



The influence of complex microalloying on physical and mechanical characteristics of medium-carbon steel 40G2L is shown.

В. В. ВОЛИК, Л. К. ЧЕБОТАРЬ, В. В. ЛУНЕВ,
Запорожский национальный технический университет

УДК 621.74

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ 40Г2Л

На сегодняшний день проблемы повышения качества литейных низколегированных сталей являются очень актуальными. Серу, которую принято считать вредной примесью, удаляют из металла путем процесса десульфурации, который является относительно трудоемким и дорогостоящим. Однако при плавке сталей в печах с кислой футеровкой десульфурацию сталей провести невозможно. Поэтому для получения качественного металла с высокими механическими свойствами завкалка должна состоять из металлического лома, содержащего низкие концентрации серы. Такое условие создает трудности при производстве сталей в кислых печах.

Нами были проведены экспериментальные плавки, направленные на нейтрализацию вредного

влияния серы в среднеуглеродистых сталях без процесса десульфурации. В качестве опытной стали была выбрана низколегированная конструкционная сталь марки 40Г2Л.

Плавку проводили в индукционной печи с кислой футеровкой, процесс микролегирования осуществляли в ковше.

Повышенные концентрации азота (0,035–0,042%) в стали были достигнуты вводом азотированного ферромарганца в печь перед выпуском металла. Для получения высокого содержания серы в печь добавляли сернистое железо.

Варианты комплексного микролегирования исследуемой стали и результаты механических испытаний образцов приведены в таблице.

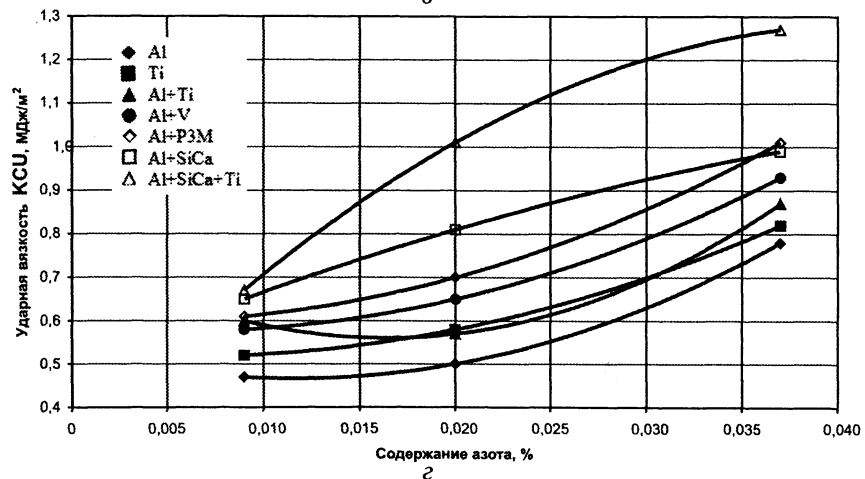
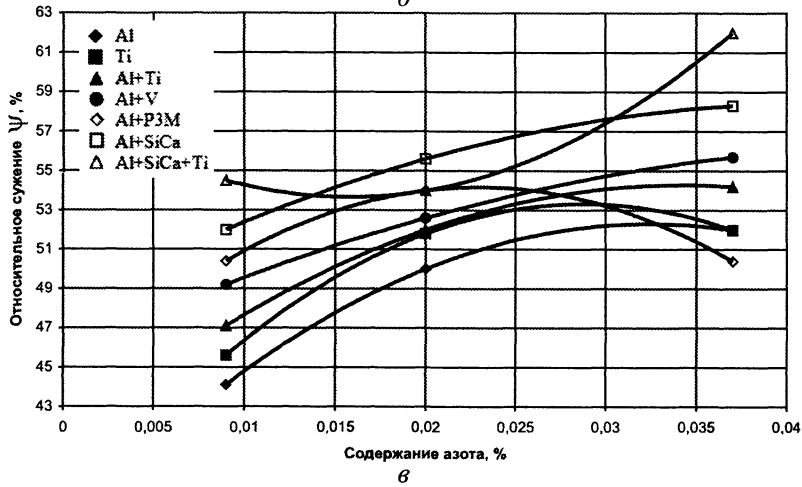
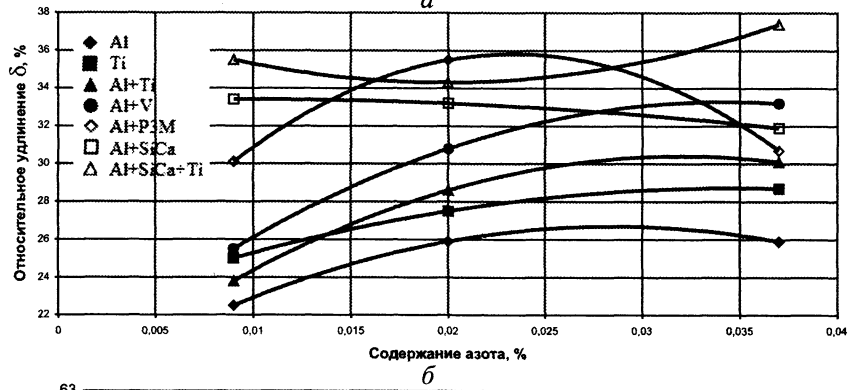
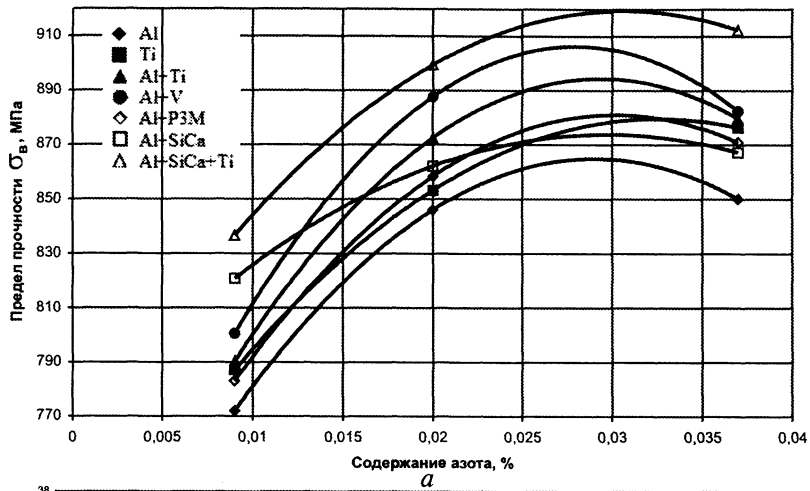
Механические свойства опытной стали 40Г2Л, выплавленной с повышенными содержаниями азота (0,024–0,042 мас.%) и серы (0,024–0,045 мас.%)

Вариант микролегирования	Механические свойства			
	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	KCU, МДж/м ²
0,20% Al	850	26	52	0,78
0,20% Ti	876	29	52	0,82
0,20% Al + 0,20% Ti	879	30	54	0,87
0,20% Al + 0,20% V	882	33	56	0,93
0,20% Al + 0,20 PЗМ	870	31	50	1,01
0,20% Al + 0,20% SiCa	867	32	58	0,99
0,20% Al + 0,20% Ti + 0,20% SiCa	912	37	62	1,27

На рисунке показано влияние разработанных вариантов комплексного микролегирования при различных концентрациях серы и азота на формирование физико-механических свойств и ударной вязкости низколегированной стали 40Г2Л.

По результатам проведенной работы установлено, что по сравнению с ранее выполненными исследованиями, где в качестве модификатора для

низколегированных литейных сталей использовался только азот, дополнительное микролегирование титаном, ванадием и элементами с высоким сродством к сере (PЗМ, SiCa) приводит к повышению показателей прочности, пластичности и ударной вязкости значительно существеннее, чем при модифицировании стали только азотом.



Влияние вариантов комплексного модифицирования на физико-механические свойства стали 40Г2Л с повышенными содержаниями азота (до 0,042%) и серы (~0,045%)

Установлено, что для металла с высокой концентрацией (~0,045 мас.%) серы и повышенным содержанием (от 0,034 до 0,042%) азота наиболее оптимальным является вариант с 0,2% алюминия совместно с 0,2% титана и 0,2% силикокальция. Уровень свойств стали как прочностных, так и пластических, а также ударной вязкости является наиболее значительным: σ_B – 912 МПа, δ – 37%, ψ – 62%, КСЧ – 1,27 МДж/м².

Использование 0,15% ванадия вместе с 0,2% алюминия и повышенными концентрациями азота также является эффективным вариантом для повышения свойств и рекомендовано многими литературными источниками и научными разработками практически для всех марок сталей, в том числе и для низколегированных. Но, как свидетельствуют данные наших экспериментальных исследований, показатели свойств при отмеченном варианте (Al+Ti+SiCa) для металла с высокой серой значительно выше, чем при применении всех других вариантов комплексного микролегирования стали 40Г2Л.

Использование алюминия в качестве раскислителя-модификатора азотсодержащих низколегированных сталей нецелесообразно. Его позитивное

влияние проявляется только при малых концентрациях. Поэтому в качестве заменителя алюминия лучше использовать титан в количестве 0,15–0,20%.

Кроме того, использование титана в составе вариантов комплексного микролегирования для низколегированных сталей обуславливает его преимущество над другими нитридообразующими элементами (ванадий, цирконий) за счет намного меньшей дефицитности.

Полученные экспериментальные результаты по разработке и испытанию различных вариантов комплексного микролегирования на формирование свойств низколегированных сталей создают предпосылки для разработки рекомендаций по усовершенствованию технологических процессов с целью получения в промышленных условиях высококачественных экономнолегированных литейных сталей с повышенными физико-механическими свойствами. Предлагаемый вариант комплексного микролегирования (0,20% Al + 0,20% Ti + 0,20% SiCa) стали 40Г2Л позволяет выплавлять металл даже с высоким (до 0,045%) содержанием серы, не применяя при этом дорогостоящий и трудоемкий процесс десульфурации.