

## ЛИТЫЕ ШАРИКОПОДШИПНИКОВЫЕ КОЛЬЦА И ИХ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Е. П. ФИЛИМОНОВА

(Представлена научным семинаром кафедр металловедения, технологии металлов и сварочного производства)

Проводились исследования по изготовлению малогабаритных колец подшипников методом центробежного литья без последующей горячей обработки давлением.

Изучалась микроструктура литой стали для выбора режимов термической обработки, которая дала бы возможность получить свойства литой стали, равнозначные кованой.

Методом центробежного литья отливались заготовки для внутренних колец подшипников типа 208 (40×80×18). Заготовки получали в виде втулок. Из каждой втулки изготовлялось три кольца.

Структура литой стали ШХ15 имеет карбидную сетку и крупные избыточные карбиды. Карбидную сетку можно разбить операцией нормализации. Избавиться от крупных карбидов путем только термической обработки не всегда удается. Поскольку нами не применялась горячая обработка давлением для литой стали ШХ15, то нужно было получить в литой структуре минимально возможную величину избыточных карбидов. С этой целью изучалась закономерность изменения структуры стали, полученной различными методами литья.

Заготовки отливались в форме вышеуказанных втулок в земляные и металлические неподвижные и вращающиеся формы. Лучшие результаты по структуре дали отливки, полученные на центробежной машине с горизонтальной осью вращения при числе оборотов  $n = 1400$  об/мин, с охлаждением кокиля водой после заливки последних порций металла. В структуре этих отливок имеется тонкая карбидная сетка, крупные карбиды располагаются в зоне, расположенной ближе к внутренней стороне отливки. Эти крупные карбиды нужно было разбить специальной термической обработкой.

Оптимальной структурой кованой стали ШХ15 перед закалкой является мелкозернистый перлит, который после закалки дает структуру скрытокристаллического мартенсита с однородно распределенными мелкими вторичными карбидами. Такая структура обеспечивает наилучшую стойкость подшипника в эксплуатации.

В литой стали после отжига также необходимо получить структуру мелкозернистого перлита. Для этого нужно путем нагрева перевести карбидную сетку и крупные карбиды в твердый раствор, выравнять состав твердого раствора и при последующем охлаждении не дать возможность вновь выпасть карбидной сетке и карбидам. Проводились различные виды термической обработки для получения структуры литой стали после закалки равнозначной кованой. Типы термической об-

Таблица 1

Тип обработки	Гомогенизация	Предварительная закалка	Нормализация	Отжиг	Закалка	Отпуск	Примечание
I	1100°—4 час.	—	—	780°—2ч (в методической печи завода)	840°—40 мин.	150°—2 час.	После закалки карбидная сетка в виде бус
II	1100°—4 час.	950°—40 мин.	—	Низкотемпературный ступенчатый 600°—3,5 час., 750°—30 мин.	840°—40 мин.	150°—2 час.	После закалки слегка заметна бывшая карбидная сетка
III	1100°—4 час. (охлаждение на воздухе)	—	—	780°—2ч (в методической печи)	840°—40 мин.	150°—2 час.	После закалки следы карбидной сетки
IV	"	950°—40 мин.	—	Низкотемпературный ступенчатый 600°—3,5 час., 750°—30 мин.	840°—40 мин.	150°—2 час.	После отжига и закалки структура нормальная
V	"	—	900°—40 мин.	780°—2 час (в методической печи)	840°—40 мин.	150°—2 час.	"
VI	—	950°—40 мин.	—	Низкотемпературный ступенчатый 600°—3,5 час.	840—40 мин.	150°—2 час.	После закалки карбидная сетка в виде бус и крупные карбиды
VII	—	—	900°—40 мин.	780°—2 час (в методической печи)	840°—40 мин.	150°—2 час.	"
VIII	—	—	—	780°—2 час. (в методической печи)	840°—40 мин.	150°—2 час.	"

работки, применяемые для литой стали, приведены в табл. 1. Из таблицы видно, что каждый тип полной термической обработки состоит из определенных видов отдельных термических операций. Термическая обработка производилась на одинаковых образцах.

В стали ШХ15 железохромистые карбиды растворяются в аустените полностью при нагреве 890—900°. За счет ликвации могут образовываться в стали карбиды с более высоким содержанием хрома. Такие карбиды наиболее устойчивы и растворяются в аустените лишь при 1040—1070°. В литой стали ШХ15 за счет ликвации присутствуют карбиды с высоким содержанием хрома. Нагрев литой стали для полного растворения карбидов необходим до 1050—1100°.

Для ковanej стали основная масса карбидов растворяется при нагреве до 900°. Дальнейший нагрев вызывает ускоренный рост зерна аустенита. При нагреве литой стали процесс растворения карбидов изменяется. В этой стали при температуре 900° имеются карбиды и карбидная сетка. Зерна аустенита растут медленно до момента полного растворения карбидов и карбидной сетки. Полное растворение карбидов наступает при температуре 1100°, после этого наблюдается рост зерен аустенита. Таким образом, литая сталь с крупным зерном ведет себя при нагреве как мелкозернистая.

Как показывает опыт, размер зерна аустенита литой стали уменьшается после гомогенизации. Это происходит по следующим причинам. При нагреве литой стали немного выше линии  $A_{c1}$  образуются зерна аустенита мельче первоначальных зерен литой стали. При дальнейшем повышении температуры рост зерен аустенита затруднен наличием нерастворившихся карбидов настолько, что они не вырастают до первоначальной величины зерен литой стали.

Для полного растворения карбидов в наших отливках потребовалась пятичасовая выдержка при температуре 1100°. При медленном охлаждении после гомогенизации выпадает карбидная сетка, грубее, чем она наблюдалась ранее в литой стали. После гомогенизации с последующим охлаждением на воздухе наблюдается тонкая карбидная сетка или обрывки сетки. Для окончательного устранения карбидной сетки производилась нормализация при температуре 900° с выдержкой в течение 40 мин. В дальнейшем отливки подвергались отжигу в заводской методической печи при температуре 780° с двухчасовой выдержкой. Структура и твердость литой стали после такого цикла термической обработки равнозначна ковanej.

В другом случае образцы после гомогенизации подвергались предварительной закалке с 950° в масле. Затем осуществлялся низкотемпературный ступенчатый отжиг по режиму: нагрев до 600°, выдержка при этой температуре 3,5 часа, последующий нагрев до 750° с выдержкой 30 мин. Длительность этого отжига не отличается от обычного отжига, применяемого для этой стали.

При нагреве закаленной стали до 600° и выдержке в течение 3,5 часов наблюдается структура сорбита с твердостью  $HV = 310$ . Нагрев до 750° приводит к укрупнению сорбитных частиц и снижению твердости после отжига до требуемого значения.

При сравнении режимов термической обработки литой стали по типу IV и V согласно табл. 1 лучшие результаты после отжига по распределению и величине карбидов получаются по типу IV.

При обычном отжиге кристаллы карбидов растут в зависимости от условий охлаждения. В этом случае изменять условия охлаждения в широком диапазоне не удается, так как скорость охлаждения практически задана. В случае закаленной структуры можно в широких

пределах изменять условия перехода мартенсита в троостит и сорбит. На различных температурах и выдержках можно получать кристаллы карбидов различной дисперсности.

Готовые литые кольца, обработанные по вышеприведенному циклу, проходили закалку и отпуск по режиму для кованой стали.

С литыми внутренними кольцами были собраны шарикоподшипники для испытания на долговечность. Литые кольца подвергались термической обработке по типу IV (табл. 1). Было испытано четыре подшипника. Все они проработали расчетную норму.

Методика испытаний подшипников на долговечность требует длительных сроков. Отсутствие испытательных стендов в наших условиях не позволило провести испытания на долговечность в широких масштабах.

### Выводы

1. Кольца, полученные центробежным способом литья, имеющие конечную структуру скрытокристаллического мартенсита с равномерно распределенными карбидами, могут работать наравне с коваными.

2. Применение литых колец подшипников позволяет утилизировать отходы стали ШХ15, экономит тысячи тонн стали, разгружает железнодорожный транспорт, удешевляет производство подшипников.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Экономия материальных ресурсов на 1 Государственном подшипниковом заводе им. Л. М. Кагановича. Сб. статей, изд. сектор Госнаба СССР, 1952.
  2. Я. Р. Раузин. Термическая обработка хромистой стали. Машгиз, 1955.
-