной и некоторых органических кислотах). Нагревается при закалке до 1050...1100 °С в масле и отпускается (в зависимости от эксплуатационных условий работы детали) при 200 °С на мартенсит (рис. 5, а) или при 700 °С на сорбит (рис. 5, б). В низкоотпущенном состоянии сталь применяется для изготовления игл карбюраторов, пружин и др., а в высокоотпущенном – валов, зубчатых колес, болтов и др.

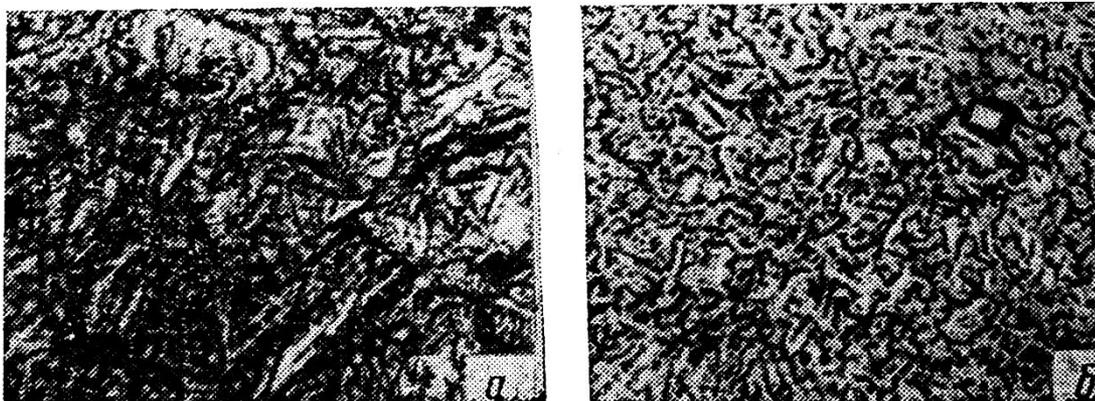


Рис. 5. Микроструктура стали марки 30Х13: а – после закалки и отпуска при 200 °С, × 500; б – после закалки и отпуска при 700 °С, × 500

Нержавеющая сталь аустенитного класса марки 12Х18Н9Т (0,12 % С; 17...19 % Cr; 8...10 % Ni и до 1 % Ti) работает в средах повышенной агрессивности (муравьиная, уксусная, щавелевая и другие кислоты). Для предотвращения выпадения из твердого раствора стали карбидов хрома, сохранения в ней однофазной структуры и высокоантикоррозийных свойств эта сталь закаливается в воде от 1050...1100 °С. После закалки сталь имеет структуру аустенита с линиями сдвига (рис. 6). Эту сталь применяют для трубопроводов, обшивок, различных емкостей и др.

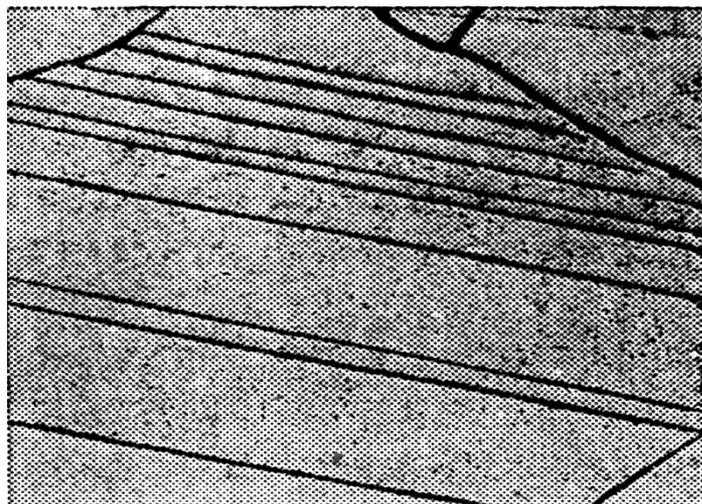


Рис. 6. Микроструктура стали марки 12Х18Н9 после закалки от 1100 °С, × 500

Жаропрочная и жаростойкая сталь аустенитного класса марки 45X14H14B2M (0,45 % C; 14 % Cr; 14 % Ni; 2,0...2,5 % W; 0,2...0,4 % Mo) работает в условиях высоких температур (до 1000 °С), сохраняет длительное время жаропрочность и жаростойкость без образования заметных остаточных деформаций. После закалки в воде от 1050...1100 °С сталь имеет структуру аустенита (рис.7, а). После закалки и старения при 750 °С структура стали состоит из аустенита и карбидов (рис. 7, б). Сталь применяется для изготовления клапанов мощных двигателей, трубопроводов и др.

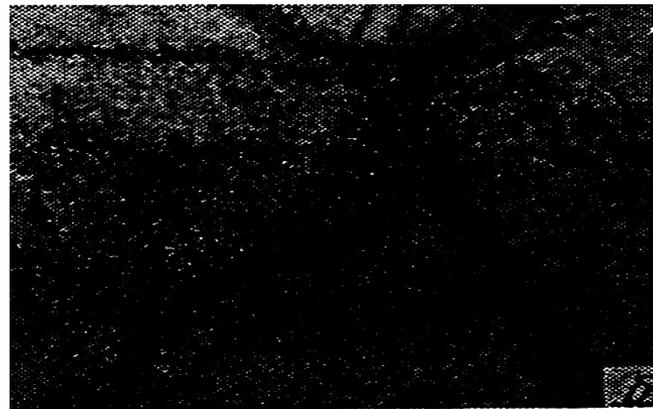


Рис. 7. Микроструктура стали марки 45X14H14B2M:
а – после закалки в воде от 1050...1100 °С, × 500;
б – после старения при 750 °С, × 500

ТЕМА 10.

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

В практике сельскохозяйственного и автотракторного машиностроения широкое применение нашли сплавы на основе цветных металлов – меди и алюминия. Цветные металлы и сплавы можно обрабатывать давлением, резанием и сваривать. Для изменения их свойств применяют термическую обработку. Детали из цветных металлов и сплавов изготавливают литьем и пластическим деформированием.

Применение цветных металлов необходимо экономически оправдывать, так как они дороги и дефицитны по сравнению с черными металлами.

Медь марки М1 содержит до 0,1 % примесей, обладает высокой электропроводностью и применяется для проводников электрического тока. На рис. 8 показана микроструктура деформированной меди после отжига. Видны крупные светлые зерна меди с темными границами и следы пластической деформации (прокатка) в виде линий сдвига и двойников.



Рис. 8. Микроструктура деформированной и отожженной меди,
× 200

Латунь марки Л68 (68 % Cu, остальное – цинк) обладает высокой пластичностью, коррозионной стойкостью и используется чаще для изготовления изделий прокаткой и штамповкой (проволока, листы, трубы, поплавки карбюраторов двигателей, бачки радиаторов и др.). На рис. 9 приведена микроструктура деформированной однофазной α -латуни марки Л68 после отжига. На ней видны темные линии сдвига и двойников. Зерна пластичной α -фазы (твердого раствора цинка в меди) вследствие анизотропии травятся на разную глубину и поэтому имеют неодинаковую окраску.



Рис. 9. Микроструктура латуни марки Л68 после деформирования и отжига, $\times 250$

Латунь марки ЛС59-1 (59 % Cu; 1 % Pb, остальное – цинк) обладает хорошей обрабатываемостью резанием, применяется в виде цветного литья, а также изделий, изготовляемых прокаткой или прессованием (листы, прутки, трубы, втулки, гайки, жиклеры, тройники, пробки и др.). Микроструктура литой латуни (рис. 10) состоит из светлых зерен пластичной α -фазы и темных зерен твердой и хрупкой β -фазы.

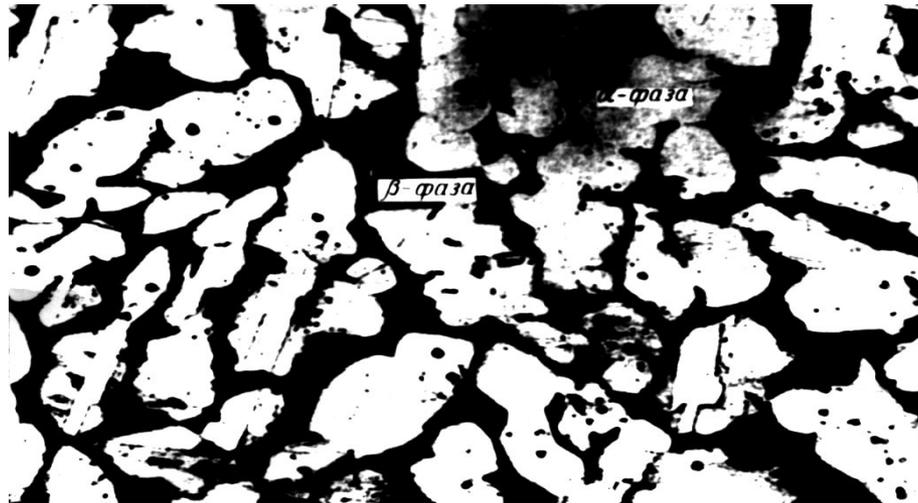


Рис. 10. Микроструктура литой латуни марки ЛС59-1,
× 200

Бронза марки БрО10 (10 % Sn, остальное – медь) обладает хорошими литейными свойствами и поэтому применяется для цветного сложного фасонного литья арматуры и др. Микроструктура оловянистой бронзы (рис. 11) состоит из неоднородного твердого α -раствора (твердого раствора олова в меди) и эвтектоида $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. Из бронзы БрО10 изготавливают подшипники скольжения и детали арматуры.

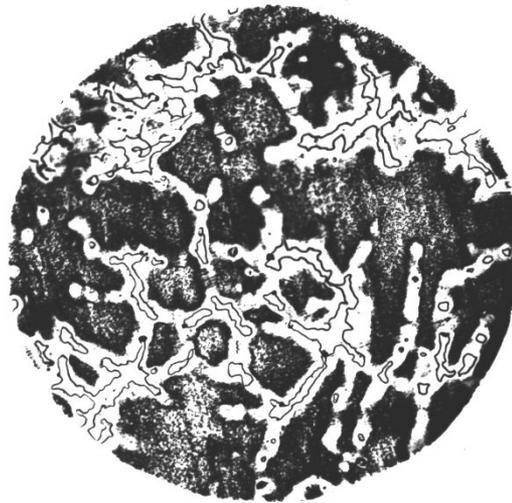


Рис. 11. Микроструктура литой оловянистой бронзы марки БрО10, $\times 100$

Силумин марки АК12 (10...13 % Si, остальное – алюминий) обладает коррозионной стойкостью и хорошими литейными свойствами, применяется для литья (крышки, кожухи, корпуса водяных насосов, барабаны и др.). При отсутствии модифицирования заэвтектический сплав, содержащий 12 % Si, имеет структуру, состоящую из эвтектики ($\alpha + \text{Si}$) грубого строения и темных крупных игл кремния (рис. 12), снижающих пластические свойства сплава. Фаза α представляет собой твердый раствор кремния в алюминии.



Рис. 12. Микроструктура литейного алюминиевого сплава марки АЛ2 до модифицирования, $\times 200$

Дуралюмин марки Д16 (3,8...4,8 % Cu; 0,6 % Mg; 0,6 % Mn; менее 0,7 % Si; остальное – алюминий) обладает достаточной прочностью и пластичностью. Посредством прокатки или штамповки из него изготавливают листы, прутки, трубы и др. Для получения требуемых свойств дуралюмин закаливают в воде от 510 °С и затем подвергают старению при 18...20 °С в течение нескольких суток. После старения структура дуралюмина Д16 состоит из светлых зерен перенасыщенного твердого раствора (рис. 13), представляющего собой твердый раствор меди в алюминии.

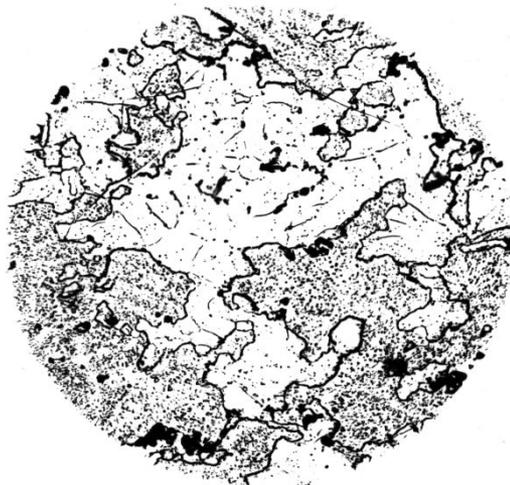


Рис. 13. Микроструктура деформированного алюминиевого сплава марки Д16 после закалки в воде и естественного старения, ×

Подшипниковый сплав баббит марки Б83 (83 % Sn; 11 % Sb; 6 % Cu) обладает высокими антифрикционными свойствами, применяется для заливки подшипников скольжения машин ответственного назначения (турбины, компрессоры, дизели и др.).

Структура сплава состоит из темной пластичной основы α -фазы (твердого раствора сурьмы в меди и олове), светлых твердых частиц крупных кубических кристаллов SnSb и мелких игл или звезд кристаллов Cu_3Sn .