

УДК 621.771.07.004.15:669.13

ОБОБЩЕНИЕ РАЗРАБОТОК ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И ПРОИЗВОДСТВУ ХРОМОНИКЕЛЕВОГО ЧУГУНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Автухов А.К. к.т.н., доцент

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка)

Выполнен анализ разработок по использованию и производству хромоникелевого чугуна для производства прокатных валков. Показано, что разработка новых и оптимизация применяемых составов валковых чугунов их модифицирование, усовершенствование технологии отливки и термообработки позволяют добиться повышения ресурса хромоникелевых валков.

Введение. На протяжении последних лет хромоникелевый чугун нашел широкое применение для изготовления шаропрокатных и сортопрокатных валков, в том числе, с литыми ручьями [1], а также для рабочего слоя – листопрокатных валков как стационарной, так и центробежной отливки [2].

Двухслойные хромоникелевые валки находят широкое применение в клетях непрерывных и полунепрерывных широкополосных, средне- и толстолистовых, а также – дрессировочных станов [3].

Анализ исследований и публикаций. Отечественные и зарубежные разработки, касающиеся производства, применения и повышения срока службы валков показывают, что реализация проблемы повышения их стойкости проводится в нескольких направлениях. Главные из них: разработка новых и оптимизация применяемых составов валковых чугунов [4-9]; их модифицирование [10-14], усовершенствование технологии отливки и термообработки [15-22].

Целью данной работы является обобщение выполненных разработок по использованию и производству хромоникелевого чугуна для производства прокатных валков для установления дальнейших направлений исследований.

Результаты исследований. Повышение стойкости прокатных валков из хромоникелевого чугуна может быть достигнуто как путем совершенствования технологии изготовления, широко применяемых в настоящее время для производства различных исполнений, так и – освоением новых направлений по оптимизации сплавов, обеспечивающих необходимый уровень их прочности и износостойкости.

Следует отметить, что химический состав чугуна определяет условия первичной и вторичной кристаллизации, а следовательно, оказывает решающее влияние на структуру, фазовый состав и физико-механические свойства валкового материала.

В зависимости от требуемого уровня эксплуатационных свойств,

хромоникелевий чугун отливають с различным содержанием (%): углерода (2,6-3,9); марганца (0,3-1,0); хрома (0,3-1,8), никеля (0,8-4,6) и других легирующих и модифицирующих элементов.

В своей работе Бешлык А.С. «Чугунные прокатные валки» отмечает, что выбор содержания углерода в чугуне для сортопрокатных валков необходимо сочетать с определением типа металлической формы, применяемой для их отливки. Так, при использовании гладкой кокильной формы повышение содержания углерода способствует увеличению твердости в поверхностных слоях и резкому уменьшению ее по глубине отливки. Поэтому, если необходимы глубокие врезы для формирования калибров на валках, отлитых с гладкой бочкой, то содержание углерода лучше ограничивать пределами 2,7-3,0% .

Валки, отлитые в профилированные формы с небольшим слоем обмазки, наоборот, могут иметь несколько повышенное содержание углерода (3,0-3,4%). Сравнительно высокая скорость охлаждения поверхностных слоев чугуна в валках этого типа обеспечивает выделение требуемого количества структурно свободного цементита для повышения твердости и износостойкости рабочего слоя.

Чаще всего содержание углерода в чугуне валков находится в интервале 2,6-3,9%. Глухов Д.М. в своей работе «Исследование факторов, влияющих на структуру и свойства поршневых колец» отмечает, что отливка их с содержанием углерода на нижнем пределе приводит к образованию мелкого и эвтектического графита, а на верхнем – к формированию крупных выделений. Оба вида графита неблагоприятно сказываются на износостойкости хромоникелевого чугуна. Содержание углерода в чугуне устанавливается в зависимости от способа литья и требований по уровню твердости.

Присадки марганца в хромоникелевом чугуне в значительной мере расходуются на образование сульфидов.

Добавки марганца в чугун также могут обеспечить и образование термически устойчивых карбидов Mn_3C , $(\text{FeMn})_3\text{C}$. В процессе кристаллизации чугуна включения MnS могут служить зародышами кристаллизации и приводить к измельчению эвтектического зерна [4].

Содержание марганца в чугунных валках с перелито-графито-мартенситной структурой находится в пределах 0,2-1,6% и оказывает большое влияние на свойства. Способствуя отбеливанию, марганец повышает твердость, выравнивая ее по всему сечению валка. Более высокое содержание марганца в валках такого типа понижает их стойкость, что связано с ухудшением макроструктуры и термической выносливости. Содержание марганца в чугуне в пределах 0,45-1,28% замедляет первую стадию графитизации [5].

Действие марганца целесообразно рассматривать совместно влиянием серы.

Содержание серы в валках целесообразно не превышать 0,1%, особенно в - крупных. Более высокое содержание серы уменьшает жидкотекучесть чугуна, а также прочность и термическую выносливость. Ухудшение свойств чугуна

Гиршович Н.Г. в работе «Чугунное литье» объясняет ослаблением границ зерен эвтектикой Fe - FeS. Сера при содержании ее до 0,1% не оказывает влияния на предел прочности чугуна при разрыве и изгибе. По информации Александрова Н.Н. и Ключнева Н.И., представленной в книге «Технология получения свойств жаростойких чугунов», предел прочности при сжатии наиболее высокий при содержании до 0,15% S.

По данным Бублик М.А., изложенным в статье «Влияние серы на твердость серого чугуна», количество связанного углерода и содержания серы не более 0,06% могут оказывать существенное влияние на повышение твердости.

Фосфор в малой степени, как отмечено в работе «Модифицированный чугун» (авторы Хансен М. и Андренко А.), способствует графитизации за счет образования с ферритом твердого раствора, который ослабляет межатомные связи железа с углеродом. Повышенное содержание фосфора в чугуне в значительной степени ухудшает его механические свойства.

Максимальные значения прочности наблюдаются при содержании фосфора до 0,15%. С увеличением содержания фосфора повышается твердость чугуна в результате образования хрупкой и твердой структурной составляющей – фосфидной эвтектики. Повышенное содержание фосфора до 0,5% обеспечивает высокую жидкотекучесть чугуна и используется для рабочего слоя двухслойных валков, отливаемых стационарным методом.

Сортопрокатные валки, изготавливаемые из половинчатого чугуна в гладкие и профилированные кокили с обмазкой, должны содержать минимально возможное количество фосфора. Это диктуется тем, что такие валки не имеют чистого отбела, несмотря на их достаточно высокую твердость.

Исходя из этого, по утверждениям Васильева А.А. и Григорьева И.С. приведенным в работе «Модифицированный чугун», в сортопрокатных валках фосфор является элементом нежелательным. Чем ниже его содержание, тем выше термическая выносливость.

Добавки никеля в чугун, ускоряют процесс графитизации, резко уменьшая устойчивость цементита [6]. Ланда А.Ф. в работе «Некоторые особенности влияния элементов на структурообразование чугуна» и Троицкий Г.Н. – «Свойства чугуна» отмечают, что во второй стадии графитизации никель, вследствие понижения критической температуры задерживает распад эвтектоидных карбидов. Согласно диаграмме состояния системы Fe-Ni-C, никель при температуре ниже A_{c1} находится в твердом растворе с ферритом, а выше A_{c1} – с аустенитом. Каждый процент никеля в сплаве уменьшает концентрацию углерода в эвтектоиде на 0,04% [7] и сдвигает критические точки в область более низких температур, что показано в работе Холла А.М.: «Никель в чугуне и стали».

Наличие никеля в чугуне способствует более однородному распределению твердости и прочности в крупных валках, а также в отливках с резкими изменениями толщины в различных сечениях. Это важно учитывать при производстве сортопрокатных валков, особенно с литыми ручьями.

Никель уменьшает количество эвтектического цементита в структуре чугуна и, таким образом, уменьшает отбел и улучшает обрабатываемость отливок. Графит при этом распределяется в виде беспорядочно расположенных розеточных выделений, а кристаллизация его в междендритной форме полностью отсутствует [8].

Добавки никеля в чугун значительно измельчают перлитную составляющую. Это вызвано, во-первых, задержкой превращения аустенит-перлит (что соответствует перемещению верхней части кривой изотермического превращения вправо) и, во-вторых, снижению эвтектоидной температуры. Оба эффекта увеличивают вероятность образования более тонкого перлита при распаде аустенитной основы в случае обычного охлаждения от температуры разливки.

В связи с тем, что добавки никеля влияют на структуру чугуна, то изменяются и его механические свойства. В чугунах, легированных никелем до 3% повышаются предел прочности при разрыве и изгибе, твердость, износостойкость; наблюдается незначительное повышение предела прочности при сжатии [9].

Предел прочности при растяжении (кратковременные испытания до температур 480°C) изменяется незначительно, однако, выше этой температуры наблюдается интенсивное его снижение.

Содержание никеля в легированных чугунах валках изменяется в пределах от 0,5 до 4,5% в зависимости от их назначения. При добавке никеля до 1,3% в хромоникелевый чугун валков стационарной оливки структура перлита изменяется мало, но этого количества достаточно для легирования феррита и измельчения включений графита, что обеспечивает повышение его прочности и износостойкости.

По данным Богачева И.Н., приведенным в работе «Металлография чугуна», наиболее значительное повышение механических свойств отмечается при содержании никеля до 1,5%.

Хром способствует получению дисперсного перлита, некоторому измельчению графита. Это благоприятно сказывается на повышении механических свойств чугуна и его износостойкости. Уже при содержании хрома до 0,5% заметно повышение предела прочности чугуна на изгиб и разрыв. В среднем, 0,1% хрома повышает твердость по Бринелю на 8-10 единиц.

Ладиженский Б.Н. В книге «Литейное производство», отмечает, что свойство добавок хрома повышать твердость особенно важно для крупных отливок, в которых при его наличии образуется мелкозернистая структура с дисперсным графитом, без пористости.

Добавки хрома увеличивают сопротивление чугуна коррозии, а также повышают прочность при комнатной и повышенных температурах.

Вместе с тем, следует отметить, что до настоящего времени отсутствуют рекомендации по оптимальному содержанию Ni, Cr и легирующих добавок в хромоникелевых чугунах.

Сопоставляя отечественные чугуны и, применяемые для валков аналогичных станов и клетей за рубежом, следует отметить, что по химическому составу и уровню твердости они мало отличаются. Однако, до настоящего времени существует необходимость в определении возможности и путей снижения дорогостоящих и дефицитных легирующих добавок при условии обеспечения требуемого качества валков. Это можно достигнуть дополнительным модифицированием валковых расплавов.

Модифицирование чугуна обеспечивает измельчение зерна, снижение загрязненности металла неметаллическими включениями, получение износостойкого рабочего слоя, графита компактной или шаровидной формы, снижает склонность к формированию горячих трещин.

Для повышения эксплуатационной стойкости валков используют различные способы модифицирования чугуна. В качестве модификаторов применяют Mg, Ca, C1, Al, B, Ba, Ce, Si, Sr.

Таленберг А.Е. в статье «Новые методы сфероидизирующей обработки чугуна за рубежом» отмечает, что магний применяется как в чистом виде, так и в составе смесей и брикетов. При модифицировании чугуна чистым магнием возникают проблемы, связанные с его малой (1,74 г/см³) плотностью, низкой точкой кипения (1103°С), высокой упругостью паров (12 атм. при 1500°С) и повышенной склонностью к окисляемости. Поэтому, целесообразнее применять сплавы с магнием, в которых замедляется реакция его горения.

Наибольшее распространение, особенно при модифицировании больших масс металла, получила обработка его магнием путем принудительного погружения в ковш с жидким металлом с использованием колоколов - испарителей. К числу недостатков этого метода относятся: низкое усвоение магния (до 20%), недостаточная стабильность процесса модифицирования и качества отливок, значительный пироэффект при обработке.

Более эффективной, как отмечено в работах Мильмана Б.С. «Герметизированные ковши для обработки магния» и Ващенко В.Г. – «Магниевый чугун», является обработка магнием в герметизированных ковшах и автоклавах. Эти методы обеспечивают высокое и стабильное усвоение магния (40-60%), однако, требуют изготовления специального, сравнительно сложного в эксплуатации оборудования, и применяются в настоящее время для модифицирования относительно небольших масс металла (до 10 т).

По информации изложенной в работах Воронова Н.А. – «Модифицирование ваграночного чугуна вдуванием порошкового магния», Волощенко М.В. – «Современное состояние производства и применения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом», Морозова Н.П. – «Производство и эксплуатация крупных опорных валков», Левченко Ю.Н. – «Струйное модифицирование чугуна на желобе вагранки», Кремнов-Хазанова Л.А. – «Получение отливок из высокопрочного чугуна при модифицировании в форме гранулированным магнием», перспективными методами обработки чугуна металлическим магнием являются: вдувание его в виде гранул в металл

воздухом или инертным газом, модифицирование непосредственно в литейной форме (Inmold-процесс), обеспечивающее усвоение магния до 80%, струйное и внутриформенное модифицирование специальными вкладышами из порошкообразных материалов.

Весьма важным при внутриформенном модифицировании является определение оптимального размера гранул модификатора. В одних случаях считают оптимальным зерно 1 мм, в других – 1-3 мм [10] или 4-10 мм [11] и более крупные фракции. На практике обычно применяют гранулы 1-15 мм. На сегодня нет единого мнения об их оптимальном размере. Имеются рекомендации по использованию и крупных (более 15 мм) фракций модификаторов [11].

Известно, что при длительной выдержке металла после обработки магнием идут обратные процессы (демодификации) с переходом шаровидного графита в пластинчатый и при выдержке 20-25 мин эффект модифицирования полностью исчезает. Введение ряда элементов (Si, Al, Ca, Sr, Ba) тормозит процесс демодификации, что позволяет увеличить выдержку металла в ковше без снижения эффекта обработки. Поэтому в последние годы при производстве валков из чугуна с шаровидным графитом получило распространение модифицирование комплексными модификаторами: железокремниймагниевого (ЖКМ), железокремниймагнийкальциевого (ЖКМК), никельмагниевого, медьмагниевого и другими лигатурами. При их использовании значительно снижается пироэффект и усвоение магния составляет до 45-50%, уменьшается количество неметаллических включений.

Вопрос получения однородной структуры в отливках большой массы металла, до настоящего времени остается актуальным. Это связано как со способом модифицирования, так и выбором типа присадки. Выявлен ряд зарубежных модификаторов и способов их ввода, которые появились в последние годы [12-14]. Это модификаторы Reseed® Inoculant, Superseed®75, Superseed®50, Foundrisil®75. МДС – процесс, который может обеспечить снижение степени легирования расплава, формирование необходимой формы графита, измельчение зерна, снижение вредных примесей, сохранение расплава с увеличенной выдержкой в ковше без эффекта демодификации.

Из анализа применения этих модификаторов следует, что наиболее полно изучено их влияние на серые и высокопрочные чугуны и отсутствует информация о применении для – легированных, работающих в условиях циклических воздействий нагрузок и температур.

Добиться повышения эксплуатационной стойкости валков возможно путем совершенствования технологии их изготовления, а именно: вакуумирования, продувки валковых расплавов газами, термической обработки.

Вакуумирование нашло широкое промышленное применение в производстве качественных сталей. Установлено, что при обработке вакуумом различными способами идет интенсивное выделение газов. Как отмечает Самарин А.М. в работе «Вакуумная металлургия», это способствует перемешиванию металла и очищению его от неметаллических включений и примесей.

Публикации по вакуумированию чугуна, в основном, отражают результаты лабораторных работ. В исследованиях Мигай В.П. – «О вакуумировании чугуна» и Кузьмина И.В. – «Влияния вакуума и газов на химический состав и структуру эвтектического чугуна», приведены данные по вакуумированию ваграночного чугуна в ковше емкостью 10 кг при остаточном давлении 133 Па. В представленных работах дана информация о том, что содержание водорода в результате вакуумирования снизилось с 16,47 до 9,63 см³/100 г, кислорода с 4,07 до 2,14 см³/100 г и азота с 5,67 до 3,21 см³/100 г. В работах также отмечалось повышение жидкотекучести чугуна, механических свойств, получение плотной, мелкозернистой структуры в отливках.

Показано, что при выплавке чугуна под вакуумом содержание S снижается не менее чем в 2 раза, а доля графита на 15%, практически отсутствуют пленочные неметаллические включения на границах зерен.

Имеются сведения о вакуумировании чугуна в литейной форме. При этом, отмечено снижение содержания S, P и Si, зависящее как от степени разряжения вакуума, так и от продолжительности процесса обработки. Десульфурация чугуна обеспечивается путем образования сероводорода в результате реакций FeS и MnS с водородом и его последующего удаления из расплавленного металла.

Вакуумирование валковых чугунов в промышленных масштабах экспериментально впервые осуществлено на Лутугинском заводе прокатных валков, где была введена в эксплуатацию вакуум-камера для ковша максимальной ёмкостью 30 т. Чугун вакуумировали в 30 т и 10 т ковшах при температуре 1370—1440°С. Продолжительность вакуумирования определялась температурами металла в ковше и разливки. Она составила 12—32 мин. При разряжении в вакуум-камере 133—400 Па.

Однако, следует отметить, что вопросы влияния вакуумирования металла в процессе отливки на качество и структуру металла прокатных валков, и их эксплуатационную стойкость не установлены.

Повышение свойств литого металла достигается путем удаления части неметаллических включений и газов из расплава после выпуска его из печи. Этого можно достичь продувкой инертными газами. При этом проходит выравнивание химического состава и температуры по всему объему жидкой ванны. Обычно газ продувают погруженной фурмой или через пористые пробки различной конструкции, устанавливаемые в дне ковша. Как отмечают Ойкс Г.Н. и Степанов А.В. в книге «Обработка металла инертными газами», последний способ является наиболее эффективным.

Обработка чугуна газами в промышленных масштабах применяется сравнительно редко. В частности, во Франции получил распространение метод обработки чугуна газами для его десульфурации, науглероживания и получения мелкозернистой структуры [15]. В этом случае, продувку ведут с одновременной присадкой на зеркало металла различных добавок, что создает интенсивную циркуляцию металла, лучшее усвоение присадок, его рафинирование. Этот

метод пригоден и частично используется в США при производстве чугуна с шаровидным графитом. В работах Петриченко А.М. – «Получение высокопрочного чугуна модифицированием в форме» и Левченко Ю.Н. – «Струйное модифицирование чугуна на желобе вагранки» показано, что в результате обработки десульфурующей смесью и азотом в течение 3-4 мин удается снизить содержание серы в чугуне на 60%.

Продувка чугуна азотом, аммиаком, водородом, углекислым или природным газом, кислородом [16] во всех случаях снижает содержание газов, повышает жидкотекучесть и способствует изменению структуры.

При обработке валкового чугуна кислородом, водородом, азотом и гелием установлено, что продувка указанными газами улучшает его отбеливаемость. Обработка азотом и гелием уменьшает переходную зону двухслойных отливок, увеличивает глубину и степень отбела рабочего слоя и переходной зоны. При продувке кислородом существенно изменяется химический состав чугуна, поэтому оценить его влияние на степень отбеливаемости не представляется возможным. Обработка азотом и гелием приводит к уменьшению содержания водорода и кислорода в расплаве. В целом, лучшие результаты, с точки зрения качества отбеленного валкового чугуна, достигаются при обработке расплава гелием. Необходимо отметить, что метод обработки расплавов газами является простым и экономичным, не требует существенных капитальных затрат для осуществления на практике.

Однако, имеются противоречия в оценке влияния такой технологии на механические свойства чугуна и его твёрдость, а информация о продувке газами жидкого хромоникелевого чугуна для рабочего слоя двухслойных валков отсутствует. Это свидетельствует о недостаточной изученности процесса.

После отливки при охлаждении в валке, в связи с переходом металла из пластического состояния в упругое, возникают внутренние термические напряжения.

Кроме термических напряжений, в отливке имеют место фазовые и усадочные напряжения. Фазовые напряжения являются следствием структурных превращений, вторичной графитизации. Усадочные - следствием торможения усадки при кристаллизации отливки.

С течением времени вылеживания напряжения в валках уменьшаются. Поэтому, валки могут быть введены в эксплуатацию и после естественного старения. Сроки естественного старения определяются величиной остаточных напряжений в зависимости от уровня твердости. По требованию ОСТ 1440-70 «Валки чугунные для горячей прокатки металлов» – при твёрдости бочки до 50 НS валки должны вылежать в течение не менее трёх месяцев, а при – > 50 НS - не менее шести.

Старение валков может быть заменено их термической обработкой. По информации приведенной в патентах 58-136594 Япония, МКИ С22Д 15/00. Двухслойные валки горячей прокатки и способ их производства; 59-48650 Япония, МКИ С21Д 9/38. Способ изготовления калиброванного валка из

литейного чугуна со сферическим графитом; 57-94550 Япония, МКИ С22С 37/08. Способ термообработки калиброванных валков из чугуна с шаровидным графитом; 2072702 Великобритания, МКИ С22С 37/10. Белый чугун и А.с. 229470 ЧССР, МКИ С21Д 9/38. Способ термической обработки чугунных валков, при проведении термической обработки снимаются внутренние напряжения, возможно измельчение структуры (в зависимости от параметров технологии), повышаются характеристики механических свойств.

Информация, приведенная в литературных источниках по влиянию термической обработки на эксплуатационную стойкость валков очень противоречива.

Авторы исследований [17], влияния термической обработки валков исполнения ЛПХНд-62 (гарантированный нижний предел твердости 62НС), проведенных на меткомбинате «Запорожсталь» установили, что отжиг 500 и 550°С, практически не изменяет твердость, а при температурах 600 и 650°С снижает ее, в среднем, на 2-3ед. НS. Анализ эксплуатационной стойкости партии валов из 70шт. показал увеличение наработки валков с повышением температуры их термической обработки. Нарботка опытных валков приблизительно соответствовала достигнутым показателям естественного старения в течении 2,5 месяцев. Выполненные исследования свидетельствуют о том, длительный естественный процесс старения возможно заменить термической обработкой.

Эксперименты [18-21], выполненные для изучения возможности использования двухслойных валков стационарной отливки (ЛПХНд-63 и ЛПХНМд-63) для станков 1700 и 2000, прошедших низкотемпературный отжиг при 280-300°С с регламентированными скоростями нагрева и охлаждения, показали увеличение стойкости на 30-50%. Такое повышение эксплуатационной стойкости было достигнуто в следствии упрочнения переходного слоя и увеличения глубины – рабочего, благодаря распаду остаточного аустенита.

Выполненная термическая обработка валков непрерывного широкополосного стана 2000 способствовала повышению их твердости на 2-4 ед. НS, прочностных свойств на 15%, термической выносливости на 30-40%. Распад остаточного аустенита обеспечил повышение твердости переходного слоя на 5-8 ед.НS.

Анализ структуры рабочего слоя валков ЛПХНд-70, содержащих соответственно 2,7-2,8 и 3,15-3,40%С; 0,30-0,40 и 0,6-0,7% Si; 0,6-0,8 и 0,7-0,8% Mn; 0,40-0,45 и 0,10-0,15%Р; 0,06-0,8 и 0,03-0,08%S; 0,7-0,8 и 1,4-1,6%Cr; 3,8-3,9 и 4,4-4,5%Ni, после термической обработки показал, что на расстоянии 15мм от поверхности она состоит из грубых конгломератов аустенита, карбидов и продуктов его распада – бейнита и мартенсита. На таком же расстоянии от поверхности в рабочем слое валков исполнения ЛПХНМд-77 после термической обработки содержится ледебурит, мартенсит, бейнит и остаточный аустенит(15%).

Для изучения влияния температуры нагрева и времени выдержки на распад

остаточного аустенита в рабочем слое валков исполнения ЛПХНМд-77 были проведены дополнительные лабораторные исследования на образцах.

Выполненная работа позволила установить, что нагрев таких валков при 200°C в течении 2-5 ч приводит к частичному отпуску мартенсита, который заканчивается за период выдержки – 10 ч.

При нагреве до 250°C с последующей выдержкой в течении 5 ч отмечается частичный процесс распада остаточного аустенита, также завершающийся за 10ч. Не наблюдается изменения характера структурных превращений и при отпуске образцов нагретых до 300°C от образцов отпускаемых при 250°C. Но отмечается, что распад остаточного аустенита и мартенсита в образцах нагретых до 300°C начинается и завершается за меньший период времени.

Анализ уровня механических свойств материала валков исполнений ЛПХНд-70 ЛПХНМд-77 после отпусков в течении 10ч при температуре 200 и 250°C соответственно показал, что такая термическая обработка при неизменной твердости повышает временное сопротивление чугуна валков исполнений ЛПХНд-70 при изгибе на 20%; а у валков исполнения ЛПХНМд-77 –на 13%.

Вместе с тем, следует отметить, что имеется информация [22], когда для снижения напряжений в рабочем слое, авторы рекомендуют двухслойные валки исполнений ЛПХНд и ЛПХНМд подвергать кратковременному отжигу при более высокой температуре 380-410°C. При этом авторы исследований утверждают, что за сравнительно непродолжительном период (2-4 ч), возрастают служебные свойства валков и при этом твердость рабочего слоя практически не снижается.

Приведенные выше сведения о параметрах термической обработки двухслойных чугунных валков исполнения ЛПХНд ЛПХНМд достаточно противоречивы, так как разработку режимов и параметров процесса производили для отливок с отличающимися наследственными свойствами шихты, химическим составом, твердостью, глубиной отбела и способом отливки.

Это требует дополнительных исследований, обеспечивающих разработку технологии производства валков, которая позволяла бы обеспечивать их максимальную наработку при эксплуатации на конкретном стане.

Единство мнений авторов исследований влияния термической обработки состоит в том, что все они отмечают повышение стойкости валков благодаря распаду остаточного аустенита. Учитывая, это возникает необходимость проведения исследований, направленных на получение рабочего слоя хромоникелевых валков с минимальной долей остаточного аустенита при отливке.

Выводы.

1. Анализ литературных источников показал, что хромоникелевый чугун находит широкое применение для изготовления сортопрокатных и рабочего слоя листопркатных валков как стационарной, так и центробежной отливки. Химический состав и уровень твердости отечественных чугунов и, применяемых для валков аналогичных станом и клетей за рубежом, идентичны.

2. Отечественные и зарубежные публикации, касающиеся производства и повышения срока службы валков из хромоникелевого чугуна показывают, что выполнено большое количество исследований по разработке новых и оптимизации применяемых составов валковых сплавов. Однако, до настоящего времени вопрос создания чугунов с оптимальными эксплуатационными свойствами требует дальнейших решений, при которых эффективность использования сплавов возрастает за счет экономии используемых ресурсов (степени легированности, способа использования) при одновременном повышении их наработки во время эксплуатации.

3. Для повышения эксплуатационной стойкости валков используют различные способы модифицирования чугуна. Это обеспечивает измельчение зерна, снижение загрязненности металла неметаллическими включениями, получение износостойкого рабочего слоя, графита компактной или шаровидной формы, снижает склонность к формированию горячих трещин. Рассмотрены составы различных модификаторов, способы их ввода и достигаемые свойства при такой обработке.

В современном вальцеделательном производстве применяют модификаторы нового поколения Reseed® Inoculant, Superseed®75, Superseed®50, которые могут обеспечить снижение степени легирования расплава, формирование необходимой формы графита, измельчение зерна, снижение вредных примесей, сохранение расплава с увеличенной выдержкой в ковше без эффекта демодификации.

Наиболее полно изучено их влияние при производстве отливок из серых и высокопрочных чугунов и отсутствует информация о применении для – легированных, работающих в условиях циклических воздействий нагрузок и температур.

4. Выполнен анализ литературных данных о внепечном рафинировании вакуумированием и продувкой газами на качество и свойства хромоникелевого чугуна. Сведения о влиянии вакуумирования металла в процессе отливки на качество прокатных валков и их эксплуатационную стойкость весьма противоречивы, т.к. касаются разных способов производства и исполнений, а информация об обработке жидкого хромоникелевого чугуна для рабочего слоя двухслойных валков отсутствует.

5. Имеющиеся в литературе сведения о параметрах термической обработки хромоникелевых чугунных валков определенного исполнения часто противоречивы, так как разработка режимов производится для валков с отличающимися наследственными свойствами шихты, химическим составом, твердостью, глубиной отбела и способом отливки. Единство мнений авторов исследований влияния термической обработки на эксплуатационные характеристики валков состоит в том, что все они отмечают повышение их стойкости в результате распада остаточного аустенита.

Вопрос повышения ресурса валков путем снижению уровня остаточного аустенита, как при отливке, так и при термической обработке требует дополнительных исследований, обеспечивающих разработку технологии их

производства, которая позволяла бы обеспечивать их максимальную наработку при эксплуатации в клетях конкретного стана.

Список литературы:

1. Скобло Т.С. Сравнительный анализ качества валков с литыми ручьями из хромоникелевого чугуна и валков из высокохромистого чугуна / Т. С. Скобло, В. К. Парфенюк, Н. И. Сандлер и др. // Обработка металлов давлением. Сборник трудов. Вып.18.-Москва: МЕТАЛЛУРГИЯ.,1970.-С.151-172.
2. Вдовин К.Н., Гималетдинов Р.Х., Колокольцев В.М., Цыбров С.В. Прокатные валки. / К.Н. Вдовин, Р.Х. Гималетдинов, В.М. Колокольцев и др. // Монография –Магнитогорск, МГТУ. – 2005. – 543с.
3. ТУУ 27.1-26524137-1291-2007 Валки чугунные для горячей прокатки металла.
4. Ziegler R. Einfluss von Kohlenstoff, Silicium, Mfngen, Phosphor and Schwefel auf einige primare Eigenschaften dts Cubeisen mit Lamllengraphit./R.Ziegler // Giesseret,1964,Bd.51,№4,P.85-94
5. Fordes D.P., Paulson P.A., Minert G.K. // Transactions of the American Foundrymen's Association,1941, vjl.93, P. 574.
6. Schwars H. Transactions of the American Sosity for Metals. / H.Schwars, V. Fjordalis, J. Fischer , J.Chumtr , M. Tinter 1940, vol. 28, № 3, P.143.
7. Sands J.W., Metals Handbook. Cleveland, /I.W.Sands// American Society for Metals,1948,pp.1211-1212.
8. American Society for Testing Materials, Tentat: Recjmmended Practice for Ewaluating the Microstructure of Graphite in Grey Iron A.S.T.M., Standards, 1946, Part 1-A, p. 1073-1080.
9. American Foundrymen's Association, Alloy Cast Irons, The Association, Chicago,1944,P.232-286.
10. Иоффе А.Я. Модифицирование высокопрочного чугуна в литейной форме / А.Я. Иоффе, А.Г. Алексеев, И.М. Шарапов //Литейное производство. - 1980.-№12.- С.9.
11. Zezula G. Vpluv zrnitosti modifikatoru na modifikaci trarne letny reakni komore formy / G. Zezula // Slevarenstri. - 1981. - 29. - № 2 - 3. - P.92 - 95.
12. Elkem ASA Research. Модификатор Superseed®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2003. – № 11 (39)
13. Elkem ASA Research. Модификатор Foundrisil®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2004. – № 2 (42)
14. Elkem ASA Research. Модификатор Reseed®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2004. – № 7 (47)
15. Обработка жидких металлов путем барботажа с помощью нейтрального газа, вдуваемого через пористые огнеупорные элементы // Экспресс - информация ВИНТИ: [Технология и оборудование литейного производства]. - 1970. - №9. - С33 - 38.

16. Оптимальные режимы внутриформенного модифицирования / Скобло Т.С., Маслов А.А., Долуда А.А., Новикова С.К. // Литейное производство. - 1987. - №6. - С.16 - 17.
17. Отпуск чугуновых валков горячей прокатки. / Е.И. Трейгер, В.Т. Тилик, В.А. Гамов и др. // Сталь. 1985. - №8. – С.77-79.
18. И.Н. Богачев Металлография чугуна / И.Н. Богачев – Свердловск: Metallurgizdat, 1962.- 392с.
19. Скобло Т.С. Повышение качества чугуновых двухслойных валков листопрокатных станов / Т.С. Скобло, В.Ф. Коробейник, В.Н. Гончаров [и др.] // Сталь. - 1987. - №9. - С. 68-70.
20. Скобло Т.С. Термическое упрочнение двухслойных чугуновых валков для станов горячей прокатки / Т.С. Скобло, В.Н. Гончаров, В.Ф. Коробейник // Бюл. научно-технической информации. [Черная металлургия]. - 1986. - №9. - С. 59-60.
21. Жучков В.И. Современные методы ввода модификаторов в расплавы чугуна и стали / В.И. Жучков, О.Ю. Шешуков, Е.Ю. Лозовая, Л.А. Маршук// Сб. докладов Литейного консилиума №1 «Модифицирование как эффективный метод повышения качества чугунов и сталей» – Челябинск: Челябинский дом печати, 2006 – С.52
22. Будагьянц Н.А. Литые прокатные валки. /Н.А. Будагьянц, В.С. Карский, М.: Машиностроение, 1983.175с.

Анотація

Узагальнення розробок, щодо використання и виробництва хромонікелевого чавуну для виготовлення прокатних валків

Виконано аналіз розробок щодо використання и виробництва хромонікелевого чавуну для виготовлення прокатних валків. Показано, що розробка нових та оптимізація складу валкових чавунів, що застосовуються, їх модифікування, удосконалення технології вилівки і термічної обробки надають можливість підвищити ресурс хромонікелевих валків.

Abstract

Summary of developments for production and applying of chromium-nickel cast iron for the manufacturing of mill rolls

The analysis of development for applying and production of chromium-nickel cast iron for the manufacturing of mill rolls. Conclusion is made that development of new and optimization of the used composition of roll-foundry iron, modification, improvement of casting and thermal treatment increase resource of chromium-nickel rolls.