

ВЫПЛАВКА КАЧЕСТВЕННОЙ СТАЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р.А. Гизатулин, д.т.н., проф., С.Н. Федосеев, асс.

*Юргинский технологический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический институт»*

652055, Россия, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26.

E-mail: steel3war@mail.ru, Тел. 8-(38451)-7-77-61

Аннотация: Одним из действенных методов улучшения качества стали является модифицирование. В статье рассматривается возможность применения природного концентрата в качестве модификатора при выплавке стали. Возможности применения природных материалов при модифицировании стали могут существенно снизить затраты на ее производство и улучшить качество получаемого металла. Приведены основные характеристики используемого материала и полученные при его использовании результаты.

Ключевые слова: циркон, ильменит, сталь, модификатор, прочность.

Abstract: One of effective methods for improving the quality of steel is modifying. The article considers the possibility of using natural concentrate as a modifier in the smelting of steel. The possibilities of using natural materials in the modification of steel can significantly reduce the costs of its production and improve the quality of the resulting metal. The main characteristics of the material used and the results obtained with its use are given.

Keywords: zircon, ilmenite, steel, modifier, strength.

Получение материалов нового поколения, опережающих по своим качествам мировые аналоги, относится к важнейшим задачам создания научно-технического задела в различных областях науки и техники. Особое внимание уделяется легким цветным металлам и сплавам на их основе; материалам, имеющим мелкодисперсную и ультрамелкодисперсную структуру, монокристаллическим, аморфным и порошковым материалам. Получение таких материалов возможно благодаря новым технологиям производства, современному оборудованию и применению дорогостоящих добавок, либо использования технологий с применением комплексных мероприятий для получения данных материалов.

Обработка металла вне печи, направлена на снижение концентрации в нем вредных примесей, загрязнения неметаллическими включениями, улучшение механических и специфических свойств, уровень которых раскрывается в процессе эксплуатации готовых металлических изделий (теплостойкость, усталостная прочность, морозостойкость, устойчивость к коррозии, и т.д.). Меньше загрязнение модифицированного металла является причиной более высоких пластических свойств, в особенности, ударной вязкости при низких температурах и обычных условиях тестирования.

Также эффективность модифицирующей обработки зависит не только от качества исходного металла и свойств модификаторов, но и от приёмов введения модификаторов в жидкий металл. Необходимо сопоставительная оценка всего комплекса качественных показателей модифицированного и обычного металла, а также изменений технологии их производства. Так, при сравнении качество только по величине аустенитного зерна стали 110Г13Л положительного эффекта не наблюдается, более того, при модифицировании его размер может возрасти. Но при этом за счёт очищения границ ударная вязкость отливок существенно повышается.

Модифицирование стали комплексными сплавами, содержащими химически активные элементы – магний, кальций, барий, редкоземельные металлы и др. элементы, является одним из наиболее эффективных способов повышения качества металла. В большинстве случаев, при модифицировании металла, используют в составе комплексных модификаторов редкие и дорогостоящие элементы (Sc, V, Ta, Nb, Tr, Ga и др.), которые в свою очередь требуют больших затрат. Получение данных модификаторов требует больших затрат на производство, что также влечет удорожание конечного продукта.

Одним из таких способов для получения нужных технологических свойств является применение комплексных природных материалов. Данный способ является более дешевым по сравнению с другими и не требует затрат на дополнительное оборудование, а также меньшие подготовительные затраты. Примеров использования таких концентратов является применение ильменит-цирконовых песков Туганского месторождения при модифицировании и микролегировании стального и чугунового литья, химический состав показан в таблице 1.

Таблица 1

Проба	Распределение редкоземельных элементов в составе исходного концентрата								
	Содержание компонентов в продукте								
	Th, г/т	La, г/т	Hf, г/т	Sc, г/т	Ce, г/т	Yb, г/т	Tb, г/т	Ta, г/т	Co, г/т
№1	446	1378	2790	122	2715	191	14,6	63,9	54,7
№2	813	1335	2095	88,4	2054	142	30,5	40,6	25,6
№3	649	1454	2348	105	2514	176	28,3	55,7	49,1

Россыпи подобных песков являются наиболее дешевым источником сырья, и служат основным промышленным источником титановых минералов и циркона. Подобные россыпные месторождения наряду с основным элементом содержат большой перечень других металлов, порой не уступающих основному. В россыпях Туганского месторождения встречаются такие редкоземельные элементы: гафний, иттрий, лантан, ниобий, скандий, тантал, церий, цирконий. Данные элементы имеют большую промышленную ценность в чистом виде, а в комплексном виде могут применяться в виде эффективного и недорогого модификатора стали.

Для более эффективного использования данных россыпей необходимо предварительная обработка, которая позволит повысить эффект использования их при модифицировании стали. Вид обработки может быть различным от механоактивации порошка до экстракции отдельных компонентов. В зависимости от выбранных методов обработки будет зависеть конечный результат и стоимость полученного модификатора.

В ходе опытных плавки на предприятии ОАО «Новосибирский стрелочный завод» были проведены исследования влияния подготовленного модифицирующего порошка содержащего тугоплавкие частицы металлов и криолит, на структуру и механические свойства готовых изделий. Сталь выплавляли по существующей заводской технологии с применением модификатора и без его применения, опытные плавки производились для сталей 110Г13Л, 20Г, 30ХГСА. Анализ полученных изделий проводили на заводской центральной лаборатории завода, где осуществлялось определение крупности зерна, макро- и микроструктурный анализ, механические испытания. Дальнейшие морфологические характеристики образцов определяли с помощью электронного микроскопа Vega II LMU интегрированного с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford INCA Energy 350 (ЦКП ТГУ, г. Томск).

Изучение металла проводилось по длине и объёму заготовок и включало в себя следующие виды испытаний и исследований:

- испытания на растяжение;
- испытания на ударную вязкость при температуре + 20°C и – 50°C;
- определение трещиностойкости и ударной вязкости на образцах с трещиной при температуре – 50°C;
- контроль макроструктуры и излома металла;
- контроль содержания газов (кислорода и азота) в металле;
- исследование характера и контроль содержания неметаллических включений;
- исследование микроструктуры металла;
- контроль размера зерна и его распределения.

Все испытания и исследования (включая подготовку образцов) проводились по стандартизированным методикам, что обеспечивает объективность и сопоставимость их результатов, в том числе и возможность сравнения с результатами ранее проведённых исследований и испытаний, включая испытания серийной продукции.

Испытания на ударную вязкость проводились на образцах по ГОСТ В 5192-78 в соответствии с требованиями ГОСТ 9454-78. Требования ГОСТ В 5192-78 к показателям ударной вязкости при температуре +20°C и – 50°C в зависимости от категории прочности представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Категория прочности	Требования ГОСТ В 5192-78 к показателям ударной вязкости при температуре +20°C и – 50°C в зависимости от категории прочности	
	Ударная вязкость при температуре +20°C КСУ ^{+20°C} , МДж/м ²	Ударная вязкость при температуре – 0°C КСУ ^{-50°C} , МДж/м ²
О-85	0,31	0,20
О-110	0,29	0,20
О-120	0,25	0,20

Контроль макроструктуры металла проводился на макрошлифах, подготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 10243-75. Травление шлифов проводилось в 50% растворе соляной кислоты при температуре 60°C в течение 10–15 минут.

Контроль содержания газов (кислорода и азота) в металле проводился с помощью автоматизированного газоанализатора Eltra ON900. Принцип работы данного газоанализатора заключается в расплавлении навески известной массы в потоке нейтрального газа, который захватывает и переносит кислород и азот, выделяющийся из расплавленного металла к спектральному детектору. Детектор регистрирует интегральное содержание кислорода и азота в проходящем потоке и вычисляет массу и содержание газов в металле микрообразца. Для повышения точности определения содержания газов процедура газового анализа проводилась неоднократно для каждого образца, а результаты подвергались статистической обработке.

Анализ загрязненности стали неметаллическими включениями осуществлялся на нетравленных шлифах по стандарту ASTM E1245-03 и по ГОСТ 1778-70 (с учётом возможностей современной вычислительной техники определение балла включений проводилось не по шести полям зрения, а по всей поверхности шлифа) с использованием соответствующих модулей анализатора изображений Thixomet.Pro.

Результаты испытаний заготовок в объёме приёмо-сдаточных испытаний после термической обработки по различным режимам представлены в таблице 3. Результаты периодических испытаний заготовок №№ Р6942А2 и Р6986А1, прошедших окончательную термическую обработку по двум разным режимам. Для достижения устойчивых и более высоких показателей механических свойств, прежде всего по показателям относительного сужения и ударной вязкости при отрицательной температуре, были проведены дополнительные исследования и отработка режимов закалки и отпуска.

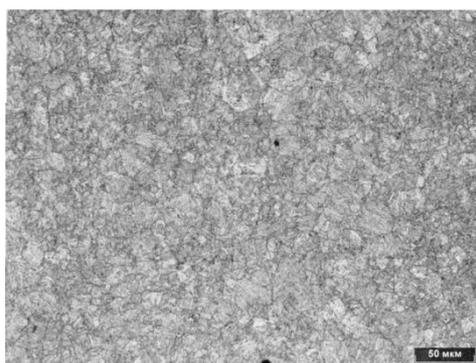


Рис.1. Фотография микроструктуры металла

Таблица 3

Результаты периодических испытаний заготовки деталей № Р6942А2-1, № Р6986А1-1

Режим ТО	№ № обр	$\sigma_{пл}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	Вид изл.	KCU ^{+20 °C} , МДж/м ²	KCU ^{-50 °C} , МДж/м ²	KCT ^{-50 °C} , МДж/м ²	K _{1C} ^{-50 °C} , Н/мм ^{3/2}
Заготовка № Р6942А2-1											
Реж.№1	К	1187	1295	1413	11, 5	35,0		0,29	0,20	0,12	2815
		1187	1295	1413	11, 5	33,0		0,29	0,20	0,11	2600
	Д	1197	1344	1472	9,6	33,0		0,29	0,20	0,10	2443
		1187	1324	1472	9,6	21,5		0,27	0,20	0,09	2099
Заготовка № Р6986А1-1											
Реж.№1	К	1207	1354	1491	9,0	28,0		0,27	0,20	0,08	1913
		1216	1344	1481	10, 0	26,0		0,27	0,24	0,09	2021
	Д	1207	1324	1491	9,0	30,0		0,29	0,20	0,09	2227
		1197	1334	1501	9,6	30,0		0,27	0,20	0,08	2325

Результаты испытаний заготовок №№ Р6942А2-1 и Р6986А1-1 с разрезкой по длине показывают, что колебания показателей свойств металла (в первую очередь, ударной вязкости при пониженной температуре) наблюдаются не только по концам заготовок, но и по длине. При этом заготовка № Р6986А1-1, термически обработанная по режиму № 2, имеет более равномерные показатели свойств по всей длине.

Таблица 4

Наименования шкал	№№ темплетов по длине заготовки				
	15	22	16	17	18
Кристалличность излома	II	I	I	I	I
Шиферность излома	II	II	II	II	I
Загрязнённость металла неметаллическими включениями	II	I	I	I	I

Таблица 5

№№ заготовок	Содержание элементов, %							
	Sn	As	Pb	Sb	Zn	Bi	Al	Ti
Р6942А2-1	0,009	0,012	< 0,001	0,003	< 0,001	0,002	< 0,005	0,020
Р6986А1-1	0,006	0,012	< 0,001	0,002	< 0,001	0,001	0,010	0,022

Таблица 6

№№ темплетов по длине заготовки	Кислород		Азот	
	Концентрация	Среднее отклонение	Концентрация	Среднее отклонение
1	0,0058	0,0017	0,0062	0,0004
4	0,0088	0,0017	0,0069	0,0004
7	0,0068	0,0011	0,0068	0,0003

Из представленных данных видно, что среднее содержание газов в металле обеих заготовок довольно высокое, но укладывается в пределы, установленные требованиями Технического задания (не более 0,008 % каждого).

По полученным данным можно судить о положительном влиянии данной модифицирующей смеси на качество полученного металла. Для получения более полных данных о влиянии комплексных модифицирующих смесей нужны дальнейшие исследования и испытания. Необходима отработка технологии самого модифицирования, т.к. от способа ввода модификатора зависит его усвоение и дальнейшее влияние на структуру и свойства металла. Также необходимо учитывать количество вводимой смеси и ее состав, для получения желаемого результата. В большей степени также зависит и от условий скорости охлаждения и последующей термической обработки сплава, что является конечной стадией получения готового изделия. Изучение подобных условий взаимодействий модифицирующей смеси представляет интерес по исследованию влияния дисперсности и распределения нерастворимых примесей на механические свойства композиционных сплавов, однако таких данных еще очень мало.

Литература.

1. Неймарк В.Е. Модифицированный стальной слиток // М.: Металлургия. – 1977 – 200 с.
2. Крещановский Н.С., Сидоренко М.Ф. Модифицирование стали // М.: Металлургия. – 1970 – 296 с.
3. Черепанов А.Н., Полубояров В.А., Калинина А.П., Коротгаева З.А. Применение ультрадисперсных порошков для улучшения свойств металлов и сплавов // Материаловедение. – 2000 – № 10 – С. 45-53.

4. Комаров О.С., Волосатиков В.И., Проворова И.Б. Комплексное модифицирование стали // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2013. – № 3. – С. 48-51.
5. Зыкова А.П., Федосеев С.Н., Лычагин Д.В. Модифицирование стали 110Г13Л ультрадисперсными порошками оксидов тугоплавких металлов // Справочник. Инженерный журнал с приложениями. – 2014. – № 9 (210). – С. 3-7.
6. Полубояров В.А., Коротаева З.А., Черепанов А.Н., Калинина А.П., Корчагин М.А., Ляхов Н.З. Применение механически активированных ультрадисперсных керамических порошков для улучшения свойств металлов и сплавов // Наука производству. – 2002 – № 2 – С. 2-8.
7. Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Дмитриенко В.И., Платонов М.А. Легирование и модифицирование стали с использованием природных и техногенных материалов. – Томск: ТПУ. – 2013 – 320 с.
8. Федосеев С.Н. Исследование влияния модификатора на изменение структуры и свойств марганцевистой стали // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. – 2015. – № 34. – С. 19-24.
9. Белов Б.Ф., Николаев Г.А., Позняк Л.А. Улучшение качества непрерывнолитой стали путем микрولةгирования плакированными порошковыми модификаторами // Сталь. – 1992. – № 1. – С. 24-27.
10. Калинин В.Т., Хрычиков В.Е., Кривошеев В.А. Технологические особенности модифицирования литейных расплавов ультрадисперсными реагентами и перспективы их применения при производстве отливок // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 38-42.
11. Федосеев С.Н., Некрасова А.А. Анализ комплексного модифицирования стали // Актуальные проблемы современного машиностроения. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Юргинский технологический институт. Томск. – 2014. – С. 275-278.
12. Быховский Л.З., Зубков Л.Б., Осокин Е.Д. Цирконий России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы // Минеральное сырье. Сер. геол.-экономич. – М.: ВИМС. – 1998. – № 2.

НАРЕЗАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ РЕЗЬБЫ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

Н.С. Дудак, к.т.н., доц., А.Ж. Касенов, к.т.н., Г.Т. Итыбаева, к.т.н., Ж.К. Мусина, к.т.н.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

140008, г. Павлодар ул. Ломова 64, тел. (7182)-67-36-30

E-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Аннотация: Предложены конструкции комбинированных металлорежущих резьбонарезных инструментов для нарезания внутренней резьбы, применение которых обеспечивает объединение в одну операцию двух-трёх операций подготовки отверстия и нарезания резьбы при использовании традиционных существующих инструментов, сокращают время обработки и исключают появление дополнительной погрешности базирования на отдельной операции его использования, т.е. достигается повышение точности нарезаемой резьбы за счёт исключения обработки с переменной баз и исключения погрешности базирования предыдущих операций.

Нарезание внутренней резьбы комбинированными металлорежущими резьбонарезными инструментами, применение которых обеспечивает объединение в одну операцию двух-трёх операций подготовки отверстия и нарезания резьбы при использовании традиционных существующих инструментов, сокращают время обработки и исключают появление дополнительной погрешности базирования на отдельной операции его использования, т.е. достигается повышение точности нарезаемой резьбы за счёт исключения обработки с переменной баз и исключения погрешности базирования предыдущих операций.

Разработан комбинированный трёхступенчатый инструмент «Расточной резец-гребёнка-метчик» схема, характеризующая способ нарезания внутренней резьбы с предварительной подготовкой отверстия расточным резцом (первая ступень инструмента) для нарезания резьбы гребёнкой (вторая ступень инструмента) перед окончательным нарезанием резьбы метчиком (третья ступень инструмента) представлена на рисунке 1.

На рисунке 1 обозначены: l_p – длина режущей части первой ступени инструмента (расточного резца); l_k – длина канавки между первой и второй ступенями комбинированного инструмента (между расточным резцом и резьбонарезной гребёнкой); l_{rp} – длина режущей части второй ступени комбинированного инструмента (резьбонарезной гребёнки); l_{pr} – суммарная длина первой и второй ступеней (расточного резца и резьбонарезной гребёнки); l_0 – длина участка режущей кромки первой