

Структурообразование высоколегированного чугуна в поле действия центробежных сил

Рассмотрены центробежнолитые валки большой массы. Показано, что центробежные силы способствуют формированию более плотной и равномерной структуры. Рабочий слой таких валков характеризуется максимальным количеством более твердых составляющих (мартенсит, цементит), незначительной долей графита и отсутствием перлита. Установлено, что в результате послойного вовлечения во вращение горячего металла наблюдается различие в ориентации структурных составляющих по глубине рабочего слоя.

Ключевые слова: валок, высоколегированный чугун, рабочий слой, структура, центробежное литье

Постановка проблемы и ее связь с важными научными и практическими задачами. Повышение конкурентоспособности продукции, производимой металлургическими предприятиями, неразрывно связано с совершенствованием используемого сменного оборудования, к числу которого следует отнести и валки. Являясь основным прокатным инструментом, они должны обладать высокими показателями износостойкости и пластичности. В связи с этим такие детали изготавливают двухслойными – с рабочим слоем (из износостойких сплавов) и сердцевиной (из пластичных материалов).

Известно [1, 2], что наиболее эффективным способом изготовления массивных валков является центробежное литье, которое не только обеспечивает необходимый уровень их свойств, но и расширяет возможности в управлении качеством прокатного инструмента путем регулирования различных технологических параметров (скорости вращения формы, величины ее теплоизоляционного покрытия, химического состава рабочего слоя и сердцевины, температуры их заливки, продолжительности всего процесса литья).

Сущность такого процесса заключается в послойном заполнении вращающейся формы сначала металлом рабочего слоя той части, которая образует бочку валка, а затем расплавом сердцевины – полости, формирующей шейки изделия. Процессы заливки формы расплавами и затвердевание таких отливок состоят из гидростатических и гидродинамических явлений, которые происходят под влиянием изменяющихся во времени центробежных сил и теплового потока.

Вместе с тем переход сплава из жидкого состояния в твердое неразрывно связан с фазовыми превращениями. Они определяются, с одной стороны, количеством образующейся во времени твердой фазы, а с другой – расположением и формой ее кристаллов [3]. Следовательно, процесс формирования структуры рабочего слоя определяется не только теплотехническими параметрами, но и большим количеством разнообразных физических и физико-химических факторов.

В связи с этим важным для валкового производства является оценка влияния центробежных сил на формирование рабочего слоя отливок из хромоникелевого чугуна.

Анализ последних исследований и публикаций. Для формирования рабочего слоя валков применяют стали и чугуны различных составов. Их выбор зависит от назначения и условий эксплуатации прокатного инструмента. В черновых клетях наиболее приемлемы стальные литые и низколегированные чугунные валки с твердостью 64-70 HSD. Для чистовых групп клетей используют хромоникелевые чугунные валки твердостью 74-80 HSD [2], которые дополнительно легируют ванадием, молибденом, вольфрамом и другими компонентами для повышения прочности, а также износо- и термостойкости [4]. Установлено, что введение ванадия в количестве до 0,5 % измельчает структуру и способствует повышению механических свойств рабочего слоя валков. Аналогичное влияние оказывает молибден в количестве до 0,6 %. Большое содержание никеля (более 3,5 %) в чугуне способствует процессу графитизации. Введение молибдена или вольфрама препятствует такому процессу и, тем самым, повышает твердость рабочего слоя, а, следовательно, и износостойкость. При этом установлено, что совместное введение молибдена и ванадия не оказывает значительного влияния на изменение уровня твердости, а совместное применение молибдена, ванадия и вольфрама повышает уровень твердости.

Исследования структуры рабочего слоя валков, изготовленных по различным технологиям [5] показали, что образец центробежнолитого изделия имеет более плотную (размеры дендритов меньше в 2 раза) и равномерную (разброс значений измеренных значений незначительный) первичную структуру по сравнению с темплетом отливки, полученной в стационарной форме. При этом установлено, что сочетание центробежной силы и более высокой скорости кристаллизации отливки способствует увеличению объемной доли более твердых фаз (цементита и мартенсита). В металлической матрице центробежной заготовки перлит отсутствует. Структура

характеризуется незначительной долей бейнита и графита, что способствует повышению уровня твердости рабочего слоя.

Цель работы – изучение особенностей структурообразования рабочего слоя массивных валков в поле действия центробежных сил, для достижения которой поставлены и решены следующие задачи: проанализирован процесс охлаждения хромоникелевого чугуна в условиях центробежного литья; оценены структурные изменения вдоль всей глубины затвердевшего рабочего слоя.

Основной материал исследований и полученных научных результатов. При формировании рабочего слоя охлаждение центробежнолитой отливки происходит по направлению к внешней и внутренней (свободной) поверхностям. Скорость вращения формы увеличивает падение их температуры, что значительно интенсифицирует процесс кристаллизации и способствует измельчению валковой структуры. Вместе с тем у внутренней поверхности равномерность снижения температуры постоянно нарушается из-за возникающих в жидком слое металла конвективных потоков. Охлажденные более плотные слои под действием гравитационных и центробежных сил перемещаются в сторону стенок кокиля, а к свободной поверхности всплывает горячий, менее плотный, расплав. Вследствие большой теплопроводности металла температура охлажденного слоя быстро выравнивается с окружающим его расплавом и дальнейшее его продвижение вглубь прекращается. В результате такого перемешивания происходит уплотнение структуры и измельчение ее зерен, что способствует более равномерному распределению механических и эксплуатационных свойств по глубине отливки.

Исследованиями установлено, что на начальном этапе центробежного литья расплав рабочего слоя вовлекается во вращающееся движение и одновременно устанавливается тепловой обмен между ним и стенкой кокиля, что способствует мгновенному образованию тонкой корки затвердевшего металла. Заливаемый в форму металл прижимается к стенкам кокиля центробежными силами, что способствует увеличению скорости его кристаллизации. При последующем продвижении фронта кристаллизации происходит усадка корки затвердевшего металла и образование газового зазора между отливкой и кокилем, а это вызывает резкое падение интенсивности охлаждения заготовки. В результате вдоль фронта кристаллизации формируется граница, разделяющая структуру отливки на две зоны – наружную мелкозернистую и внутреннюю столбчатую (рисунок).

Микроструктура наружной зоны, мгновенно сформировавшейся при соприкосновении вращающегося расплава со стенкой кокиля, состоит из дезориентированных мелких дендритов и карбидной эвтектики (рисунок, а). Микроструктура внутренней зоны, образовавшейся после формирования газового зазора между отливкой и стенкой изложницы, представлена четко ориентированными в направлении теплового потока столбчатыми кристаллами, в промежутках между которыми наблюдается карбидная эвтектика (рисунок, б).

После окончания заливки металла рабочего слоя часть его тепла продолжает отводиться в стенки формы путем теплопередачи, а другая часть – конвекцией и излучением со стороны свободной поверхности вращающегося металла. Вследствие этого возникает циркуляция расплава, и затвердевание отливки происходит в радиальном направлении. При этом растущие в радиальном направлении дендриты постоянно соприкасаются с жидким металлом, что способствует формированию более разветвленной микроструктуры (рисунок, в). Свободная внутренняя поверхность рабочего слоя затвердевает в последнюю очередь в условиях замедленной интенсивности охлаждения расплава и действия давления, развиваемого при вращении металла. В результате кристаллизуется грубозернистая структура, ориентированная в направлении вращения металла (рисунок, г).

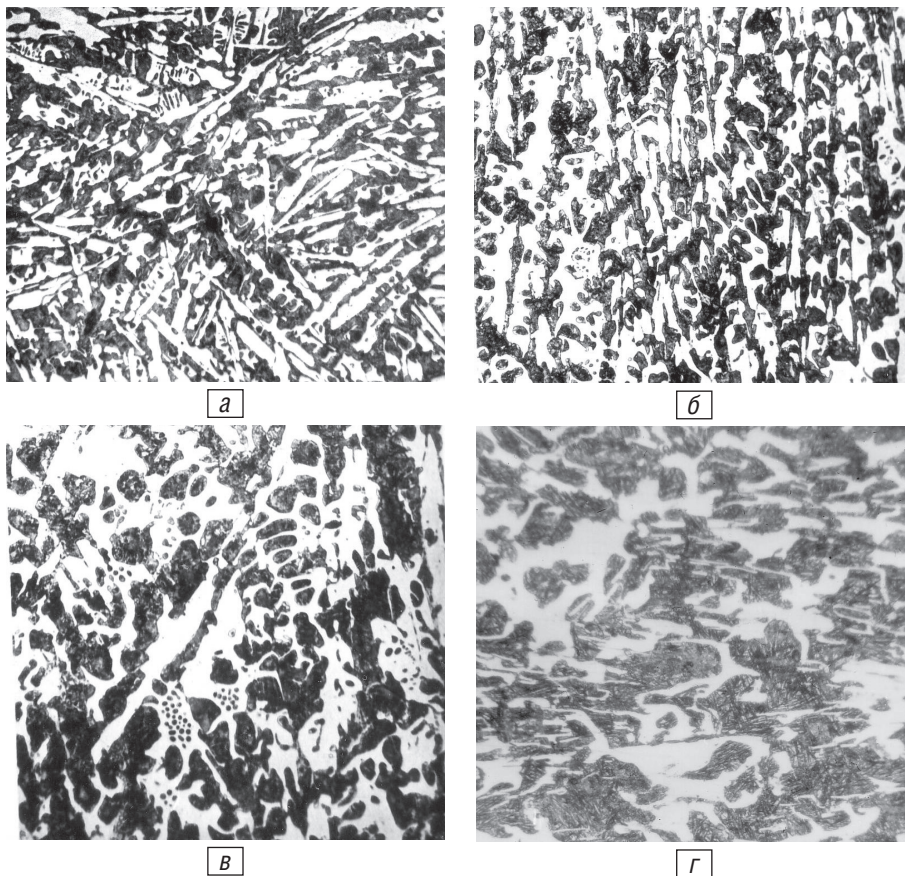


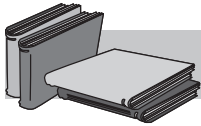
Рис. Изменение микроструктуры по сечению валка: у литой поверхности бочки (а); на глубине 10, 25 и 40 мм (б, в, г); $\times 100$

Выводы

Перспективы дальнейших исследований в данном направлении. Изучение процесса структурообразования рабочего слоя двухслойных массивных отливок в поле действия центробежных сил показало, что скорость вращения формы значительно интенсифицирует процесс его кристаллизации. В результате центробежнолитые валки имеют более плотную и равномерную структуру рабочего слоя, которая характеризуется максимальным количеством более твердых составляющих (мартенсит, цементит), незначительной долей графита и отсут-

ствием мягкой фазы металлической матрицы (перлита). Исследованиями установлено, что в результате послойного вовлечения расплава вращающейся формой наблюдаются различия в ориентации структурных составляющих по глубине рабочего слоя.

Следовательно, при описании структурообразования таких изделий важным является установление взаимосвязи между интенсивностью охлаждения отливки и формированием ее структуры. Поэтому научно-исследовательская работа в этом направлении продолжается.



ЛИТЕРАТУРА

1. Будагьянц Н. А., Жижкина Н. А., Гутько Ю. И. Центробежное литье валков для горячей прокатки // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2009. – № 1 (15). – С. 71-74.
2. Жижкина Н. А. Производство центробежнолитых валков с высоколегированным рабочим слоем: Монография. – Луганск: «Ноулидж», 2011. – 167 с.
3. Леви Л. И., Кантеник С. К. Литейные сплавы. – М.: Высшая школа, 1967. – 435 с.
4. Budagyants N. A., Zhizhkina N. A., Gutko Yu. I. The research of centrifugal forces' effect on process of structural formation of massive goods // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля. – 2010. – № 10, ч. 2. – С. 23-25.

Анотація

Жижкіна Н. О.

Структуроутворення високолегованого чавуну в полі дії відцентрових сил

Розглянуто відцентрові валки великої маси. Показано, що відцентрові сили сприяють формуванню більш щільної та рівномірної структури. Робочий шар таких валків характеризується максимальною кількістю більш твердих складових (мартенсит, цементит), незначною часткою графіту та відсутністю перлиту. Встановлено, що в результаті пошарового втягування в обертання гарячого металу спостерігається відмінність в орієнтації структурних складових вздовж робочого шару.

Ключові слова

валок, відцентрове литво, високолегований чавун, робочий шар, структура

Summary

Zhizhkina N. A.

The structure formation of high alloyed cast iron under the influence of centrifugal forces

The centrifugal casting rolls of high mass are described. It is shown that centrifugal forces conduce to formation of more solid and uniform structure. The working layer of such rolls is characterized by maximal quality of more hard components (martensite, carbides), slight part of graphite and absence of pearlite. It is established that as a result of layer drawing into rotation of hot metal some distinctions of structural components' orientation along depth of working layer are observed.

Keywords

roll, high alloyed cast iron, working layer, structure, centrifugal casting

Поступила 05.10.12