

2. Анисович Г.А. Затвердевание отливок. Мн.: Наука и техника, 1979.
3. Тихомиров М.Д. Основы моделирования литейных процессов. - Литейное производство. №4, 1998, с.30-34.
4. Баранов О.А., Ветров Б.Г., Поль В.Б., Попов А.Д., Филиппов А.С. Непрерывное литье чугуна. М.: Metallurgia, 1968.

УДК 621.747.59:621.785:669.131.7

Бейнитный высокопрочный чугун – материал для изготовления зубчатых колес

Студент гр. 104317 Кузьмич В.Н.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Существенное повышение износостойкости, надежности и долговечности деталей из высокопрочного чугуна возможно за счет использования изотермической закалки. Повышенное внимание к этому виду термической обработки обусловлено возможностью значительного повышения физико-механических свойств чугуна, снижения металло- и энергоемкости изготовления деталей. В деталях подвергнутых изотермической закалке создаются условия, обеспечивающие относительно полную релаксацию, как термических, так и фазовых напряжений отливках, что практически исключает опасность появления закалочных трещин.

Микроструктура, возникающая в чугунных отливках после изотермической обработки, наиболее полно удовлетворяет требованиям, которые предъявляются к структурам износостойких сплавов (износостойкость повышается в среднем в 5-7 раз). Кроме того, изотермическая обработка резко улучшает противозадирочные свойства чугуна, как при сухом трении, так и при трении со смазкой. Для повышения долговечности и безотказной работы автомобилей, тракторов требуется обеспечить надежную работу его наиболее ответственных и высоконагруженных в тепловом и механическом отношениях деталей, к числу которых относятся зубчатые и червячные колеса различного назначения. В качестве оптимального материала для изготовления таких деталей, наиболее перспективно применение высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита, подвергнутого изотермической закалке.

Высокая эксплуатационная стойкость зубчатых колес из высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, определяется:

- более низким, по сравнению со сталью, модулем упругости (170000 и 210000 МПа соответственно), что обеспечивает при одинаковых нагрузках увеличение контактной поверхности и соответственно снижение поверхностных напряжений;
- низким коэффициентом трения, хорошей прирабатываемостью, способностью длительное время работать в аварийных условиях при отсутствии смазки;
- высокой стойкостью к абразивному и ударно - абразивному износу, вследствие превращения аустенита в мартенсит в рабочем слое детали при высоких удельных нагрузках;
- высокой демпфирующей способностью материала, благодаря высокой прочности и вязкости матрицы, при этом сферическая форма графита препятствует развитию возникающих магистральных трещин.

Эксплуатационная стойкость колес зависит в основном от двух видов усталости: усталостной прочности при изгибающих нагрузках, возникающих у основания зуба при зацеплении и контактной усталостной прочности, связанной с образованием на поверхности зуба питтинга, который в процессе работы способствует развитию усталостных трещин и разрушению детали. Экспериментальные исследования [1],

показали, что повышение температуры изотермической закалки приводит к повышению усталостной прочности при изгибе и снижению контактной усталостной прочности приблизительно на 15-20%, что связано с изменением количества остаточного аустенита и появлением включений мартенсита. Контактная усталостная прочность (КУП) бейнитного чугуна с шаровидной формой графита 32-36 МПа, несколько уступает цементированной стали (45-50 МПа), для сравнения низколегированная, закаленная и отпущенная сталь имеет КУП 8 МПа, а азотированная сталь 29-32 МПа. Увеличение усталостной прочности при изгибе высокопрочного чугуна, подвергнутого изотермической закалке, возможно за счет дробеструйной обработки, после проведения которой, прочность возрастает с 220-300 до 400-500 МПа. В процессе работы происходит эффект поверхностного упрочнения за счет превращения остаточного аустенита в мартенсит, что ведет к повышению твердости рабочей поверхности на глубину до 2 мм. Сравнительные исследования свойств бейнитного высокопрочного чугуна, представленные в работе [2] показали, что упрочнение за счет наклепа дробью повысило стойкость зуба колес при испытании на натурном стенде в 4 раза.

По относительной абразивной износостойкости БЧШГ с твердостью 350 НВ в 2 раза превосходит рельсовую сталь с твердостью 255 НВ и в 3 раза низколегированную Cr-Mo сталь с твердостью 304 НВ [3].

Анализ литературы показывает, что за последние десятилетия проведено большое количество исследований, как по определению оптимального химического состава, количества легирующих элементов и режимам изотермической обработки, так и по сравнительным эксплуатационным испытаниям стойкости зубчатых шестерен.

В работе [4] сообщается о проведенной комплексной работе по разработке технологии получения литых шестерен из бейнитного чугуна с шаровидной формой графита. Стендовые испытания по определению запаса статической прочности при кручении показали, что чугунные шестерни превосходят шестерни полученные штамповкой из сталей 20ХГНМ и 19ХГМ. После проведения ударно-скоростных и форсированных дорожных испытаний, состояние зубьев шестерен в контактной зоне было без поверхностных повреждений. Металлографический и рентгеноструктурный анализ показал, что в процессе эксплуатации происходит частичное превращение аустенита с образованием мартенсита, в структуре рабочего слоя чугуна микротвердость возросла с 460-465 до 550-729 НВ, количество остаточного аустенита уменьшилось с 20-25 до 10-15%.

Аналогичные эксперименты по исследованию возможности применения бейнитного чугуна с шаровидной формой графита вместо углеродистых и низколегированных сталей для шестерен трансмиссии главной передачи, деталей кардана проведены ПО ЗИЛ совместно с НАМИ. Сравнительные стендовые и дорожные испытания шестерен, изготовленных из бейнитного чугуна и серийной стали 12ХНЗ показали, что несмотря на то, что твердость опытных шестерен из чугуна была значительно ниже серийных, 30-32 и 58-62 HRC, соответственно, состояние шестерен после ресурсного пробега хорошее, поломок и следов питтинга не обнаружено [3].

Повышенной износостойкостью обладают пары с остаточным содержанием аустенита в чугуне 25-32% и твердостью НВ 340-388.

Механизм процесса изотермической закалки достаточно сложен, он сочетает в себе особенности мартенситного и перлитного превращений. В отличие от сталей, в которых микроструктура после проведения изотермической закалки представляет собой бейнит, состоящий из игольчатых включений феррита и карбидов, в чугунах, вследствие высокого содержания кремния, карбиды отсутствуют, матрица состоит из игольчатого феррита и высокоуглеродистого аустенита, этим обусловлена высокая пластичность и ударная вязкость этих чугунов.

При изотермической закалке высокопрочного чугуна снижается опасность трещинообразования и коробления отливок, однако практика показывает, что причиной преждевременного разрушения деталей в процессе эксплуатации является образование микротрещин. Высокое содержание углерода в твердом растворе у чугуна с шаровидным графитом и размер аустенитного зерна являются основными факторами возникновения микротрещин. Причем, повышенное содержание углерода в аустените оказывает более сильное влияние на образование микротрещин, чем размер зерна аустенита.

Зарубежный опыт показывает, что благодаря тщательно контролируемой на всех этапах технологии, максимальному приближению формы литой заготовки к форме готовой детали, снижению затрат на механическую обработку, возможно повышение коэффициента использования металла до 60-70% и снижение себестоимости изготовления зубчатых колес, по сравнению с стальными, более чем на 30%.

Несмотря на большое количество исследований, еще недостаточно данных о составе, количестве легирующих элементов и режимах термической обработки, позволяющих обеспечить получение бейнитного чугуна с оптимальными механическими и служебными свойствами.

Литература:

1. Austempering Ductile Irons – their Significance and Present Applications //Foundry Trade Journal. – 1985. October 10. – p.277 - 278, 280, 282, 282, 286.
2. Yicheng F. Hypoid pinion and ring gears of bainitic nodular iron with Shell moulded cast teeth. “46 Congr. Intern. Defonderic”, 1979, доклад №7б с. 5-15.
3. Неделько Л.А., Шестаков А.В., Шмидт В.И. Применение бейнитного чугуна для автомобильных отливок: Обзорная информация / ЦНИИТЭИавтосельхозмаша. - Тольятти, 1990. – 35с.
4. Клецкин Я.Г., Левитан М.М. Бейнитный чугун с шаровидным графитом // Литейное производство. 1987. - №9. – с.9-13

УДК 621.74

Способ получения высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита

Студенты группы 104326 Синкевич А.В., Римша А.С.
Научный руководитель – Невар Н.Ф.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В работе рассмотрен способ обработки струи чугуна в потоке. Для этого предусматривается использовать полосовую заготовку из металлического стандартного магния или из его лигатур с кремнием толщиной 15-20 мм, шириной 85-100 мм при длине в зависимости от требуемого веса, составляющего 0,09-0,1 от веса обрабатываемого объема жидкого чугуна. Толщина будет меняться в зависимости от содержания кремния в лигатуре. Полосовая заготовка может быть получена экструдированием, прокатом, литьем или разрезкой стандартных чушек на пластины.

Сущность способа заключается в том, чтобы высокопрочный чугун с шаровидным графитом получать непосредственно при протекании струи по желобу обработкой ее парами магния, образуемыми в результате контакта жидкого чугуна с поверхностью по всей длине полосовой заготовки. Для этого полосовая заготовка в виде целого куска или разрезанная на части закладывается в тело стержневых блоков, изготовленных из смесей на жидком стекле или с применением других известных крепителей. После сушки и покраски стержни укладываются в корпус желоба в