

армирующих частиц [1-3]. Получение композитов методом центробежного литья с горизонтальной осью вращения дает возможность получать заготовки с дифференцированным распределением армирующих элементов по сечению отливки, благодаря одновременному заполнению металлом формы по всей длине отливки и отсутствия оседания частиц. Полученные детали имеют армированную наружную или внутреннюю поверхность (зону), в зависимости от соотношения плотности частиц и матричного сплава [4].

Для определения рациональных составов композитов на основе алюминия и выбора наиболее рациональных наполнителей был проведен расчет траектории движения различных армирующих частиц с различной плотностью при получении композитных заготовок методом центробежного литья. Установлено, что частицы бронзовой стружки, имеющие наибольшую плотность ($\rho=8820\text{кг/м}^3$) достигнут область наружной поверхности гораздо быстрее, чем частицы карбида кремния ($\rho=3200\text{кг/м}^3$) и каменного литья ($\rho=3000\text{кг/м}^3$), имеющие более низкую плотность, а частицы алюмосиликата ($\rho=2000\text{кг/м}^3$) будут оттеснены к внутренней поверхности отливки. В результате этого воздействия композиционные материалы армированные бронзовой стружкой будут иметь более плотный наружный слой, т.к. процесс пропитки будет происходить более полно.

Результаты расчетов подтверждает физическое моделирование процессов происходящих при центробежной заливке гетерогенных суспензий, полученных введением в воду частиц различной плотности. С увеличением скорости вращения формы во вращательное движение вовлекается все более толстый слой жидкости, часть которой под действием силы тяжести сползает обратно в ванну (т.н. дождевание). Лишь при скорости, соответствующей установившемуся режиму вращения, весь объем жидкости полностью вовлекается во вращательное движение, причем при вводе частиц бронзовой стружки данный режим вращения наблюдается уже при скорости вращения равной 550 об/мин, а при использовании полистирола только при 650 об/мин. Следовательно, пропитка бронзовой стружки будет начинаться раньше, чем других частиц имеющих более низкую плотность.

Проведенные расчеты и моделирование процесса центробежного литья дало возможность получить плотные литые композиционные отливки на основе алюминия армированные элементами бронзовой стружки и частицами каменного литья с наружным композитным слоем (4-5 мм) и равномерным их распределением по всей длине втулки.

Список литературы

1. С.С. Гусев, Д.Н. Лобков, С.С. Казачков Использование методов центробежного литья для получения изделий из композиционных материалов с упрочненной поверхностью // «Материаловедение». – 1999. – №5. – С. 50-53.
2. Эскин Г.И. и др. Устранение структурной неоднородности композитов на основе

алюминиевых сплавов с целью повышения их качества // Литейное производство. – 2001. – №9. – С. 2-8.

3. A. Dolata-Grosz и др. Struktura strefowa kompozytow AK12-Al₂O₃-AK12-SiC kształtowana w Prozesie odlewania odsrod kowedo // Kompozyty. – 2002. – №5. – С. 305-308.

4. J. Braszczyński. Lite kompozitni materially s kovovou matrici // Slevarcnstvi. 2004. – №6. – С. 209-212.

УДК 621.74.045

З. А. Ивченко, В. В. Лунёв

ОАО «Мотор Сич», Запорожский национальный технический университет, Запорожье

ВЛИЯНИЕ ВЕЩЕСТВ-ПРИМЕСЕЙ И РАЗМЕРА МИКРОЗЕРНА НА ПЛАСТИЧНЫЕ СВОЙСТВА ЛИТОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ5Л (ВТ5Л-МС)

подавляющее число отливок представляют собой поликристаллические тела, состоящие из кристаллов неправильной геометрической формы (макро- и микрорёрен). Каждое зерно в отливке имеет свою индивидуальную пространственную ориентировку кристаллической решетки и в зависимости от условий роста – размер и границу. Размер макро- и микрорёрен во многом предопределяет механические свойства литого металла. Применительно к титановому сплаву ВТ5Л (ВТ5Л-МС) установлено, что его пластические свойства при комнатной температуре тем выше, а предел текучести тем ниже, чем мельче зерно. В тоже время ударная вязкость зависит от размера зерна в значительно меньшей степени и практически не зависит от размера зерна предел прочности сплава на разрыв. Это объясняется тем, что в поликристаллическом теле по своим границам дезориентированные зёрна взаимодействуют между собой только в точках соприкосновения. Как результат, пространство между зёрнами представляет собой область шириной в несколько атомных диаметров в которой скапливаются вышедшие на поверхность дислокации. Определённая хаотичность в расположении атомов на границах зёрен приводит к понижению плотности вещества в поверхностном слое зёрен и межзёренном пространстве и, соответственно, повышенной концентрации примесей, понижающих поверхностную энергию кристаллов, нарушению стройности кристаллического строения самих зёрен.

Сплавы промышленной чистоты содержат определённое количество веществ-примесей, которые в той или иной степени оказывают влияние на механические свойства литого металла. Из числа веществ-примесей, обычно присутствующих в сплаве ВТ5Л (ВТ5Л-МС), с точки зрения объяснения

влияния размера микроструктуры сплава на его механические свойства наиболее значимыми являются O и N. Размер атомов O и N по сравнению с размерами межузельного расстояния кристаллической решётки Ti настолько мал, что позволяет этим газам относительно свободно мигрировать в теле кристаллической решётки и адсорбироваться на дефектах кристаллической решётки зерна и его поверхности. При этом в твёрдом сплаве O и N находятся, преимущественно, в свободном состоянии, не образуя химических соединений.

До начала кристаллизации металла (титанового сплава) вещество-примесь (O, N) равномерно распределено по всему объёму и имеет определённую концентрацию. С появлением кристаллической фазы в затвердевающем сплаве концентрация вещества-примеси в твёрдых кристаллах становится выше, чем в расплаве. В момент окончания процесса кристаллизации (смыкания соседних кристаллов между собой) образуется межзёрная граница и с этого момента сформировавшаяся кристаллическая система стремится к равновесию. Поскольку атомы, расположенные на поверхности кристаллов по сравнению с атомами в объёме субзерен, в результате нескомпенсированности сил межатомного взаимодействия, характеризуются более высокой потенциальной энергией, а плотность вещества в межзёрном пространстве значительно ниже, чем в субзёрнах, можно предположить, что в момент появления границы между зёрнами начинается процесс перераспределения вещества-примеси. При этом, наиболее полно и интенсивно процесс перераспределения будет проходить для вещества-примеси с малой величиной атома (N, O). Данный процесс протекает путём диффузии атомов вещества-примеси из тела зерна на его поверхность. Достигнув поверхности зерна, атом вещества-примеси оседает (адсорбируется) на ней, по-видимому, понижая свою концентрацию на внутризёрных дефектах кристаллической решётки зерна. [1 - 3]

Если предположить, что процесс перераспределения атомов вещества-примеси в металле отливки завершается после достижения (при данной температуре) определённой концентрации атомов вещества-примеси в межзёрном пространстве, то известные экспериментальные факты о том что, чем меньше содержание вещества-примеси внедрения в теле зерна, тем меньше напряжена его кристаллическая решётка, выше подвижность дислокаций (за счёт уменьшения плотности атмосферы Коттрелла вокруг дислокаций) и тем выше пластические свойства вещества и ниже его предел текучести, с точки зрения влияния размера зерна на предел текучести сплава можно объяснить следующим образом. Поскольку с уменьшением размера зерна возрастает площадь межзёрной поверхности, то при концентрации атомов вещества-примеси в межзёрном пространстве $c_{\Pi} = const$ уменьшение размера зерна должно сопровождаться понижением содержания вещества-примеси в теле зерна, а именно - на дефектах его кристаллической структуры (дислокациях).

В этом случае материал отливки, не изменяя своей прочности на разрыв, становится более пластичным и характеризуется понижением величины предела его текучести при увеличении пластических свойств.

В результате математической обработки экспериментальных данных получена эмпирическая зависимость между содержанием в сплаве Al, Fe, O, N, размером микроструктуры и пределом текучести сплава при комнатной температуре (из образцов, вырезанных из элементов ЛПС), которая имеет вид:

$$\sigma_T = 400 + 4 \cdot C_{[Al]} + 850 \cdot C_{[Fe]} + 232,2 \cdot C_{[O]}^{0,41} + 1118 \cdot C_{[N]}^{1,2} - 0,903 \cdot (1/d + 1), \text{ МПа} \quad (1)$$

где $C_{[Al]}$, $C_{[Fe]}$ – содержание алюминия и железа в сплаве соответственно, % (по массе);

d – размер микроструктуры, см.

Зависимость между размером микроструктуры в сплавах ВТ5Л(ВТ5Л-МС) и толщиной стенки \square плоской отливки, получаемой литьём по выплавляемым моделям, имеет вид:

$$d = -0,00008 \cdot \square^3 + 0,0021 \cdot \square^2 - 0,0047 \cdot \square - 0,0001, \text{ мм.} \quad (2)$$

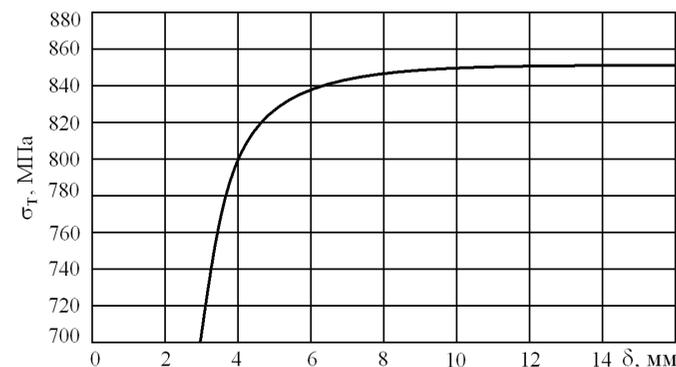


Рис. 1. Зависимость $\sigma_T=f(\delta)$

Возможно можно рассчитать зависимость $\sigma_T=f(\delta)$ для плоских отливок с толщиной стенок от 3 до 15 мм. В качестве примера, на рис. 1 представлена зависимость $\sigma_T=f(\delta)$ для плоских отливок из сплава ВТ5Л-МС при содержании в нём Al=5,5%, Fe=0,10%, O=0,13%, N= 0,05%.

Используя формулы (1) и (2) с достаточно высокой степенью точности можно прогнозировать величину предела текучести сплава ВТ5Л (ВТ5Л-МС) в отливках, и, соответственно, проводить научно-обоснованный выбор содержания наиболее опасных примесей в исходном сплаве, для получения отливок с заданным уровнем свойств, надёжности и долговечности. Кроме

этого, полученные формулы позволяют оценить влияние того или иного входящего в них параметра на показатель σ_T . С использованием формул (1) и (2) построены зависимости $\sigma_T = f(d)$ и $\sigma_T = f(C_{[Al]}, C_{[Fe]}, C_{[O]}, C_{[N]})$ при содержании в сплаве $C_{[Al]} = 5,5\%$, $C_{[Fe]} = 0,10\%$, $C_{[O]} = 0,13\%$, $C_{[N]} = 0,02\%$ и $d = 1,3$ мм.

Результаты проведенных исследований являются косвенным подтверждением описанной выше гипотезы о перераспределении веществ-примесей внедрения (O, N) между дислокациями внутри зерна и на межзёренной границе в титановых сплавах и их влияние на величину предела текучести. Приведенные формулы были получены для плоских отливок, полубесконечных в тепловом отношении, поэтому, заменяя реальную стенку или элемент отливки стенкой эквивалентной ей в тепловом отношении, несложно считать некоторые прочностные и пластические свойства сплава в каждом конкретном элементе отливки. Данную информацию целесообразно использовать для выявления наиболее “узкого звена” в конструкции отливки и, соответственно, рассчитать требуемый химический состав расходуемого электрода вакуумно-дуговой гарнисажной печи с целью обеспечения требуемого уровня предела текучести и пластических свойств той или иной отливки или её элемента.

Список литературы

1. Коттрелл А. Х. Атомный механизм разрушения. – М.: Metallurgizdat, 1963. – 33 с.
2. Полетика И. М. Межкристаллитная адсорбция примесей и разрушение металлов. – Новосибирск: Наука, Сиб. Отд-ние, 1988. – 127 с.
3. Мак Лин Д. Границы зёрен в металлах. М.: Metallurgiya, 1960. – 323 с.

УДК 621.74

Н. В. Игнатов, Е. Е. Вылупко

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ

Современная ситуация в обеспечении агломерационного процесса шихтовыми материалами характеризуется возрастающим удельным расходом тонкодисперсных и железосодержащих составляющих. С увеличением в шихте доли тонкоизмельченных компонентов роль окомкования в интенсификации процесса спекания становится определяющей.

Установившаяся тенденция повышения содержания тонкодисперсных

составляющих в железорудной части шихты сопровождается повышением требований к качеству подготовки шихты и в особенности к окомкованию. Это привело к разработке дополнительных технологических операций подготовки тонкозернистых ингредиентов шихты – их предварительному и селективному гранулированию, а в некоторых случаях, просто агрегированию в машинах и аппаратах нового поколения. Указанные операции следует рассматривать не только как средство повышения показателей процесса традиционного спекания, но и как путь к формированию агломерационной шихты с идентичными по гранулометрическому, вещественному и химическому составу реакционными объемами и, таким образом, получению спека с равнозначными по металлургическим свойствам фрагментами из слоевых систем специальной конструкции.

Совершенствование процесса окомкования возможно двумя методами - внутреннего и внешнего воздействия: 1) внутреннего воздействия – через состав шихты, предварительной грануляцией отдельных ее компонентов, добавкой в шихту вяжущих материалов (известь, ПАВ); 2) внешнего воздействия – путем изменения аппаратного обеспечения процесса окомкования, сочетания известных окомковательных аппаратов, изменения работы существующего оборудования, применения новой техники.

Опыт показывает, что решению проблемы при традиционных схемах подготовки шихты способствует введение в ее состав до 80,0 кг/т агломерата извести – флюса и вяжущего компонента. Однако следует признать, что ориентация на повышенный расход извести скорее вынужденная мера и требует экономической оценки.

Решение проблем возможно совершенствованием технологии окомкования, техники, а также режимов работы известных окомковательных агрегатов. Тонкодисперсные материалы должны подаваться в шихту в предварительно подготовленном гранулированном виде. Повышению степени окомкования тонкодисперсных шихт способствует раздельная подача твердого топлива, применение агрегатов виброгрануляции концентрата, изменение параметров работы традиционных барабанов и тарельчатых грануляторов.

Применение в агломерационной шихте микроокатышей меняет условия ее окомкования. При смешивании мелкие классы грубозернистой части шихты накатываются на влажные гранулы концентрата, в результате известняк, возврат и топливо располагаются на поверхности гранул, либо между ними, что аналогично технологии наката топлива. Вывод частиц коксовой мелочи на поверхность гранул в фильтрующие каналы спекаемого слоя, повышает степень и эффективность использования топлива в качестве источника тепла, что сопровождается значительной экономии его.

В ходе исследований варьировали аппаратным обеспечением процесса окомкования, режимом работы окомковательных аппаратов, долей пред-