

перед фронтом кристаллизации и уменьшение межосных расстояний кристаллита. Снижение химической неоднородности предотвращает образование неравновесных фаз в межосных участках дендрита, и это вызывает повышение пластичности металла. Влияние модификаторов III-й группы на химическую неоднородность дендрита усложняется тем, что несмотря на значительную растворимость в твердой фазе, они все в присутствии углерода имеют высокий коэффициент сегрегации. Так, например, в углеродистой стали, содержащей 0.44 % С, коэффициент ликвации ванадия составил 2.5, а ниобия — 4.3. При малых содержаниях ниобия (0.1...0.15 %) карбидная эвтектика имеет вид сетки карбидов, лежащих по границам дендритных ветвей [3]. Таким образом, модифицирующий эффект этих элементов основан на их значительной ликвации в присутствии углерода и азота.

1. Неймарк В. Е. Модифицированный стальной слиток. — М.: Металлургия, 1977.—200 с.
2. Бабаскин Ю. З. Структура и свойства литой стали. — К.: Наук. думка, 1980.—240 с.
3. Сабуров В. П. Выбор модификаторов и практика модифицирования литейных сплавов. — Омск: ОПИ, 1994.—94 с.

CATEGORIZATION OF MODERN MODIFIERS AND THEIR USING FOR PROCESSING THE ALLOYS OF DIFFERENT PURPOSE

O. M. Shapovalova, A. V. Kalinin

It is designed and introduced in the production the manycomponents modifiers-microligatures of Fe-C alloys obtained without melting. A categorization of existing modifiers upon their influence according to the structure and properties of alloys is formed.

УДК 669.295.04

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕРЫ С МАРГАНЦЕМ В СТАЛИ 07ЮТ, ОБРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ ИЗ ОТХОДОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© О. М. Шаповалова, Т. В. Носова

Дніпропетровський національний університет

Досліджено багатоконпонентну систему — сталь 07ЮТ. Встановлено нові факти комплексного впливу сірки, марганцю та інших елементів на механічні властивості сталі для глибокої витяжки. Знайдено оптимальний вміст сірки у сталі 07ЮТ.

В аэрокосмической и других отраслях промышленности постоянно образуются отходы (стружка цветных металлов Al, Ti, Mg, шлаки, шламы, конденсаты, углерод, углеродные материалы).

Ранее разработаны способы, материалы, технологии получения из них высокоэффективных раскислителей-модификаторов-микролигатур. Были обработаны огромные массивы экспериментальных данных и построены объемные поверхности комплексного влияния марганца и серы на механические свойства стали 07ЮТ. Эксперименты проведены в промышленном масштабе. Достоверность полученных данных подтверждена надежным статистическим материалом (300 промышленных плавов по 150 т каждая).

Исследуемая сталь 07ЮТ применяется для кингстонирувания спрессованного сена в агропромышленности. Недостаточная пластичность проволоки из этой стали приводила к ее хрупкому разруше-

нию, попаданию в желудок животному и его гибели. Поэтому обеспечение требуемой прочности с достаточной пластичностью для этой стали важно.

Сталь 07ЮТ представляет собой сложную многокомпонентную систему из взаимосвязанного набора элементов. В состав этой системы входят углерод, марганец, кремний, сера, фосфор, алюминий, титан. Марганцу принадлежит особая роль в образовании связей с серой. Этот важный элемент обладает повышенным химическим сродством к сере, есть практически во всех марках стали и образует с железом растворы, близкие к совершенным. Связи марганца с кислородом проявляются не так четко, как с углеродом, кремнием, алюминием. Железо соединяется с серой, образует сульфид FeS, который сильно охрупчивает сталь. Марганец прочно связывает серу в пластичное соединение MnS, устраняя тем самым вредное, охрупчивающее влияние, которое оказывает на сталь сульфид FeS.

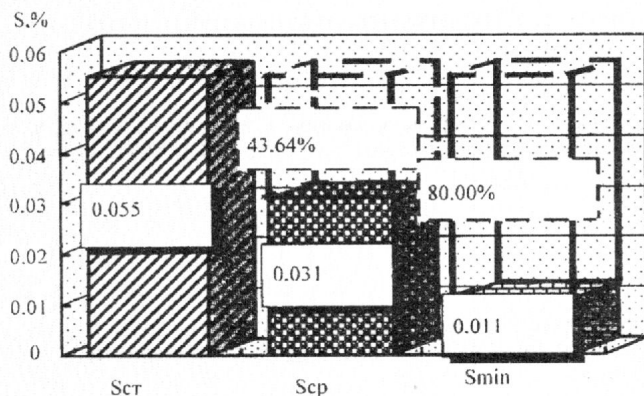


Рис. 1. Содержание серы в стали 07ЮТ и ее относительное изменение от стандартного значения: S_{ct} — по ВТУ; S_{cp} — в плавках со средним содержанием; S_{min} — в плавках с минимальным содержанием

Марганец с серой образуют сульфиды: MnS , Mn_2S_3 , MnS_2 . Для сульфидов MnS и MnS_2 характерны высокие значения энтальпий образования — $\Delta H_{298}^\circ = 205.15$ кДж/моль и — $\Delta H_{298}^\circ = 207.25$ кДж/моль соответственно. Марганец и сера имеют большую разницу в свойствах $T_{пл}^{Mn} = 1260$ °C, $T_{пл}^S = 112.8$ °C, радиус атома марганца $r = 0.130$ нм, а радиус атома серы $r = 0.104$ нм, $\Delta r_{Mn-S} = 20$ %, благодаря чему образуют область несмешиваемости в жидком состоянии, обогащенную Mn и S в широком концентрационном интервале от 0.3 % до 33.2 % S. Марганец может соединяться с серой, образуя высокотемпературное конгруэнтно плавящееся соединение, устойчивое до 1610 °C, т. е. выше температуры плавления стали ($T_{пл} = 1300$ —1400 °C, в зависимости от марки стали).

На основании термодинамического анализа выявлено, что сера имеет более сильное сродство к марганцу, чем к железу, поэтому при значительных добавках к стали марганца образуются, в основном, сульфиды марганца, которые более пластичны в сравнении с сульфидами железа.

Поскольку атомный радиус серы (0.104 нм) отличается от атомного радиуса железа (0.126 нм) на 17.5 %, сера должна была бы упрочнять сталь, размещаясь в кристаллической решетке железа. Нашими исследованиями большого массива экспериментальных данных (150 промышленных плавок), полученных при внепечной обработке стали 07ЮТ технологической добавкой ДТ1, впервые установлено:

— среднее содержание серы после раскисления новыми добавками из отходов уменьшилось на

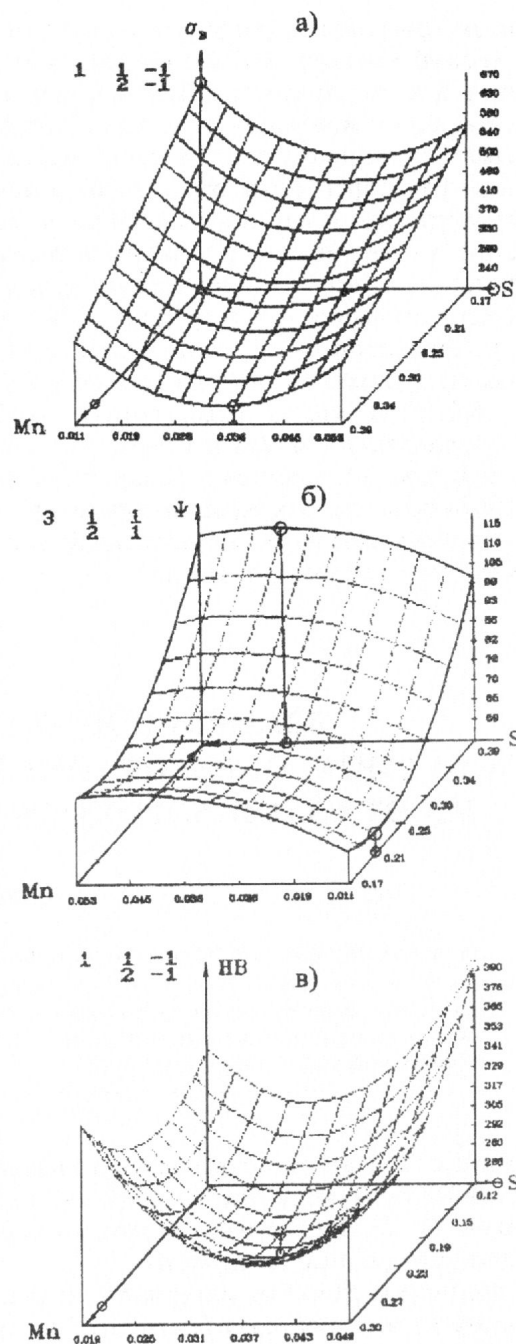


Рис. 2. Объемная поверхность комплексного влияния марганца и серы на механические свойства стали 07ЮТ: а — прочность; б — пластичность; в — твердость

44 % в сравнении с допустимым значением по ВТУ, минимальное содержание серы в стали ($S = 0.011$ %) отличалось от требований технических условий на 80 %, а от среднестатистических данных — на 36 % (рис. 1);

— изменение предела прочности $\Delta \sigma_B$ на 24 МПа

и относительного сужения $\Delta\psi$ на 33.3 % под влиянием 0.01 % S при взаимодействии с марганцем;

— наибольшее влияние от каждого 0.01 % S при наличии 0.02 % Ti;

— повышение пластичности ψ на 30 % и снижение предела прочности σ_B на 50 % под влиянием серы при наличии марганца (рис. 2);

— оптимальное содержание серы равное 0.04 % S, которое обеспечивает стабильность механических свойств.

Полученные результаты позволяют расширить внедрение новых раскислителей-модификаторов

микролигатур на металлургических заводах Украины взамен дефицитных и дорогостоящих материалов.

INFLUENCE OF MANGANESE AND SULPHURE IN STEEL 07YuT, TREATMENTING BY TECHNOLOGICAL ADDITIVES FROM WASTES OF AEROSPACE INDUSTRY

O. M. Shapovalova, T. V. Nosova

The multicomponent system — steel 07YuT is investigated. The new facts of complex influence of sulphur, manganese and other elements on stress-strain features of steel for deep pulling are established. The optimum contents of sulphur in steel 07YuT is established.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С ДИСКРЕТНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ НАГРУЗКАХ

© С. Э. Штанцель

Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України

В рамках геометрично нелінійної теорії оболонок і стержнів розглядаються рівняння руху тришарових сферичних оболонок з дискретним наповнювачем при осесиметричному нестационарному навантаженні. Побудовано чисельний алгоритм, який дозволяє ефективно досліджувати нестационарні хвильові процеси в дискретно-неоднорідних по товщині пружних структурах.

Дискретно-неоднородная по толщине упругая структура сферического типа представляет собой систему, которая состоит из внутренней и внешней гладких сферических оболочек (внутренняя и внешняя обшивки) с соответствующими толщинами и радиусами срединных поверхностей [1]. Оболочки жестко соединены между собой дискретными ребрами. Предполагается, что рассматриваемая трехслойная конструкция подвергается действию внутренней (или внешней) нестационарной распределенной нормальной нагрузки $P_3(s, t)$, где s, t — пространственная и временная координаты.

Математической моделью процесса динамического деформирования трехслойной упругой структуры с дискретным наполнителем является гиперболическая система нелинейных дифференциальных уравнений типа Тимошенко. При выводе уравнений движения рассматриваемой структуры используется вариант геометрически нелинейной теории тонких оболочек в квадратичном приближении [2]. Деформированное состояние внутренней и внешней

сплошных сферических оболочек определяется соответствующими составляющими обобщенных векторов перемещений $U_1 = (u_1^1, u_3^1, \varphi_1^1)^T$ и $U_2 = (u_1^2, u_3^2, \varphi_1^2)^T$. Внутренний наполнитель моделируется системой дискретных ребер. При этом полагается, что деформированное состояние j -го ребра определяется обобщенным вектором перемещения центра тяжести его поперечного сечения $U_j = (\{u_{1j}, u_{3j}, \varphi_{1j}\})^T$. Исходя из предположений жесткого соединения дискретных ребер со сферическими обшивками, записываются условия контакта центров тяжести ребер с обшивками

$$u_{1j} = u_1^i(s_j) \pm h_j^i \varphi_1^i(s_j), \quad (1)$$

$$u_{3j} = u_3^i(s_j),$$

$$\varphi_{1j} = \varphi_1^i(s_j),$$

$$i = 1, 2; \quad j = 1, \dots, J;$$

где s_j — координата линии сопряжения центра