

УДК 621791

Л.Б. Шрон, доцент, канд. техн. наук,

Г.П. Резинкина,

В.Б. Богуцкий,

Э.С. Гордеева

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ НА ОПЕРАЦИЯХ ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СПЕЦЧУГУНОВ

На основе системного анализа предлагаются методы снижения брака на операциях финишной обработки деталей из спецчугунов с внутренними дефектами, образовавшимися в результате несовершенства операций термического упрочнения.

Распределительный вал, применяемый в механизме газораспределения автомобильного двигателя, работает в сложных условиях контактного взаимодействия с другими деталями. В процессе эксплуатации отдельные поверхности распредвала (шейки и кулачки) подвергаются повышенному износу и влиянию знакопеременных нагрузок со сложной схемой нагружения. Для обеспечения максимальной работоспособности распредвала необходимо, чтобы материал, принятый для его изготовления, обладал следующим комплексом физико-механических свойств:

- оптимальной микроструктурой, обеспечивающей хорошую сопротивляемость износу; обычно рекомендуется гетерогенная структура со скелетом твердых включений, блокирующих сдвиговые деформации, уменьшающих внутреннее трение, и, следовательно, снижающих теплообразование при работе;

- высокими механическими свойствами на сжатие, изгиб и срез;
- достаточно высокой твердостью и хорошей вязкостью;
- высокой теплопроводностью, обеспечивающей быстрый отвод тепла от зон местного нагрева;
- устойчивостью структуры и механических свойств при рабочих температурах;
- хорошей сопротивляемостью усталостным разрушениям;
- отсутствием склонности к схватыванию с материалом толкателя;
- удовлетворительной коррозионной стойкостью.

На ХРП «АвтоЗА3 – Мотор» (Мелитопольский моторный завод) распредвал изготавливают из специального чугуна, имеющего следующий химический состав: углерода 3,2...3,6 %, марганца 0,8...1,1 %, кремния 2,1...2,5 %, хрома 0,3...0,7 %, титана 0,02...0,07 %, молибдена 0,4...0,6 %, никеля 0,1...0,3 %, серы меньше 0,12 %, фосфора меньше 0,3 %.

Для увеличения износостойкости поверхностный слой кулачков подвергается отбелу, для чего применялись две наиболее оптимальные технологии [1, 2]:

- литье в металлические кокили;
- литье с отбелом при помощи технологических ребер.

В настоящее время отбел проводят путем плазменного оплавления поверхностного слоя кулачков, обеспечивающего большую эффективность [3].

Наличие в структуре чугуна карбидов обеспечивает высокую износостойкость, а присутствие свободного углерода в виде графитовых включений предотвращает возникновение сухого трения и задиоров в зоне контакта пары кулачок – толкатель. Преимуществами использования чугуна для вышеуказанных деталей являются также его хорошие литейные свойства.

Целью исследования являются выявление причин отшелушивания отбеленного слоя носика кулачков распредвала, которые являются зоной непосредственного контакта кулачка с толкателем. В этой зоне возникают максимальные контактные напряжения, и в силу того, что зона контакта представляет собой узкую и короткую полоску, величина контактных напряжений достигает 850...1200 МПа, при напряжении сдвига порядка 300 МПа, что усугубляется динамическим кратковременным нагревом носиков до 400...700°C.

После выполнения этой операции на их поверхности появляется отбеленный слой, что приводит к повышению твердости и износостойкости. При выполнении этой операции распределительный вал подвергается предварительному нагреву до температуры 400...430°C с целью уменьшения перепада температур, а, следовательно, снижения остаточных напряжений в заготовке. Несмотря на это, на операциях финишной обработки (шлифования) появляется до 14 % брака, связанного с отшелушиванием отбеленного слоя. Кроме того в процессе эксплуатации на рабочих поверхностях кулачков наблюдается расслоение и задиры (см. рисунок 1).



Рисунок 1– Дефекты, возникающие на рабочих поверхностях распределительного вала:
а – на финишных операциях; б – в процессе эксплуатации

Это могло быть вызвано рядом причин. На основе анализа литературных данных [1, 3] можно полагать, что процесс графитизации чугуна в оплавленной зоне и образование графитовых включений на границах отбеленного слоя и подложки происходит в результате неправильно подобранных температуры в зоне оплавления, зазоре между поверхностью и электродом и скорости оплавления. На базовом предприятии температуру разогрева подбирают экспериментально. На границах отбеленного слоя и подложки в результате фазовых превращений возможно образование графитовых включений. Графит может кристаллизаться (выделяться) как из жидкой фазы при затвердевании чугуна, так и из твердой фазы (из аустенита). Основной движущей силой процесса графитизации является стремление вещества к наименьшему запасу свободной энергии.

Центры графитизации появляются после переохлаждения жидкого чугуна или пересыщения аустенита углеродом, когда они обладают избыточным запасом свободной энергии. В свою очередь, образование графита ведет к появлению поверхности раздела между фазами в чугуне, что, наоборот, увеличивает запас свободной (поверхностной) энергии. Таким образом, получается неустойчивое равновесие, в результате которого возникающие кристаллы графита неустойчивы, они непрерывно создаются и распадаются. Когда кристаллы графита очень малы и отношение их поверхности к объему велико, прирост свободной энергии, связанный с образованием межфазовой поверхности, больше, чем уменьшение ее вследствие кристаллизации. Образовавшиеся кристаллы неустойчивы, и графит растворяется. После достижения кристаллом графита критической величины, когда суммарная свободная энергия его уменьшается, он становится устойчивым. Начинается процесс графитизации. По этой же причине образование графита, особенно из жидкого чугуна гораздо легче происходит не в объеме, а на поверхности инородных мельчайших частиц. Такими мельчайшими частицами могут быть окислы, нитриды и не растворившиеся частицы графита. Обычно чугун после его расплавления «замутнен», т.е. содержит во взвешенном состоянии мельчайшие частицы различных включений и примесей, в том числе и мельчайшие частицы графита. На этих частицах начинается процесс кристаллизации графита, они являются стенкой, на которой оседают атомы углерода, давая кристалл графита. Поскольку на базовом предприятии температурные режимы процесса подбирались экспериментально, возможно частицы графитовых включений в оплавленной зоне неполностью были растворены и явились центрами графитизации в оплавленной зоне распредела.

На процесс графитизации существенное влияние оказывает химический состав чугуна. Элементы: кремний, никель, алюминий, медь и др., образующие с железом твердые растворы, увеличивают в его решетке число вакансий и смещений, облегчают диффузию, уменьшают энергию активации и ослабляют связи между атомами углерода и железа, что способствует процессу графитизации. Элементы-карбидообразователи (хром, марганец и др.) увеличивают связи атомов углерода и железа и замедляют перемещение атомов железа в его решетке. Эти элементы препятствуют процессу графитизации. Сера и кислород препятствуют процессу графитизации, устраняя действия ее центров.

На базовом предприятии не учитывают возможный разброс химического состава заготовок различных партий, что является одной из причин образования брака.

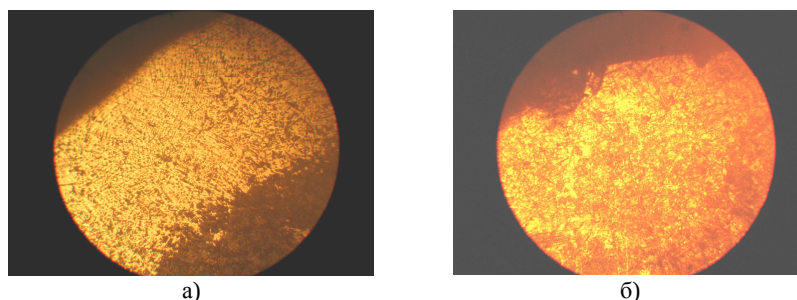


Рисунок 2 –Микрошлифы оплавленного (отбеленного) слоя зоны отшелушивания:
а – без графитовых включений; б – с графитовыми включениями

Причиной образования дефектов, по нашему мнению, могло также явиться наличие значительных остаточных фазовых напряжений, которое вызвано высокой скоростью охлаждения. Скорость охлаждения должна быть достаточной для создания градиента температур между графитными включениями в чугунах. Так как процесс охлаждения идет не при контролируемой температуре, то он в большей мере зависит от условий окружающей среды. А исходя из литературных источников, скорость охлаждения на спокойном воздухе может колебаться от 1 до 5°С в секунду, что в свою очередь приводит к большой доле брака, поскольку отрицательно сказывается на механических свойствах материала.

Для проведения исследования из раскредвалов с характерными повреждениями были подготовлены микрошлифы. Травление микрошлифов производилось раствором азотной кислоты в этиловом спирте (4:100) методом погружения шлифа в реактив продолжительностью 1...5 мин. Исследования проводились на оптическом микроскопе МИМ7 при увеличении в 200 раз с получением фотоснимков микроструктуры.

В результате исследований было установлено, что структура сердцевин состоит из перлита, небольшого количества феррита и графита шаровидной формы. Микроструктура рабочей поверхности кулачков раскредвала, которая подвергалась оплавлению представляла собой структуру ледебурита и цементита. Кроме того, в ряде мест отбеленного слоя наблюдались различные по величине и форме графитные включения. Микроструктура поверхности кулачка раскредвала изображена на рисунке 2.

Пластинки графита могут вызвать выкрашивание металлической основы чугуна и ее разрушение при трении, что и наблюдается на операциях финишной обработки (шлифовании).

В результате проведенного исследования предложены следующие рекомендации. Устранение такого рода дефектов возможно осуществлять следующим образом: во-первых, оптимизировать температуру предварительного разогрева на основе анализа химического состава, во-вторых, снизить величину колебаний зазора между поверхностью кулачка и головкой плазматрона за счет снижения кинематических зазоров, в третьих, необходимо обеспечить надежную защиту рабочей зоны оплавления, чтобы скорость охлаждения в зоне оплавления не превышала ранее указанного интервала температур (1...5 град/с). Установлено, что такой подход позволит существенно снизить процент брака при изготовлении распределительного вала из специальных чугунов.

В дальнейшем предполагается выявить наиболее значимые факторы, влияющие на процесс графитизации в приповерхностном слое деталей из спецчугунов, что составляет перспективу развития данных исследований.

Библиографический список

1. Материаловедение и термическая обработка стали и чугуна: Справочное издание. Т. 1. / Б.А. Богштейн, Ю.Г. Векслер, Б.А. Дроздовский, Л.М. Калуткин. — М.: Машиностроение, 2004. — 688 с.
2. Самотугина Ю.С. Технологические особенности локального упрочнения высокопрочного чугуна / Ю.С. Самотугина // Автоматическая сварка. — 2005. — № 5. — С. 47 – 48.
3. Сафронов Е.Н. Структура и твердость чугуна после поверхностной закалки / Е.Н. Сафронов // Металловедение и термическая обработка металлов. — 2005. — № 9. — С. 34 – 35.

Поступила в редакцию 22.10.2007 г.