

Также механизм образования усадочных явлений в отливке зависит от положения сплава на диаграмме состояния и интенсивности теплообмена в системе «литниковая система–отливка–прибыль». А теплофизические условия кристаллизации отливки, в свою очередь, обусловлены геометрией и технологией изготовления литейной формы (например, песчаная форма), которые также в определенной степени определяют величину и место образования усадочного дефекта.

Для устранения усадочных дефектов планируемым технологическим приёмом становится применение технологических элементов с необходимыми теплофизическими свойствами.

В настоящем работе апробировался метод расчета пространственного распределения, основанный на уравнениях неразрывности, которые используются в условиях движущейся жидкости в затрудненном объеме. Алгоритм метода моделирования общего газовыделения для отливок сложной конфигурации показал, что давление газов изменяется по всему объему системы «литниковая система–отливка–прибыль». В основе метода лежит идея о том, что процесс кристаллизации имеет две составляющие, связанные с гидродинамикой течения расплава и увеличением его плотности при фазовом переходе «прибыль–отливка».

В результате проведенных работ исследованы возможности применения элементов литниковой системы с теплофизическими свойствами прибылей в литейных цехах, определены отливки-представители, разработаны оптимальные габариты требуемых прибылей характеризуются наилучшим использованием полезного объема прибыли.

Для получения плотных стальных отливок должен быть обеспечен режим направленного затвердевания, под которым понимается такой процесс, когда наиболее удаленные от прибыли участки отливки полностью затвердевают в первую очередь, за ними затвердевают участки, расположенные под прибылью, а затем сама прибыль.

Питание в должной степени может быть обеспечено, если есть благоприятная разность давлений, температур и химических потенциалов. Осуществляется оно в результате направленной циркуляции жидкой фазы в системе «литниковая система–отливка–прибыль». Создавая необходимые разности давлений и температур, а также применяя различные методы физического воздействия, можно в той или иной степени управлять процессами питания отливок.

УДК 621.74

Белые износостойкие чугуны, используемые при работе в условиях абразивного и ударно-абразивного износа

Студенты: гр. 103311 Шут Е.А., гр. 10404113 Наркевич К.А.

Научный руководитель – Крутилин А.Н.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Среди материалов хорошо работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного износа представляют интерес специальные белые легированные чугуны. Белые износостойкие чугуны - сложнелегированные многокомпонентные сплавы с большим разнообразием структур и широким диапазоном свойств.

Это группа хромистых, марганцово-хромистых, никель- хромистых, хромомолибденовых и ванадиевых чугунов. Отсутствие в настоящее время сравнительных данных по износостойкости различных видов сплавов не позволяет однозначно решить вопрос о пригодности того или иного из них для конкретных условий эксплуатации.

Для получения высокой износостойкости необходимо применять легирование при оптимальном соотношении карбидо- и графитобразующих элементов химического состава в сочетании с определенными скоростями охлаждения, режимами плавки и модифицирования.

В приложении к процессам изнашивания возникает дилемма: создать в объеме заготовок перед их эксплуатацией структуры, отвечающие диссипативному состоянию, либо организовать структуры с определенным периодом адаптации и организации диссипативных состояний, в течение, которого формируются износостойкие качества рабочего слоя.

Предварительно созданная структура в не карбидной части Fe-Cr-C сплавов практически полностью соответствует диссипативному состоянию структуры слоев трения, что в свою очередь определяет наиболее высокий уровень износостойкости хромистых чугунов.

Сплавы со смешанной матрицей (аустенит и мартенсит) имеют значительно более низкую износостойкость, чем сплавы с гомогенной аустенитной или мартенситной матрицей.

Анализ литературы показывает, что большинство исследователей считают, что наилучшие результаты в этих сплавах обеспечиваются при микроструктуре, состоящей из твердых карбидов, внедренных в мартенситную или нестабильную аустенитную матрицу.

В зависимости от скорости охлаждения и достигнутого переохлаждения меняется природа фаз, число и форма кристаллов, а также свойства отливок.

Количество карбидов в белых чугунах определяется содержанием углерода и карбидообразующих элементов и составляет от 12 до 50%. Наиболее распространенные марки чугунов имеют 25-30% карбидов.

Особенности микроструктуры белых чугунов в значительной степени зависят от того, карбиды какого типа выделяются из кристаллизующегося расплава первыми. Тип образующихся карбидов определяется соотношением содержания хрома и углерода в чугуне. Изменение содержания хрома до 9,5% не оказывает заметного влияния на формирование первичной структуры белого чугуна. В зависимости от степени эвтектичности чугуна и скорости охлаждения отливки формируются пластинчатое или сотовое строение ледебуритной колонии. Хром, растворяясь в карбидах и в матрице белого чугуна, образует специальные высокохромистые карбиды. В орторомбическом карбиде железа $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$ хром может замещать часть атомов железа и его количество в карбидах цементитного типа может достигать 18 %. Микротвердость орторомбических карбидов железа $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$, колеблется в пределах 800 - 1100 HV.

В белых износостойких чугунах образуются карбиды хрома двух типов: тригональный $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ и кубический $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23}\text{C}_6$, содержание в них железа может составлять 50 и 35% соответственно.

В интервале концентраций 9,5 - 12% Cr цементитно-аустенитная эвтектика в первичной структуре чугуна заменяется эвтектикой $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3 + \text{A}$, что вызывает изменения в строении эвтектических колоний и оказывает влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства белого чугуна. Микротвердость гексагональных карбидов $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ составляет 1500 - 1800 HV.

На размер первичных и эвтектических карбидов влияет главным образом скорость охлаждения отливки в интервале кристаллизации, а также содержанием в ней углерода и хрома. Эффективное изменение среднего размера карбидов достигается при скорости охлаждения свыше 10°C/мин. Для сопоставления, скорость охлаждения отливок с толщиной стенок 10—50 мм в песчано-глинистых формах колеблется в пределах 3-10 °C/мин.

Снижение скорости охлаждения (увеличение толщины стенки) отливки приводит к укрупнению карбидов, увеличению размеров дендритов первичного аустенита в доэвтектических чугунах и расстояния между карбидами в эвтектике. Эвтектические карбиды занимают пространство между дендритами первичного аустенита и располагаются по границам зерен.

Размеры вторичных карбидов, выделяющихся из пересыщенного аустенита или мартенсита, существенно меньше одного мкм. Они выделяются из аустенитной матрицы при медленном охлаждении или при нагреве до высокой температуры, например, около 950 °C с выдержкой в течение нескольких часов. В результате процесса выделения вторичных карбидов содержание хрома и углерода в матрице уменьшается, аустенит дестабилизируется.

Максимальную износостойкость имеют чугуны, содержание углерода в которых соответствует эвтектическому, а соотношение хрома и углерода обеспечивает образование карбидов типа $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$.

Размеры участков основы между карбидами должны быть достаточно малы, чтобы свести к минимуму избирательное изнашивание основы абразивом, оголение карбидов, их вымывание или обламывание. Хотя мартенситная матрица может быть получена с помощью соответствующей термической обработки (например, закалки в масло после повторной аустенизации), существует общая практика добиваться такой структуры матрицы в литом состоянии.

Износостойкость белых чугунов в агрессивных средах в значительной степени зависит от содержания хрома в металлической основе. В связи с этим для работы в условиях абразивно - коррозионного изнашивания используют чугуны с 30%Сг, в которых в твердом растворе содержится >20%Сг, при 1,5-2,0%С.

Однако, эти чугуны обладают существенным недостатком - низкой стойкостью в абразивной среде. Это обусловлено сравнительно невысоким (<20%) содержанием карбидов, а также наличием в структуре остаточного аустенита и феррита. В литом состоянии твердость чугунов с 30%Сг не превышает 52HRC. Повысить твердость этих чугунов можно закалкой. Причем чугуны, содержащие более 2%С, закаляются из аустенитной области, а изменение их твердости после закалки связано с содержанием остаточного аустенита. Вследствие этого, варьируя содержание углерода, марганца и температуру закалки, можно значительно повысить микротвердость металлической основы, а, следовательно, и износостойкость чугунов.

Высокая коррозионная стойкость наблюдается в чугуне с 30% Сг при содержании углерода меньше 2,3%. Оптимальная температура его закалки 950 – 1050 °С. При этом чугун имеет твердость 60 HRC и высокую износостойкость. В высокохромистом чугуне, содержащем около 30 % Сг, по мере повышения содержания углерода расширяется γ - область и уменьшается количество феррита в структуре основы; поэтому улучшается закаляемость и повышается твердость закаленного чугуна.

УДК 621.74

Абразивный и ударно-абразивный износ металлов

Студенты: гр. 103311 Титовец А.С., гр. 10404114 Павлючук В.С.
Научный руководитель – Крутилин А.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Успешное решение одной из основных задач машиностроения - повышения надежности и долговечности машин - тесно связано с проблемой износостойкости материалов. Определяющую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик (износостойкость) деталей машин имеет состояние поверхностного слоя. Поверхностные слои материала в условиях динамических нагрузок переходят в новое физическое состояние, кардинально изменяя механизм контактного взаимодействия. Закономерности структурных изменений в поверхностных микрообъемах твердых тел и их контактного взаимодействия неразрывно связаны. Дополнительное упрочнение поверхностных слоев возможно за счет пластической деформации микрообъемов металла и изменения химического состава в направлении формирования прочных и пластичных вторичных структур, хорошо связанных с основным металлом и равномерно расположенных на поверхностях трения.

Наиболее значительные практические решения в вопросах трения и изнашивания получены на основе разработок о совместимости трущихся пар, т.е. способности трущихся материалов в процессе работы приспособляться друг к другу. Для всех материалов, применяемых на практике, существует диапазон нагрузок и скоростей перемещения, в котором коэффициент трения в несколько раз меньше, чем вне этого диапазона.

Совместимость определяется реакцией контактирующих поверхностей на изменение условий работы узла. С вопросом совместимости тесно связано явление структурной приспособляемости материалов, которое включает в себя: структурное и термическое активирова-