

Железоуглеродистые сплавы содержат в своем составе активные к кислороду элементы (C, Si, Mn) которые могут эффективно восстанавливать в ходе плавки легирующие элементы из шлаковой фазы. по схеме представленной на Рис.2

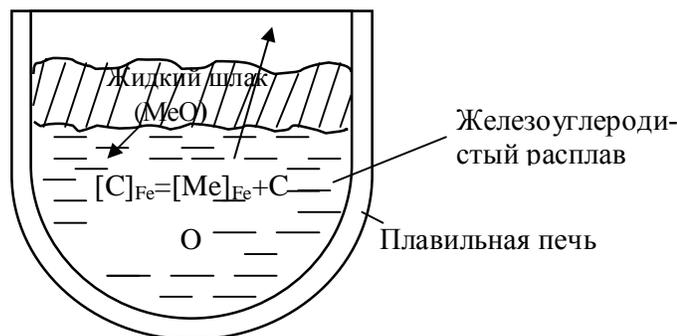


Рис. 2. Схема процесса легирования через шлаковую фазу

По данной методике, были проведены термодинамические расчеты процесса восстановления, через шлаковую фазу хрома, никеля, меди, титана и ванадия из оксидов при получении легированных чугунов для температуры 1673 К (табл. 2).

Таблица 2

№, п/п	Реакция восстановления элемента через шлаковую фазу	ΔG , Дж/моль	Константа реакции, К	Коэффициент распределения, L	Степень восстановления Φ , %
1.	$Cr_2O_{3TB} + 3[C]^{Fe} = 2[Cr]^{Fe} + 3CO_{г}$	753783-448Т	0,041	25	37,0
2.	$NiO_{TB} + [C]^{Fe} = [Ni]^{Fe} + CO_{г}$	98186-173Т	$8,9 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	99,9
3.	$CuO_{TB} + [C]^{Fe} = [Cu]^{Fe} + CO_{г}$	8197-179Т	$5,7 \cdot 10^7$	$5,7 \cdot 10^{-5}$	99,9
4.	$TiO_{2TB} + 2[C]^{Fe} = [Ti]^{Fe} + 2CO_{г}$	608038-301Т	0,005	568	2,5
5.	$V_2O_{3TB} + 3[C]^{Fe} = 2[V]^{Fe} + 3CO_{г}$	753783-448Т	0,69	3,6	73,5

Анализ полученных результатов свидетельствует, что в процессе плавки чугунов можно осуществлять эффективное легирование через шлаковую фазу такими элементами, как никель, медь, ванадий, хром. Расчетная степень восстановления этих элементов составляет от 30 до 100%.

Таким образом, проведенные термодинамические исследования позволяют разработать способы восстановления металлов для получения на их основе легатур и экономнолегированных сплавов.

УДК 621.745

Пути повышения качества корпусных отливок из низкоуглеродистой стали

Студенты гр. 104125 Гралько В.В., Зайцев А.В., Скуратович О.В., гр. 104126 Юхо Д.В.

Научный руководитель – Слуцкий А.Г.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Низкоуглеродистая сталь – наиболее распространенный материал для изготовления корпусных деталей большегрузных автомобилей. Ее широкому применению способствует высокий уровень механических и эксплуатационных свойств. В литом (сыром) состоянии такая сталь имеет перлитно-ферритную структуру

Необходимым условием создания качественных конструкций при экономном использовании материала является учет дополнительных критериев, влияющих на конструкционную прочность. Этими критериями являются надежность и долговечность.

Критериями, определяющими надежность крупногабаритных корпусных отливок, являются ударная вязкость, температурные пороги хладоломкости, сопротивление распространению трещин, характеристики пластичности.

Неметаллические включения играют важную роль в формировании структуры и свойств литых сплавов. Управление природой неметаллических включений позволяет получать сплавы с заданными свойствами, улучшать их качество, повышать надежность и долговечность литья. Для улучшения качества отливок

снижают общее количество включений и проводят их глобуляризацию путем модифицирования. Установлено, что в литой стали зарождение трещин независимо от степени дисперсности структуры и соотношения между ферритом и перлитом в 80-100 % случаев происходит у неметаллических включений. Наиболее вредные неметаллические включения – это сульфидные соединения, силикаты, алюмосиликаты, которые располагаются по границам зерен.

Загрязненность неметаллическими включениями является одним из важных факторов, определяющих сопротивляемость литейной стали хрупкому разрушению. Хладостойкость литейных сталей обеспечивается, если при температурах эксплуатации разрушение развивается по вязкому механизму, который на микроскопическом уровне осуществляется путем роста и коалесценции микропустот, зарождающихся на неметаллических включениях. В первом приближении энергоёмкость разрушения тем выше, чем больше расстояние между неметаллическими включениями, способными служить центрами зарождения пор. Неглобулярные включения обычно резко снижают энергетические затраты на зарождение и рост микропустот и способствуют их ранней коалесценции. Поэтому важной задачей современного материаловедения является управление природой включений с целью получения заданных механических характеристик стали. В значительной мере это достигается применением модификаторов - глобуляризаторов.

Таким образом, роль неметаллических включений в зарождении микротрещин в литой конструкционной стали велика. С понижением температуры влияние включений усиливается, причем особенно заметно с повышением общей загрязненности металла. В этом случае увеличивается число одновременно возникающих микротрещин и облегчается их слияние, так как уменьшается расстояние между включениями, что приводит к уменьшению энергии распространения трещин. При повышении чистоты стали температуры максимального трещинообразования сдвигаются в область более низких температур.

Величина макро- и микрозерна также влияет на качество отливок. Чем меньше зерно, тем выше свойства стали.

Основной вид брака отливок из низкоуглеродистой стали – горячие и холодные трещины. Они составляют порядка 70% от общего брака.

На трещинообразование стали влияют следующие факторы: химсостав (особенно С, Si и P), степень раскисленности, температура и скорость разлива по формам, неметаллические включения, условия кристаллизации, температура отливок в момент их выбивки из форм, режим термической обработки.

В целом образованию горячих трещин в стальных отливках способствуют следующие факторы:

- *Повышенное содержание серы.* Сера образует с железом сульфид FeS и легкоплавкую эвтектику Fe-FeS по границам зерен, что вызывает снижение пластических характеристик стали в отливках.

- *Протяженный температурный интервал кристаллизации.* С уменьшением эффективного интервала кристаллизации трещиностойкость сталей возрастает.

- *Геометрический или размерный фактор.* Трещины возникают, когда значительно различаются скорости охлаждения в разных сечениях отливки. Градиент скоростей охлаждения увеличивается в тех областях конструкции, где происходит переход от массивной части к тонким перегородкам.

- *Малая теплопроводность.* Низкие теплофизические характеристики стали способствуют увеличению температурного градиента по сечению отливки, и как следствие, к утолщению и упрочнению наружной корочки металла.

- *Затрудненная усадка.* Усадка металла в присутствии жестких и прочных стержней увеличивает уровень напряжений и способствует образованию трещин.

На основании проведенного анализа особенностей выплавки низкоуглеродистой стали и основным фактором, влияющим на качественные характеристики корпусных отливок применительно к условиям действующего производства на заводе ОАО «БелАЗ» планируется разработать комплекс мероприятий включающих:

1) эффективное раскисление и модифицирование стали комплексной присадкой на основе алюминия и РЗМ, позволяющее не только снизить содержание кислорода в отливке, но и измельчить первичную структуру сплава, а также сфероидизировать неметаллические включения по границам зерен;

2) совершенствование технологии литья, обеспечивающую максимальное удаление газов из полости литейной формы в процессе заливки;

3) оптимизацию скорости разлива металла по формам;

4) увеличение податливости формовочной смеси за счет применения специальных добавок;

5) оптимизацию конструкции отливки, с целью снижения ее разностенности, способствующей в процессе кристаллизации снижению внутренних напряжений.

В настоящее время большое внимание уделяется применению ультрадисперсных порошков химических соединений (нитриды, карбиды, оксиды, карбонитриды и др.) при получении новых материалов и сплавов. Размер частиц таких нанопорошков не превышает 100 нм. Обладая уникальными физико-химическими и механическими свойствами, они могут влиять на качество стальных отливок.

В лабораторных условиях проведены предварительные исследования по процессу получения модификатора – раскислителя на основе алюминия и РЗМ с добавками различного количества ультрадисперсного

порошка нитрида титана. Изготовлены образцы такого модификатора в виде брикетов, а также слитков, полученных с использованием специальных флюсов, обеспечивающих в процессе плавки модификатора максимальный металлургический выход. Испытания технологии модифицирования стали, проведенные на литейном участке УП «Идея», показали положительные результаты по структуре и свойствам сплава.

УДК 669.714

Электронно-лучевой способ получения сплавов

Студенты гр.104125 Глушаков А.Н., Гралько В.В. гр. 104126 Молочко В.А.
Научный руководитель – Слуцкий А.Г.
Научный консультант – Луцкич Т.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Электронно-лучевая плавка (ЭЛП), широко применяется при изготовлении чистых металлов и сплавов. Имеются исследования по улучшению механических и технологических характеристик жаропрочных сплавов. Повышение целого комплекса характеристик материалов связаны с рафинированием путем удаления неметаллических включений, вредных примесей, газов, а зачастую измельчением структуры. Такие преимущества делают электронно-лучевую обработку перспективной при переработке отходов механической обработки и обработки давлением, бракованных поковок и изделий. Актуальность применения ЭЛП возрастает, принимая во внимание высокую стоимость сплавов и повышенные требования к функциональным свойствам изделий из них. Например, стоимость сплавов на основе кобальта, при изготовлении деталей медицинских имплантатов, составляет около 200 € При горячей штамповке и механической обработке деталей имплантатов отходы в виде облоя и стружки составляют от 10 до 30 %. Кроме того, поскольку сплав Co-Cr-Mo относится к труднодеформируемым, велика вероятность получения брака во время штамповки. В связи с этим, возможность вторичного использования отходов Co-Cr-Mo путем переплава и последующей деформации приобретает значительную экономическую эффективность.

Схема установки для электронно-лучевого переплава показана на рис. 1. Процесс плавки проводится в промежуточной емкости (3). Луч расфокусирован на всю поверхность промежуточной емкости. Мощность нагрева составляет 1200 Вт. Длительность воздействия электронного луча при переплаве 5 мин. Этого времени достаточно для диссоциации присутствующих в расплаве окислов и для удаления примесей.

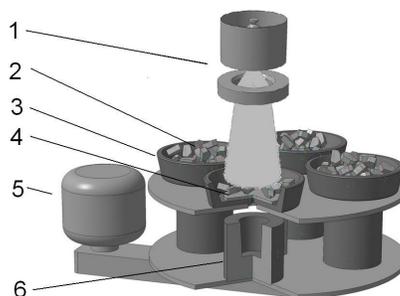


Рисунок 1– Схема оснастки для переплава и литья в кокиль

1 – электронно-лучевая пушка; 2 – Co-Cr-Mo скрап; 3 – промежуточная емкость;
4 – шайба; 5 – механизм поворота; 6 – кокиль

После полного расплавления материала в промежуточной емкости электронный луч фокусируется для проплавления шайбы, (4) закрывающей сливное отверстие. Расплав из промежуточной емкости сливается в кокиль (6). Шайба изготавливается из того же сплава. Отливки получают конической формы. Для повышения производительности применяется четыре промежуточных емкости и четыре кокиля.

Термодинамические исследования показали реальную возможность металлотермического восстановления большинства металлов за счет алюминия. На рис. 2 представлены результаты расчетов термических смесей на основе различных оксидов.

Для успешного протекания процесса без внешнего подогрева приход тепла должен составлять не менее 2300 Дж/гр. На основе полученных расчетов были подобраны составы смесей для получения образцов сплавов хрома с никелем и молибденом.

Методика восстановительной плавки и образец полученной лигатуры Cr-Ni представлены на рис. 3 (а,б).