

Белорусский национальный технический университет
Студенческий конкурс исторических исследований
Секция «История науки и техники»

«Лигатура»

Автор:
студент группы 10405521
механико-технологического факультета БНТУ
Свитко К.Д.

Руководитель: Людмила Александровна Довнар
кандидат исторических наук
доцент кафедры «История»

Минск, 2022

АННОТАЦИЯ

- Общеизвестно, что добавление определенных примесей в металл способно значительно изменить физические свойства металла и изделий из него. Исследование и подбор легирующих компонентов всегда было одной из главных задач металлургов и металлургов.
- В представленной работе автор исследовал историю способов легирования сталей, рассмотрел элементы легирования и их свойства.
- Особое внимание уделено вкладу сотрудников БНТУ в разработку легатуры для сталей.

Лигатура

Выполнил: Свитко К.Д.

Гр. 10405521

Руководитель: Довнар Л.А.

Минск 2022

Содержание

- ◇ Введение
- ◇ Глава 1. Легирование в металлургии
 - История
 - Способы легирования
 - Маркировка легированных сталей
 - Элементы легирования и их свойства
 - Дефекты легированных сталей
 - Использование легированных сталей
- ◇ Глава 2. Лигатуры, применяемые при производстве высокопрочного чугуна с шаровидным графитом
- ◇ Вклад сотрудников БНТУ
- ◇ Заключение

Цель

Целью исследования являлось всестороннее изучение лигатур.

Введение

Легирование (нем. legieren — «сплавлять», от лат. ligare — «связывать») — добавление в состав материалов примесей для изменения (улучшения) физических и химических свойств основного материала. Легирование является обобщающим понятием ряда технологических процедур, различают объемное (металлургическое) и поверхностное (ионное, диффузное и др.) легирование.



Глава 1. Легирование в металлургии

История

Легирование стало целенаправленно применяться сравнительно недавно. Отчасти это было связано с технологическими трудностями. Легирующие добавки просто выгорали при использовании традиционной технологии получения стали. Поэтому для получения дамасской (булатной) стали использовали достаточно сложную по тем временам технологию.

Примечательно то, что первыми сталями, с которыми познакомился человек были природнолегированные стали. Еще до начала железного века применялось метеоритное железо, содержащее до 8,5 % никеля.

Высоко ценилось и природнолегированные стали, изготовленные из руд, изначально богатых легирующими элементами. Повышенная твердость и вязкость самурайских мечей с возможностью обеспечить остроту кромки возможно объясняются наличием в стали молибдена.



По-видимому, первым удачным использованием целенаправленного легирования можно считать изобретение в 1858 г. Мюшеттом стали, содержащей 1,85 % углерода, 9 % вольфрама и 2,5 % марганца. Сталь предназначалась для изготовления резцов металлообрабатывающих станков и явилась прообразом современной линейки быстрорежущих сталей. Промышленное производство этих сталей началось в 1871 г.

Принято считать, что первой легированной сталью массового производства стала Сталь Гадфильда, открытая английским металлургом Робертом Эбботом Гадфильдом в 1882 г. Сталь содержит 1,0 — 1,5 % углерода и 12 — 14 % марганца, обладает хорошими литейными свойствами и износостойкостью. Без особых изменений химического состава эта сталь сохранилась до настоящего времени.



Способы легирования

В настоящее время технологически легирование производится тремя способами: ионная имплантация, нейтронно-трансмутационное легирование (НТЛ) и термодиффузия.

Ионная имплантация

Ионная имплантация позволяет контролировать параметры приборов более точно, чем термодиффузия, и получать более резкие р-n-переходы. Технологически проходит в несколько этапов:

- ◆ • Загонка (имплантация) атомов примеси из плазмы (газа).
- ◆ • Активация примеси, контроль глубины залегания и плавности р-n-перехода путём отжига.
- ◆ • Ионная имплантация контролируется следующими параметрами:
 - ◆ • доза — количество примеси;
 - ◆ • энергия — определяет глубину залегания примеси (чем выше, тем глубже);
 - ◆ • температура отжига — чем выше, тем быстрее происходит перераспределение носителей примеси;
 - ◆ • время отжига — чем дольше, тем сильнее происходит перераспределение примеси.

Нейтронно-трансмутационное легирование

При нейтронно-трансмутационном легировании легирующие примеси не вводятся в полупроводник, а образуются («трансмутуют») из атомов исходного вещества (кремний, арсенид галлия) в результате ядерных реакций, вызванных облучением исходного вещества нейтронами. НТЛ позволяет получать монокристаллический кремний с особо равномерным распределением атомов примеси. Метод используется в основном для легирования подложки, особенно для устройств силовой электроники.

Термодиффузия

Термодиффузия — термодинамический эффект, заключающийся в появлении в смеси вследствие разности температур градиента концентрации компонентов.



Элементы легирования и их свойства

- ◇ никель - пластичность, прочность, устойчивость против коррозии;
- ◇ хром - твердость и прочность и при одновременном понижении пластичности жаропрочность, а также устойчивость против коррозии;
- ◇ вольфрам - твердость и красностойкость, т. е. способность сохранять твердость при высоком нагреве;
- ◇ кобальт - прочность и пластичность;
- ◇ ванадий - плотность, отсутствие окислов, мелкозернистое строение;
- ◇ молибден - прочность, твердеешь и жароустойчивость;
- ◇ титан - твердость, плотность, мелкозернистое строение;
- ◇ алюминий - жароустойчивость;
- ◇ медь - устойчивость против ржавления и действия кислот;
- ◇ кремний - упругость и высокие магнитные свойства;
- ◇ марганец - прочность и сопротивление износу.

Дефекты легированных сталей

Дендритная ликвация

Дендритная ликвация — неоднородность химического состава дендритных кристаллитов, которая возникает вследствие дендритной кристаллизации сплавов.

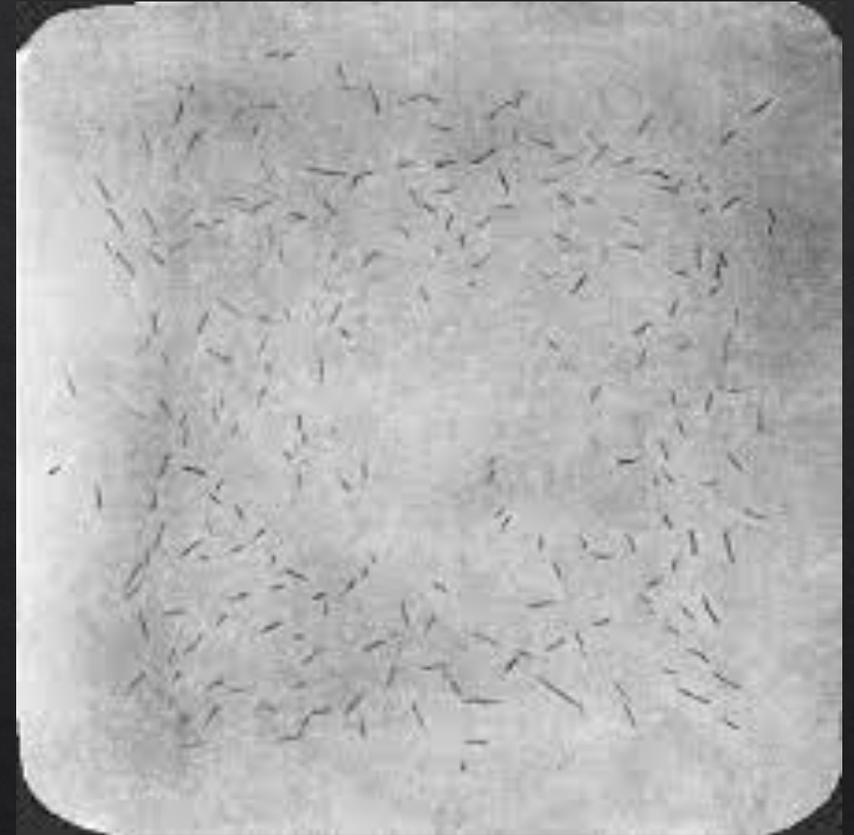
Чем шире температурный интервал кристаллизации, тем больше склонность сплава к дендритной ликвации. Ликвация является нежелательным явлением, поскольку создает неоднородность свойств изделий. В частности, дендритная ликвация вызывает охрупчивание слитков, крупных отливок вследствие скопления вредных примесей в межосевых промежутках, на границах дендритных кристаллитов. Дендритную ликвацию можно уменьшить или устранить, проводя гомогенизирующий отжиг изделий.



Флокены

Флокены - внутренние трещины в стальных поковках и прокатной продукции (иногда – в слитках или отливках), резко снижающие механические свойства стали.

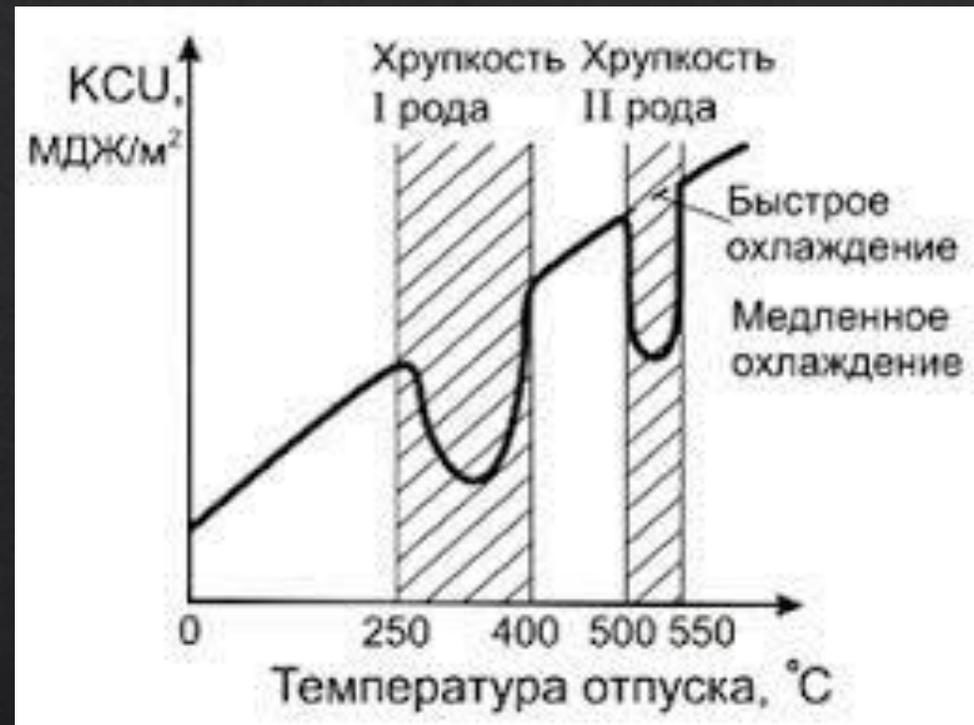
Основная причина образования флокенов – присутствие в стали повышенного количества водорода, а наиболее вероятный механизм этого процесса – адсорбция водорода на поверхностях микронесплошностей с понижением поверхностной энергии, что облегчает разрушение.



Отпускная хрупкость II рода

Отпускная хрупкость второго рода - явление падения ударной вязкости металла при отпуске в интервале температур 500-600 °С.

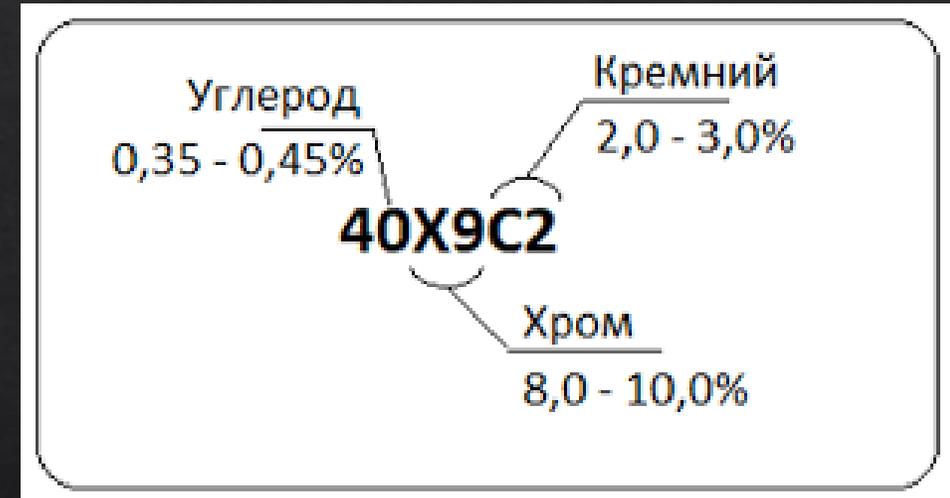
Характерная особенность такой хрупкости заключается в том, что она проявляется в результате медленного охлаждения после отпуска. Устранить это явление можно за счет быстрого охлаждения. Следует иметь в виду, что, устранив отпускную хрупкость за счет увеличения скорости охлаждения, можно вновь ее получить, если в дальнейшем деталь из этой стали будет эксплуатироваться при температурах 500-600 °С (почему эта хрупкость и получила название обратимой хрупкости).



Маркировка легированных сталей

К категории легированных относится большое разнообразие сталей, что и вызвало необходимость в систематизации их буквенно-цифрового обозначения. Требования к их маркировке оговаривает ГОСТ 4543-71, согласно которому сплавы, наделенные особыми свойствами, обозначаются маркировкой, где на первой позиции стоит буква. По этой букве как раз и можно определить, что сталь по своим свойствам относится к определенной группе.

Так, если маркировка легированных сталей начинается с букв «Ж», «Х» или «Е» — перед нами сплав нержавеющей, хромистой или магнитной группы. Сталь, которая относится к нержавеющей хромоникелевой группе, обозначается буквой «Я» в ее маркировке. Сплавы, относящиеся к категории шарикоподшипниковых и быстрорежущих инструментальных, обозначаются буквами «Ш» и «Р».



Стали, относящиеся к легированным, могут принадлежать к категории высококачественных, а также особо высококачественных. В таких случаях в конце их марки ставится буква «А» или «Ш» соответственно. Стали, которые обладают обычным качеством, таких обозначений в своей маркировке не имеют. Специальное обозначение также имеют сплавы, которые получены прокатным методом. В таком случае в маркировке присутствует буква «Н» (нагартованный прокат) или «ТО» (термически обработанный прокат).

Точный химический состав любой легированной стали можно посмотреть в нормативных документах и справочной литературе, но получить такую информацию позволяет и умение разбираться в ее маркировке. Первая цифра позволяет понять, сколько углерода (в сотых долях процента) содержит легированная сталь. После этой цифры в марке перечисляются буквенные обозначения легирующих элементов, которые содержатся дополнительно.

После каждой такой буквы проставляется количественное содержание указанного элемента. Выражается это содержание в целых долях. После буквы, обозначающей элемент, может не стоять никакой цифры. Означает это то, что его содержание в стали не превышает 1,5%. Государственный стандарт 4543-71 регламентирует обозначение легирующих добавок, входящих в состав легированной стали: А — Азот, Б — Ниобий, В — Вольфрам, Г — Марганец, Д — Медь, К — Кобальт, М — Молибден, Н — Никель, П — Фосфор, Р — Бор, С — Кремний, Т — Титан, Ц — Цирконий, Ф — Ванадий, Х — Хром, Ю — Алюминий.

Использование легированных сталей

Сегодня сложно найти сферу жизни и деятельности, в которых бы не использовалась легированная сталь. Из инструментальных и конструкционных сталей производится практически любой инструмент: резцы, фрезы, штампы, измерительные устройства, шестерни, пружины, подвески, растяжки и многое другое. Нержавеющие легированные стали активно используются и в быту, из них изготавливают посуду, корпуса и другие элементы многих видов бытовой техники.

Легированные стали по причине их высокой стоимости используются только для производства самых ответственных конструкций и деталей, где изделия из других металлов просто не смогут выполнить возложенные на них задачи.

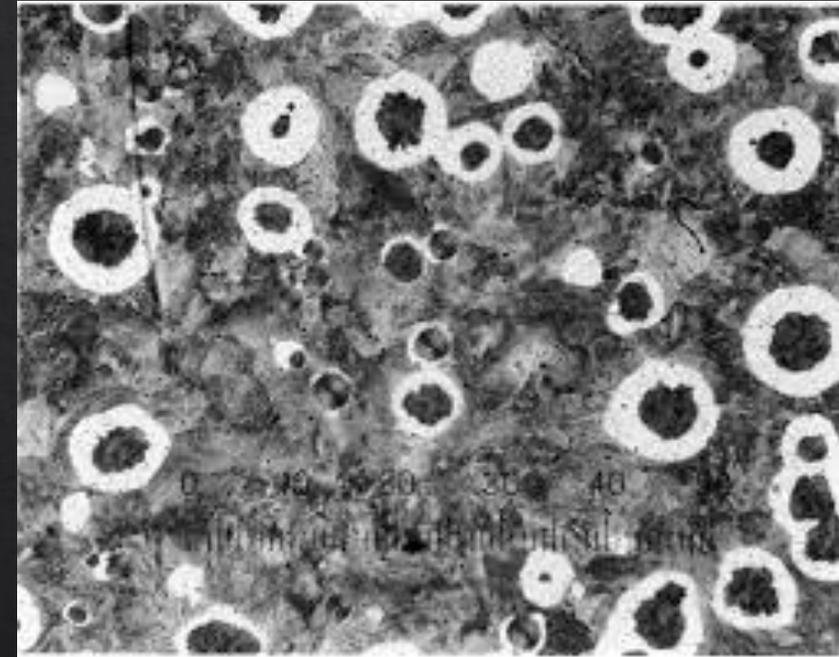


Глава 2. Лигатуры, применяемые при производстве высокопрочного чугуна с шаровидным графитом

ВЧШГ – высокопрочный чугун с шаровидным графитом

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом или ВЧШГ – это конструкционный материал, обладающий высокими прочностными свойствами и хорошими эксплуатационными характеристиками. Как известно, в чугунах форма зерна графита оказывает определяющее влияние на прочностные характеристики материала. В высокопрочном чугуне ВЧШГ графитные включения имеют шаровидную форму*. Вследствие чего ВЧШГ по механическим свойствам значительно превосходит серый чугун и успешно конкурирует со сталью.

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом выгодно отличается от стали хорошими литейными свойствами (высокой жидкотекучестью, малой склонностью к образованию горячих трещин, меньшей усадкой и т.д.), относительной простотой процесса выплавки и меньшей стоимостью.



Свойства высокопрочного чугуна

Свойства высокопрочных чугунов весьма многообразны, однако отличительной особенностью таких чугунов является сочетание хороших литейных свойств и высоких прочностных характеристик. К свойствам высокопрочного чугуна относятся также: хорошая обработка резанием, высокая пластичность, низкая чувствительность к концентраторам напряжения, устойчивость к циклическим нагрузкам.

Литейные свойства высокопрочного чугуна, в частности ВЧШГ:

Высокая жидкотекучесть,

Малая склонность к образованию горячих трещин,

Малая усадка.

Требования к механическим свойствам высокопрочного чугуна регламентированы стандартом ГОСТ 7293-85 (СТ СЭВ 4558-84).

Применение высокопрочного чугуна

Свойства ВЧШГ очень разнообразны, поэтому высокопрочный чугун применяется:

Взамен серого чугуна — для удлинения срока службы отливок (изложниц, прокатных валков, поршней, поршневых колец и др.);

Взамен стали — с целью упрощения и удешевления производства, уменьшения количества металла и рационализации конструкции отливок (коленчатых валов, траверс, шестерен и др.);

Взамен цветных сплавов — целью сокращения расхода дефицитных металлов и уменьшения стоимости машин.

Наряду с конструкционными высокопрочными чугунами применяются высокопрочные чугуны со специальными свойствами: жаростойкий и ростоустойчивый (например, см. Нирезист), стойкий в различных агрессивных средах, антифрикционный высокопрочный чугун с низким коэффициентом трения и т.д.



Получение высокопрочного чугуна

Так как рост производства отливок из ВЧШГ обусловлен исключительно благоприятным сочетанием физико-механических, эксплуатационных и механических свойств этого материала, а также экономическими соображениями, объём производства и потребления отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом непрерывно увеличивается.

Получение в структуре чугуна шаровидной формы графита основано на отдельной или совместной обработке жидкого чугуна магнием, РЗМ, кальцием и другими присадками, содержащими в том или ином количестве указанные (сфероидизирующие графит) вещества, присадками.

Наиболее распространённым в мировой практике способом получения высокопрочного чугуна является магниевый процесс, основанный на введении в расплав металлического магния, магниевых лигатур и комплексных модификаторов, содержащих магний.

Химический состав

Высокопрочный чугун в зависимости от марки и требуемой толщины стенок отливки имеет химический состав в следующем диапазоне:

Углерод: 3,0-3,5 %;

Кремний: 1,4-3,3 %;

Марганец: 0,6-0,8 %, для некоторых марок не более 0,6 %;

Фосфор: не более 0,2 %, для некоторых марок не более 0,1 %;

Сера: не более 0,03 %, иногда не более 0,01 %

Магний: 0,04-0,08 %.

Высокопрочный чугун очень чувствителен к примесям, так как они оказывают влияние на образование шаровидного графита: титан — с 0,002 %, свинец — с 0,009 %, висмут — с 0,003 %, олово — с 0,05 %, алюминий — с 0,2 %, медь — с 2 %, однако влияние меди может быть частично компенсировано добавкой никеля, а влияние остальных элементов может быть нейтрализовано добавкой церия, содержание которого должно быть не менее 0,005 %.

Вклад сотрудников БНТУ

Изобретение относится к литейному производству, а именно к изысканию составов лигатур, применяемых при производстве высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Целью изобретения является повышение предела прочности чугуна и степени усвоения легирующих элементов .

Технология получения лигатуры. Лигатуру с содержанием 0,1- 1,0% РЗМ, 5-10% магния, 25-60% кремния, 0,1-5,0% бария, 0,1-10% марганца, 0,01-1,0% иттрия, остальное железо получают сплавлением ферросплавов или восстановительной плавкой в электропечи. Марганец в количестве 0,1-10% присаживают в расплав в виде чистого компонента или ферросплава. Итрий в расплав лигатуры переходит из концентратов в процессе восстановительной плавки или его присаживают в расплав и в виде чистого- компонента. Полученную лигатуру измельчают на щековой дробилке до фракции 5-50 мм. I

Экономический эффект от использования предложенной лигатуры по сравнению с применением известной лигатуры для производства отливок из ВЧШГ внутриформенным модифицированием составит 106 тыс.руб.

Заключение

Легированные стали широко применяют в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении, в автомобильной промышленности, тяжелом и транспортном машиностроении в меньшей степени в станкостроении, инструментальной и других видах промышленности. Это стали применяют для тяжело нагруженных металлоконструкций. Стали, в которых суммарное количество содержание легирующих элементов не превышает 2.5%, относятся к низколегированным, содержащие 2.5-10% - к легированным, и более 10% к высоколегированным (содержание железа более 45%). Наиболее широкое применение в строительстве получили низколегированные стали, а в машиностроении – легированные стали. Легирующие элементы могут растворяться в феррите, аустените., цементите, образовывать специальные карбиды (карбиды легирующих элементов в отличии от карбида железа) или интерметаллидные соединения с железом и между собой, например, FeCr, FeV и т.д. Растворяясь в аустените или феррите, легирующие элементы упрочняют эти фазы, делают их более устойчивыми против распада при нагреве и охлаждении, изменяя температуры фазовых превращений и структуру сталей. Легированная сталь обладает ценнейшими свойствами, которых нет у углеродистой стали, и не имеет ее недостатков. Применение легированной стали повышает долговечность изделий, экономит металл, увеличивает производительность, упрощает проектирование и потому в прогрессивной технике приобретает решающее значение.

Достоинства легированных сталей: особенности обнаруживаются в термически обработанном состоянии, поэтому изготавливаются детали, подвергаемые термической обработке; . улучшенные легированные стали обнаруживают более высокие показатели сопротивления пластическим деформациям; . легирующие элементы стабилизируют аустенит, поэтому прокаливаемость легированных сталей выше; . возможно использование более «мягких» охладителей (снижается брак по закалочным трещинам и короблению), так как тормозится распад аустенита; . повышаются запас вязкости и сопротивление хладоломкости, что приводит к повышению надежности деталей машин.