

А.С.Козачёк, Э.В.Приходько, Л.А.Головко, Т.А.Калашникова

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ И МИКРОЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

Представлен подход к прогнозированию механических свойств в зависимости от химического состава на основе теории физико-химического моделирования структуры многокомпонентных материалов. Предложенный подход позволит корректировать химический состав стали в зависимости от требуемых механических свойств проката в условиях интегрированного металлургического производства, включающего выплавку стали, непрерывную разливку и прокатку. Разработана прикладная методика оценки влияния легирующих и микролегирующих элементов на показатели качества металлопродукции.

химический состав стали, свойства проката, физико-химическое моделирование

Состояние вопроса. Разработанная методология физико-химического моделирования, математический аппарат построения прогнозных моделей и средств оптимизации с широкой графической интерпретацией результатов являются эффективным инструментарием для комплексной реализации многопланового вычислительного эксперимента для априорной оценки влияния элементов матричной, легирующей, микролегирующей подсистем на механические свойства сталей. В ходе исследования получены результаты, позволяющие оценивать роль влияния конкретного легирующего элемента в комплексе с основным составом на свойства проката.

Цель исследования. В связи с отсутствием для стали СВ-10НМА экспериментальной информации типа «состав – свойства» для прогнозирования влияния колеблемости содержания Ni и Mo на свойства этой стали были использованы результаты обработки информации о составе и свойствах близких по назначению и свойствах сталей. Так, для расчета показателя предела прочности σ_B и для относительного сужения ψ предлагается уравнения, которые описывают объединенный массив данных для сталей СВ08Г1НМА и СВ08Г2С:

$$\sigma_B = 36923 - 14176d + 2894Z^Y \quad r=0,74 \quad (1)$$

$$\psi = -1227 + 514d - 122Z^Y \quad r=0,76 \quad (2)$$

где, Z^Y – химический эквивалент состава, суммирующий данные о зарядах компонентов с учетом вероятностей образования их в квазигомогенном сплаве;

d – модельный структурный параметр, характеризующий среднестатистическое межзатомное расстояние в таком сплаве [2].

Результат исследования. Используя методологию физико-химического моделирования, оценить последствия изменения содержания в стали СВ–10НМА никеля и молибдена [1] на ее механические свойства.

В процессе исследования выяснилось, что численные значения исследуемых свойств для исследуемых сталей существенно зависят не только от соотношения концентраций никеля и молибдена, но и от соотношения концентраций марганца и кремния. В связи с этим признано целесообразным рассмотреть влияние Ni и Mo для трех базовых вариантов составов 1) C=0,08%; Mn=0,55%; Si=0,22%, 2) C=0,08%; Mn=0,70%; Si=0,30% и 3) C=0,08%; Mn=0,40%; Si=0,15%; т.е. на среднем, верхнем и нижнем уровнях концентраций. Представление о значимости колеблемости концентраций всех компонентов дано в виде таблиц 1–2. Используя сочетание уравнений (1) и (2) можно рассчитать диаграммы изменения свойств в любых заданных сечениях данной части концентрационного многогранника C–Mn–Si–Ni–Mo–Fe. В качестве примера на рис. 1 приведены в графическом виде зависимости σ_b и ψ от соотношения концентраций молибдена и никеля с базовой концентрацией марганца и кремния 0,55% и 0,22% соответственно. В то же время роль колеблемости кремния, по-видимому, недооценивается (рис.2).

Таблица 1. Химсостав и рассчитанные свойства стали с матрицей (C=0,08; Mn=0,55; Si=0,22)

№	C	Mn	Si	Ni	Mo	d	Z^y	σ_b	Ψ
1	0,08	0,55	0,22	0,8	0,25	2,8086	1,1839	534,5	72,2
2	0,08	0,55	0,22	1,0	0,35	2,8090	1,1894	544,7	71,7
3	0,08	0,55	0,22	1,2	0,45	2,8094	1,1948	554,7	71,3
4	0,08	0,55	0,22	1,4	0,60	2,8099	1,2013	566,4	70,7
5	0,08	0,55	0,22	1,8	0,25	2,8089	1,2007	578,9	70,3
6	0,08	0,55	0,22	1,2	0,20	2,8086	1,1896	550,9	71,5
7	0,08	0,55	0,22	1,8	0,25	2,8089	1,2007	578,9	70,3
8	0,08	0,55	0,22	1,0	0,35	2,8090	1,1894	544,7	71,7
9	0,08	0,55	0,22	1,6	0,40	2,8093	1,2005	572,6	70,5

Таблица 2. Химсостав и рассчитанные свойства стали с матрицей (C=0,08; Mn=0,40; Si=0,15)

№	C	Mn	Si	Ni	Mo	d	Z^y	σ_b	Ψ
1	0,08	0,40	0,15	0,8	0,25	2,8104	1,1773	489,9	73,9
2	0,08	0,40	0,15	1,0	0,35	2,8108	1,1828	500,1	73,4
3	0,08	0,40	0,15	1,2	0,45	2,8111	1,1883	511,8	72,9

4	0,08	0,40	0,15	1,4	0,60	2,8116	1,1948	523,5	72,4
5	0,08	0,40	0,15	1,8	0,25	2,8106	1,1942	535,9	71,9
6	0,08	0,40	0,15	1,2	0,20	2,8103	1,1831	508,1	73,2
7	0,08	0,40	0,15	1,8	0,25	2,8106	1,1942	535,9	71,9
8	0,08	0,40	0,15	1,0	0,35	2,8108	1,1828	500,1	73,4
9	0,08	0,40	0,15	1,6	0,40	2,8111	1,1940	528,3	72,2

Из приведенной ниже зависимости видно, что основное влияние на предел прочности оказывает никель, с повышением его концентрации с 0,8 до 1,2% показатели увеличиваются на 20 единиц.

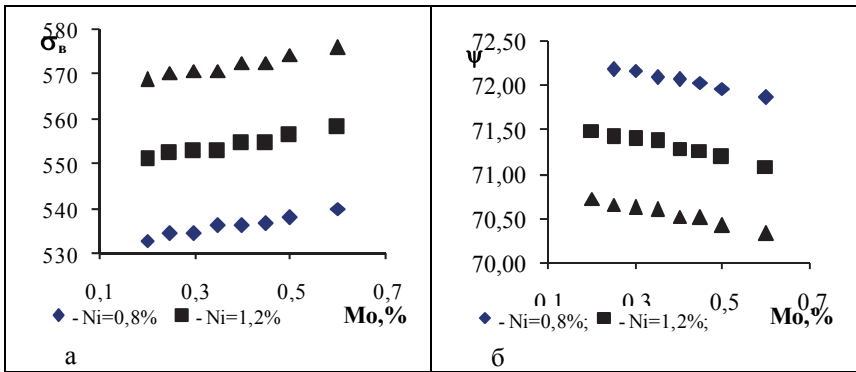


Рис.1. Влияние содержания молибдена и никеля с базовым содержанием 0,55% марганца и 0,22% кремния на а) – предел прочности, Н/мм², б) – относительное сужение, %.

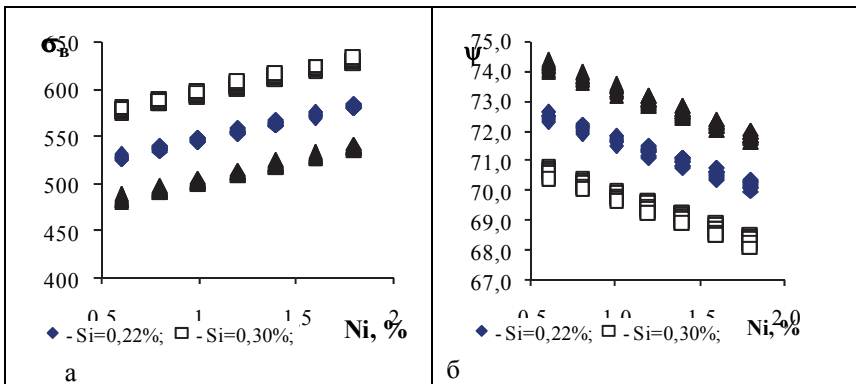


Рис.2. Зависимость а – предела прочности, Н/мм² и б – относительное сужение, %, от соотношения концентраций никеля и кремния

На представленном графике прослеживается четкое влияние кремния на механические свойства стали, что позволяет сделать вывод, о целесообразности ввода в сталь более дешевого кремния, а не никеля.

Выводы. Предлагаемые исследования позволяют с высокой точностью, достоверно оценить влияние основных и микролегирующих элементов. Спрогнозировать изменения механических свойств в зависимости от содержания одного или комплекса элементов, как в текущих, так и в проектных условиях.

1. *Козачёк А.С.* Исследование влияния различных сочетаний концентраций кремния, марганца, никеля, хрома, молибдена, ванадия и кобальта на механические характеристики высокопрочных сталей. / А.С. Козачёк, Э.В. Приходько // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии* [сб. науч. тр.] Днепропетровск: ИЧМ им. З. И. Некрасова НАНУ, –2008. –№18. – С. 216–221.
2. *Приходько Э.В.* Методика определения параметров направленного межатомного взаимодействия в молекулярных и кристаллических соединениях // *Металлофизика и новейшие технологии.* – 1995. – т.17. – №11.– С. 54–62.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук. Д.Н.Тогобицкой*

О.С.Козачок, Е.В.Приходько, Л.А.Головки, Т.О.Калашинікова

Дослідження впливу основних і мікролегуєчих елементів на міцності властивості сталі

Представлено підхід щодо прогнозування механічних властивостей сталі залежно від хімічного складу на основі теорії фізико – хімічного моделювання структури багатокomпонентних матеріалів. Запропонований підхід дозволить коректувати хімічний склад сталі залежно від необхідних механічних властивостей прокату в умовах інтегрованого металургійного виробництва, що включає виплавку сталі, безперервне розливання і прокатування. Розроблено прикладну методику оцінювання впливу легуєчих і мікролегуєчих елементів на показники якості металопродукції.