



This article is dedicated to investigation of thermo-kinetic parameters of growth of carbide phase in melt of high-chromium cast irons.

А. Н. КРУТИЛИН, Н. И. БЕСТУЖЕВ, А. Н. БЕСТУЖЕВ, БНТУ

УДК 621.74

ПЕРВИЧНЫЕ КАРБИДЫ В ХРОМИСТЫХ ЧУГУНАХ

Решение одной из основных задач машиностроения — повышения надежности и долговечности машин тесно связано с проблемой износостойкости материалов. Усложнение условий работы деталей, разработка и применение новых материалов раскрыли огромную сложность и многогранность явлений, происходящих в процессе трения и износа.

Анализ литературных данных позволяет считать, что современные представления о механизме внешнего трения твердых тел базируются на двух основных процессах: эволюции дислокационной структуры и кинетике массопереноса, которые определяют степень упрочнения, разупрочнения и поверхностного разрушения.

Существуют две формы проявления абразивных процессов, отличающиеся характером взаимодействия частиц с поверхностью металла: пластическое деформирование поверхностных объемов, их окисление и последующее разрушение образующихся пленок — разновидность окислительного изнашивания и с преобладанием механического разрушения металла — внедрение абразивных частиц и разрушение поверхностных объемов металла со снятием микростружки или без отделения металла [1]. Проявление окислительной или механической формы разрушения зависит от скорости движения абразивных частиц, их концентрации, угла атаки, температуры, механических свойств материалов образца и абразива.

Максимальная износостойкость в случае преобладания абразивного износа имеет место при использовании материалов, структура которых упрочнена равномерно распределенными тонкодисперсными выделениями второй фазы со свойствами, мало или почти неизменяющимися в процессе работы.

При ударно-абразивном изнашивании происходит прямое внедрение в металл частиц абразива и в зависимости от структуры и физико-механических свойств металлов разрушение наступает вследствие хрупкого выкрашивания или развития деформационных процессов и усталостного разру-

шения. Максимальная износостойкость в условиях ударно-абразивного воздействия может быть достигнута в случае реализации двух механизмов упрочнения — деформационного упрочнения аустенита и получения оптимального количества мартенсита.

В момент удара в зоне контакта работа упругой и пластической деформаций переходит в теплоту, которая не успевает рассеиваться в окружающую среду, в результате чего на поверхности контакта генерируется высокая температура, одна часть энергии внешнего воздействия расходуется на разрушение поверхности, а другая — на фазовые превращения в изнашиваемом слое. По мере изнашивания поверхностного слоя в последующих слоях металла идут фазовые превращения, обеспечивающие постоянство свойств поверхностного слоя. В результате процессов упрочнения, разупрочнения, фазовых превращений и других явлений разрушение происходит с определенной скоростью и зависит от структурного состояния металла, его химических, физико-механических свойств и условий внешнего нагружения.

При гидроабразивном и кавитационном изнашивании материалов происходят пластические и пластически-деструктивные стадии деформирования, протекающие сначала с упрочнением, а затем с разупрочнением и последующим разрушением поверхностного слоя. Вода является не только носителем абразива, но и выступает как активная изнашивающая среда, вызывая эрозию и коррозию.

Таким образом, если детали подвергаются воздействию абразива при трении скольжения, то выбор материалов для их изготовления необходимо вести по наибольшим показателям характеристик группы прочности σ_b , σ_{02} , HRC. В условиях ударно-абразивного износа необходимо стремиться не только к большим значениям характеристик прочности, но и характеристик пластичности δ , Ψ и KCV.

Среди материалов, хорошо работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного износа,

наибольшее распространение получили специальные белые легированные чугуны. Это группа хромистых, марганцово-хромистых, никелево-хромистых, хромомолибденовых и ванадиевых чугунов с большим разнообразием структур и широким диапазоном свойств.

Наилучшие результаты в этих сплавах обеспечиваются при микроструктуре, состоящей из твердых карбидов, внедренных в мартенситную или нестабильную аустенитную матрицу.

Для достижения максимальной твердости и износостойкости карбидные чугуны должны пройти термическую обработку, которая обычно заключается в аустенизации, воздушной закалке и отпуске. Превращения затрагивают только матрицу, не влияя на эвтектические карбиды, если температура аустенизации не слишком высока. В период аустенизации из пересыщенного аустенита происходит выделение мелких (до 1 мкм) вторичных карбидов, аустенит обедняется хромом и углеродом, температура начала образования мартенсита повышается, а после охлаждения сплава до комнатной температуры большая часть его превращается в мартенсит. Карбиды подвергаются в области аустенизации коагуляции и повторному растворению до момента установления равновесия между аустенитом и выделяющимися вторичными карбидами.

Основные характеристики карбидов, оказывающие решающее влияние на износостойкость, механические и технологические свойства белых износостойких чугунов: тип кристаллографической решетки, морфология, количество, размеры, ориентировка по отношению к изнашиваемой поверхности.

Для хромистых чугунов тип образующихся карбидов зависит от соотношения содержания хрома и углерода в чугуне. Максимальную износостойкость в условиях абразивного и ударно-абразивного износа имеют чугуны, в которых содержание углерода соответствует эвтектическому, а соотношение хрома и углерода обеспечивает образование карбидов типа $(Cr, Fe)_7C_3$. Эвтектическое содержание углерода в чугуне снижается с увеличением количества хрома: при содержании хрома 11,5–12,5% эвтектическое содержание углерода составляет 3,3–3,7%, а при увеличении содержания хрома до 25–26% – 2,5–2,6%.

Количество карбидов в белых чугунах определяется содержанием углерода и карбидообразующих элементов и составляет от 12 до 50%.

Степень влияния размеров карбидов зависит от условий изнашивания и характеристики абразива, что связано с формированием напряжений в карбидах и распределением напряжений между карбидом и металлической основой. В условиях микрорезания критический размер карбидов составляет 7–8 мкм. Крупные карбидные включения (особенно в мягкой матрице) растрескиваются

и выкрашиваются под действием напряжений, создаваемых абразивной частицей, и деформаций основы. Мелкие карбиды передают часть напряжений на металлическую основу и не разрушаются. В относительно «мягких» условиях в чугуне допустимы более крупные карбиды, в более «жестких» условиях размеры карбидов необходимо уменьшать. В заэвтектических чугунах размер первичных карбидов в десятки раз больше по сравнению с доэвтектическими и эвтектическими [2].

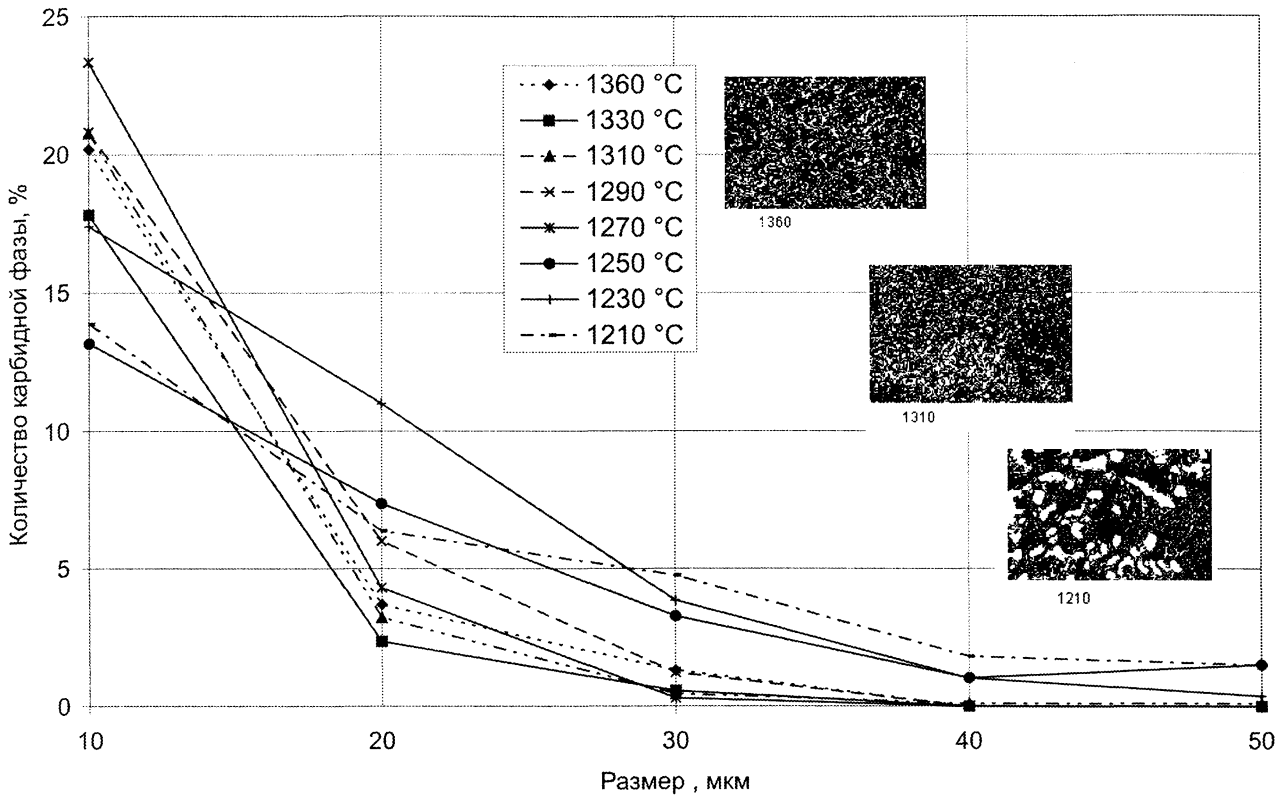
Качество получаемых деталей непосредственно связано со строением и свойствами расплава, процессами кристаллизации и структурообразования при затвердевании. В зависимости от скорости охлаждения и достигнутого переохлаждения меняются природа фаз, число и форма кристаллов, а, следовательно, и свойства отливок.

Учитывая, что на эксплуатационные свойства белых чугунов в значительной степени оказывают влияние типы выделяющихся карбидов в расплаве при охлаждении, их количество и размеры, установление общих закономерностей кинетики роста первичных карбидов представляет определенный научный и практический интерес.

Данная работа посвящена исследованию термокинетических параметров роста карбидной фазы в расплаве высокохромистых чугунов.

Для определения параметров кристаллизации первичных карбидных включений проведена серия экспериментов, методика которых состояла в следующем. Предварительно выплавляли три состава чугуна, различающихся по количеству углерода – 2,6, 3,0 и 3,8%, содержание хрома во всех чугунах около 18%. Расплавление металла проводили в силитовой печи, в алундовых тиглях. Температуру фиксировали с помощью ППР термомпары. Начальная температура расплава 1400°C. Исходный расплав ступенчато охлаждали вместе с печью до полной кристаллизации. После охлаждения расплава и его выдержке при заданной температуре производили отбор проб кварцевой трубкой диаметром 5 мм с последующей фиксацией структуры закалкой в воде. Из отобранных проб изготавливали шлифы и проводили металлографический анализ на микроскопе МКИ-2М-1. Для травления структуры образцов использовали реактив $Hf + HNO_3 + H_2O$. Фотографирование структуры проводили с помощью цифровой фотокамеры, количественный анализ карбидной фазы – с помощью программы Autoscan.

Микроструктура проб, отобранных при различных температурах, и распределение карбидов хрома по количеству и размерам для заэвтектического чугуна с содержанием углерода 2,6% представлены на рисунке. Анализ результатов показывает, что с уменьшением температуры заливаемого расплава размер карбидов резко увеличивается. Аналогичные результаты получены и для чугунов с содержанием углерода 3,8 и 3,0%. Основное



Влияние температуры на размер карбидных включений (С – 3,8%; Сг – 18%)

отличие в количестве карбидов: с увеличением содержания углерода количество карбидов повышается. Для получения карбидов с размерами менее 5 мкм необходимо увеличивать скорость охлаждения расплава свыше 10 °С/мин начиная с температур 1380–1400 °С. Снижение скорости охлаждения отливки приводит к укрупнению карбидов и увеличению как размеров дендритов первичного аустенита в доэвтектических чугунах, так и расстояния между карбидами в эвтектике [3].

Активные технологические воздействия на расплав путем модифицирования, легирования и других видов обработок изменяют свойства последнего, кристаллизационные параметры и соответственно физико-механические свойства металла в твердом состоянии.

Увеличение скорости затвердевания чугунов возможно за счет введения различного рода холодильников в расплав (суспензионное литье), а также за счет проведения циклического нагревания и охлаждения расплава, которое способствует развитию объемного затвердевания, а следовательно, устранению транскристаллизации при затвердевании высокохромистых чугунов.

Литература

1. Костецкий Б.И. Износостойкость металлов. М.: Машиностроение, 1980.
2. Ципин Н.И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. М.: Metallurgia, 1983.
3. Чугун: Справ. изд. / Под ред. А.Д.Шермана и А.А.Жукова. М.: Metallurgia, 1991.