

М.М. Ямшинский, Г.Е. Федоров, Е.А. Платонов, А.Е. Кузьменко

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЖАРОСТОЙКИХ ХРОМОАЛЮМИНИЕВЫХ СТАЛЕЙ

Influencing of rare-earth metals of sequence of input of alloying elements in fusion and temperatures before the inundation in forms on quality of heat-resistant wares is explored. It is set that the transferred technological factors have substantial influence on a structure and properties of the high-alloyed heat-resistant alloys.

Одним из перспективных технологических приемов улучшения свойств хромоалюминиевых сталей и повышения качества жаростойких деталей является дополнительная обработка расплава РЗМ.

Установлено, что присадка до 0,3% РЗМ в хромоалюминиевую сталь улучшает на 15...25% механические и эксплуатационные свойства, поскольку РЗМ являются хорошими дегазаторами и десульфураторами, они изменяют минералогический состав, размеры и плотность неметаллических включений, при этом переводят их из остроугольной формы в глобулярную, рис. 1.

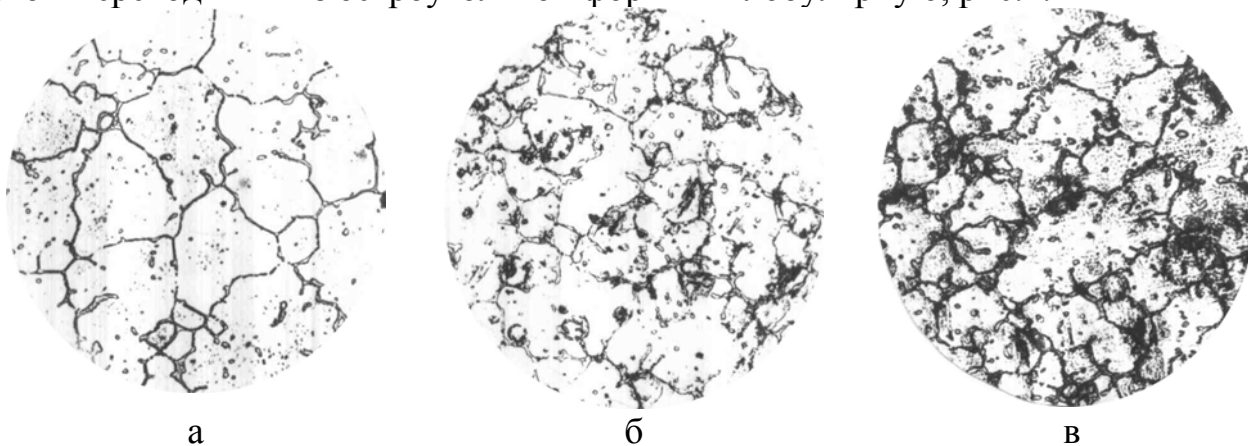


Рис. 1. Микроструктура хромоалюминиевой стали 35X30Ю2ТЛ в зависимости от присадки РЗМ: а – 0,25% РЗМ; б – 0,5% РЗМ; в – 1,0% РЗМ

РЗМ образуют с вредными примесями несмачиваемые сталью соединения, которые быстро всплывают в шлак и снижают температуру пленообразования жидкого металла. Это значит, что пленообразование перестает отрицательно влиять как на технологические свойства стали, так и на качество отливок.

Повышение присадки РЗМ свыше 0,5% способствует увеличению общего количества неметаллических примесей, которые располагаются как по границам зерен (см. рис.1, в), так и внутри зерен виде так называемой «цериевой пористости», рис. 2.

Следовательно, в тех случаях, когда из хромоалюминиевой жаростойкой стали изготавливают отливки ответственного и особо ответственного назначения, целесообразно расплав во время выпуска из печи дополнительно обрабатывать 0,15...0,25% РЗМ.

Несмотря на дороговизну этих элементов, их использование целесообразно и с экономической стороны, поскольку они существенно улучшают литейные и механические свойства жаростойких сталей, и не изменяют их окислительную стойкость.

Процесс изготовления отливок из высоколегированных сталей, к которым относят и жаростойкие, сопровождается определенными трудностями, поскольку эти стали менее технологичны в сравнении с углеродистыми.



Рис. 2. „Цериевая пористость” в хромоалюминиевой стали 35Х30Ю2ТЛ после обработки 0,5% РЗМ

В результате низкой теплопроводности стали и неравномерного характера ее кристаллизации, которая связана с природой элементов, входящих в состав сплава, наличием примесей, условиями охлаждения и другими факторами, в металле возникает химическая и физическая неоднородность. Эти явления способствуют развитию обычных структурных напряжений и получению неравномерных механических, физических и химических свойств металла как во всем объеме, так и в пределах одного зерна.

Известно, что механические и эксплуатационные характеристики сталей с хромом и алюминием зависят, прежде всего, от состояния границ зерен и степени однородности структуры, то есть от наличия в микро- и макрообъемах металла одновременно крупных и мелких зерен. Авторами установлено, что чем меньше разница в размерах зерен, тем дольше работает изделие, то есть подтверждается правило: наилучшие механические и служебные свойства имеют высоколегированные стали с однородной, максимально гомогенной структурой и чистыми от примесей границами зерен.

Получить мелкое зерно в изделиях из хромоалюминиевой стали снижением температуры жидкого металла перед заливкой его в литейные формы практически невозможно, поскольку при этом замедляется скорость всплытия пленок, неметаллических включений, частиц шлака, затрудняется удаление газов из металла, ухудшаются условия заполнения полости формы и питания отливки во время кристаллизации. Это приводит к образованию неслитин, недоливов, раковин различного происхождения, которые часто являются окончательной причиной брака.

Следовательно, важной задачей при изготовлении качественных отливок для сталей этого класса есть использование таких технологий, которые обеспечивали бы получение высококачественного металла с однородной структурой.

Изучено влияние последовательности ввода в хромистый расплав алюминия и титана на структуру и свойства хромоалюминиевой стали.

Известно [1, 2], что алюминий и титан имеют высокое сродство к кислороду, поэтому значительное их количество расходуется, прежде всего, на раскисление металла. Но оксиды титана [3], в отличие от оксидов алюминия, имеют большие размеры, часто остаются в металле, располагаются на границах зерен и ослабляют межзеренную связь, особенно при температурах возможного образования горячих трещин.

Установлено, что наиболее гомогенную структуру имеет сталь, предварительно раскисленная 0,2% алюминия, рис.3.

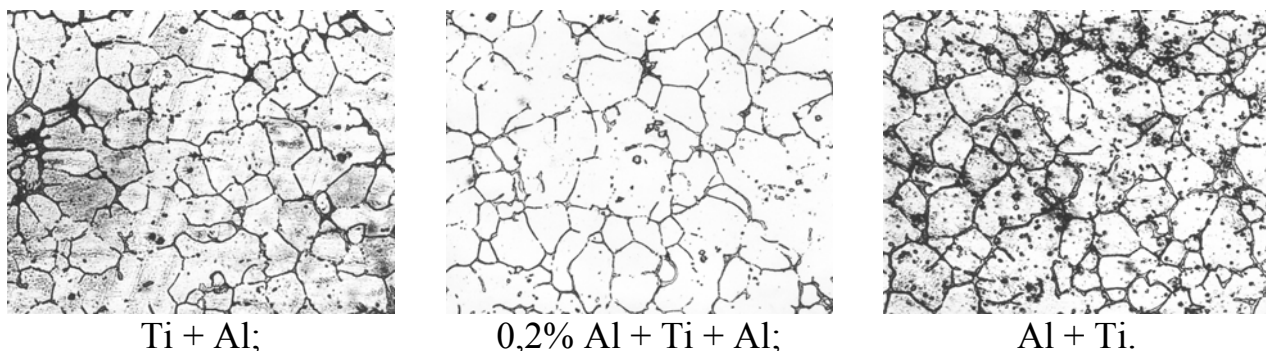


Рис. 3. Структура хромоалюминиевой стали 35X30Ю2ТЛ в зависимости от последовательности ввода в нее расчетного количества титана и алюминия

Такая структура обеспечивает высокие механические и эксплуатационные свойства металла. Алюминий способствует очистке границ зерен, улучшению свойств легированного хромом феррита, а титан исполняет укрепляющее действие вследствие образования большого количества мелкодисперсных карбонитридов, которые, являясь дополнительными центрами кристаллизации, измельчают первичное зерно.

Температура жидкого металла перед заливкой его в литейную форму является одним из основных способов управления технологическим процессом изготовления качественных отливок с высокими служебными характеристиками.

Изучено влияние температуры металла перед заливкой его в формы на структуру и свойства хромоалюминиевой стали.

С ростом температуры от 1530 до 1710°C трещиностойкость стали улучшается больше, чем в 2 раза, поскольку линейная усадка в диапазоне этих температур уменьшается от 1,82 до 1,35% вследствие увеличения предкристаллизационного периода, во время которого металл очищается от газов, неметаллических включений и других инородных примесей, рис.4.

Однако с повышением температуры металла существенно ухудшаются его механические свойства вследствие образования крупнозернистой структуры. Так, временное сопротивление разрыву металла, залитого в литейную форму при 1710°C, составляет 367 МПа, а при 1530°C – 405 МПа. Уменьшаются также пластические свойства стали и ее окалиностойкость.

Несмотря на легирование стали титаном, перегрев металла приводит к уменьшению количества активных зародышей и образованию крупных зерен, между которыми могут возникнуть как горячие, так и холодные трещины.

Снижение температуры металла перед заливкой его в формы способствует уменьшению зерна и увеличению прочностных характеристик высоколегированной стали с хромом и алюминием.

В условиях литейного института Фрайбергской горной академии (Германия) с использованием микроанализатора JXA-8900 выполнен выборочный дисперсионный анализ образцов диаметром 20 мм, изготовленных из хромоалюминиевой стали 35X30Ю2ТЛ, рис.5.

Анализ показал, что наиболее склонны к ликвации титан и углерод, что хорошо согласуется с литературными данными. Алюминий и хром остаются практически без изменений по всему сечению образца. Это значит, что в условиях высоких температур и агрессивных сред они эффективно будут защищать металл изделия от окисления вследствие равномерного образования пленок и их шпинелей.

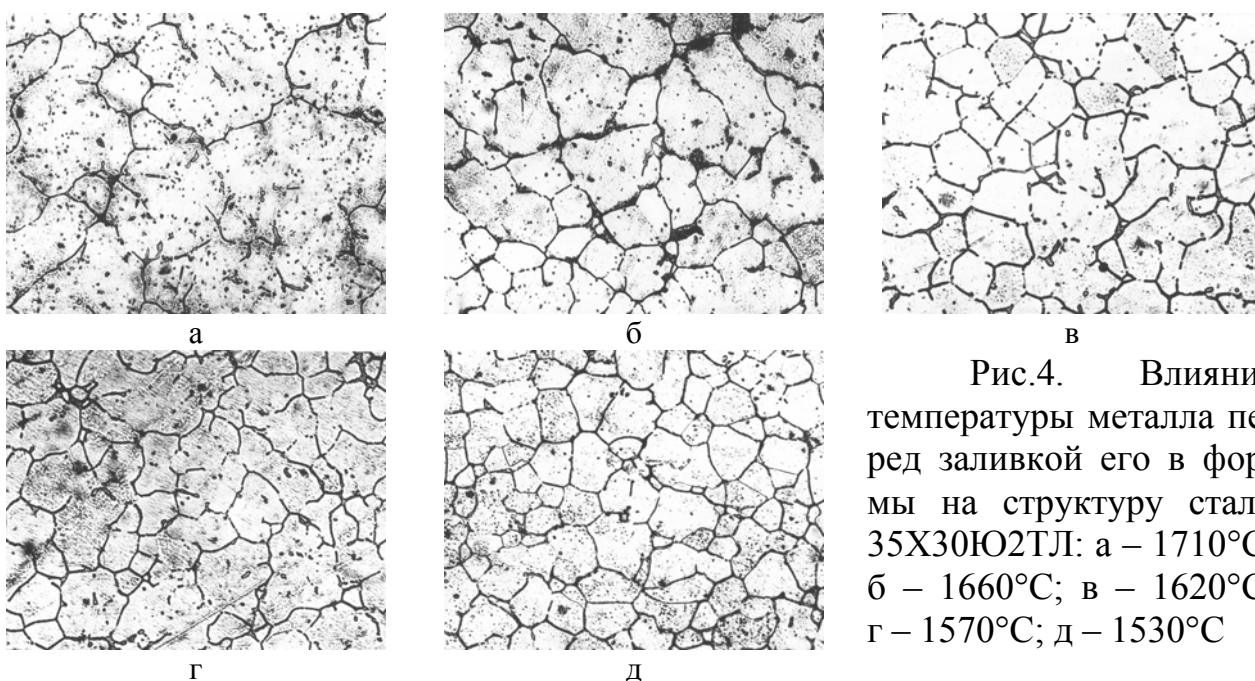


Рис.4. Влияние температуры металла перед заливкой его в формы на структуру стали 35X30Ю2ТЛ: а – 1710°C; б – 1660°C; в – 1620°C; г – 1570°C; д – 1530°C

Следовательно, среднеуглеродистые хромоалюминиевые стали являются перспективным литейным материалом для изготовления жаростойких литых деталей, которые эксплуатируются до 1250°C.

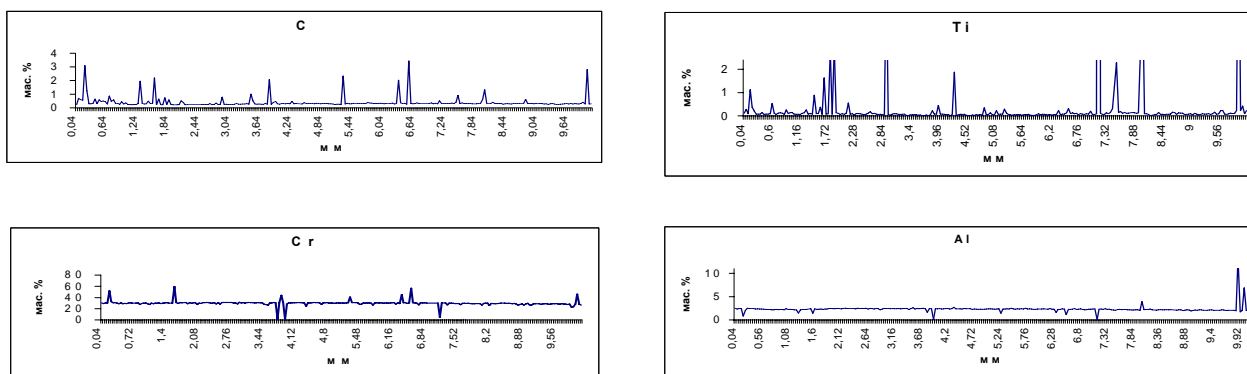


Рис. 5. Распределения легирующих элементов по сечению образца

Выводы:

1. Для обеспечения высоких литейных, механических и эксплуатационных характеристик хромоалюминиевую сталь целесообразно во время выпуска из плавильного агрегата обрабатывать 0,15...0,25 РЗМ (по присадке).

2. Для получения высококачественного расплава хромоалюминиевой стали перед выпуском из плавильного агрегата его необходимо раскислять по схеме: ферромарганец → ферросилиций → 0,2% алюминия, затем вводить необходимое количество ферротитана и алюминия.

3. Температура металла перед заливкой его в литейную форму является одним из главных способов управления технологическим процессом литья. Она выбирается в зависимости от габаритных размеров, геометрии и толщины стенок литой детали. В тех случаях, когда отливки склонны к образованию горячих трещин, заливку сухих форм целесообразно осуществлять при высоких температурах (1600...1650°C).

4. Исследование структуры хромоалюминиевых сталей и распределение основных легирующих элементов по сечению стенок литых изделий определили перспективность их использования для изготовления жаростойких деталей, которые работают в агрессивных средах до 1250°C.

Список литературы

1. *Францевич И.Н.* Высокотемпературное окисление металлов и сплавов. – К.: Гостехиздат, 1963. – 323 с.

2. *Архаров В.И.* Окисление металлов при высоких температурах. – М.: Металлургиздат, 1945. – 171 с.

3. *Приданцев М.В., Ланская К.А.* Стали для котлостроения. – М.: Металлургиздат, 1959. – 303 с.

M.M. Yamshinskiy, G.E. Fedorov, E.A. Platonov, A.E. Kuz'menko Influence of technological factors on structure and properties of heat-resistant chromium-aluminum steel