

Вместе с тем благородство титановых сплавов выражалось в том, что пластические свойства и ударная вязкость хотя и уменьшились, но оставались в пределах требуемых норм (табл. 1):

Наиболее предпочтительными для низких и криогенных температур являются сплавы ВТ6С (до -196°C) и сплав ВТ5-1 (до -153°C), как имеющие структуру однородного твердого раствора.

Таким образом, титановые сплавы обладают уникальными свойствами при отрицательных и криогенных температурах, что позволяет широко применять их не только в космической и оборонной технике, но и во всех отраслях промышленности, поскольку в химической, строительной, пищевой, металлургической и др отраслях требуется работа материала в широком диапазоне температур от отрицательных до комнатных и положительных.

ВЫВОДЫ

1. Установлена зависимость величины прочности от температуры испытаний в области отрицательных и криогенных температур.

2. Доказано, что степень упрочнения титановых сплавов с понижением температуры зависела от степени их легированности.

3. На основании пункта 2 сплавы разделены на три группы: нелегированные, среднелегированные и высоколегированные материалы, каждый из которых упрочняется по своим закономерностям.

4. Выданы научно обоснованные рекомендации по

использованию при низких и криогенных температурах наиболее подходящих сплавов ВТ6С и ВТ5-1.

5. Показано, что понижение температуры обуславливает уменьшение ударной вязкости, относительного удлинения и сужения, которые однако, по абсолютной величине находятся в пределах предъявляемых требованиями.

1. Шаповалова О. М., Иванова Л. Н. Влияние содержания легирующих элементов и примесей на прочность титановых сплавов // Строительство, материаловедение, машиностроение. — Днепропетровск: ПГАСИА, 2001.—С. 111—113.
2. Шаповалова О. М. Основы создания многокомпонентных титановых сплавов из отходов: Дис. ... докт. техн. наук. — К, 1972.—419 с.—Машинопись.

TITANIUM ALLOYS PROPERTIES FOR AEROSPACE ENGINEERING AT THE NEGATIVE AND CRYOGENIC TEMPERATURES

O. M. Shapovalova, L. N. Ivanova

It is determined that at the temperatures fall to the negative and cryogenic the titanium alloys strength naturally rises but the elongation, relative reduction and impact strength decreases in the indicating succession. The dynamics of amplification at the alloys cooling to the negative and cryogenic temperatures depends on alloying level. The more alloying the less amplification during the cooling. A division of the titanium alloys in three groups according to the amplification at the temperature decreases is proposed. In spite of the decrease of plasticity characteristics and impact strength their absolute value not decreases below the level of the proposed demands. It should be presented to the alloys VT6S and VT5-1 to their use in the negative and cryogenic temperatures.

УДК 621.74.04 (075)

КЛАССИФІКАЦІЯ СОВРЕМЕННИХ МОДИФІКАТОРОВ І ІХ ПРИМЕНЕННЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ РАЗНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© О. М. Шаповалова, А. В. Калинин

Дніпропетровський національний університет

Розроблені та впроваджені у виробництво багатокомпонентні модифікатори-мікролігатури Fe-C сплавів, одержані безрозплавним способом. Створена класифікація існуючих модифікаторів за їхнім впливом на структуру та властивості сплавів.

Изменение размеров литого зерна в Fe-C-сплавах может достигаться модифицированием либо деформацией [1]. Обработка металлов деформацией позволяет получить слиток высокого качества, однако такой способ не всегда является приемлемым, по-

КОСМІЧНА НАУКА І ТЕХНОЛОГІЯ. ДОДАТОК.—2002.—8, № 1

скольку требует больших энергозатрат, производственных площадей и неблагоприятно влияет на экологическую обстановку. Модифицирование расплата в жидком состоянии является наиболее предпочтительным способом. Однако существующие в на-

Классификация модификаторов по их влиянию на структуру и свойства сплавов

Сплав	Модификатор	Влияние
35Л	РЗМ	Повышение пластичности на 50 % и ударной вязкости на 90 %;
Х23Н18Л1	Се, В	Повышение длительной прочности и стойкости к образованию трещин;
X27	0.05 % Mg	Повышение ударной вязкости в 10 раз.
Al-Mg-Fe, Al-Cu, Al-Mn 99.9 % Al	0.1 % Ti, 0.15 % Zr 0.1 % Nb 0.2 % TiAl ₃	Резкое измельчение зерна, увеличение пластичности и коррозионной стойкости; Измельчение зерна в 10 раз; Измельчение зерна в 3 раза.

стоечее время модификаторы обладают значительным недостатком — трудностью ввода в расплав и, как следствие, слабой усвояемостью расплавом, что значительно увеличивает разброс механических свойств по сечению отливки [2]. В НИЛМИТ ДНУ разработаны и внедрены в производство многокомпонентные модификаторы-микролигатуры, получаемые безрасплавным способом по безотходной технологии. Новые модификаторы-микролигатуры обеспечивают глубокое (каскадное) раскисление, модифицирование и микролегирование расплава. Все компоненты нового раскислителя производят селективное воздействие на расплав, в соответствии со своей раскислительной способностью. Вследствие этого в сплавах, обработанных новыми модификаторами-микролигатурами в 1.6...2 раза уменьшается размер зерна, повышается прочность, пластичность и ударная вязкость, стабилизируется структура и свойства, количество неметаллических включений уменьшается до 70 %.

Составлена классификация существующих модификаторов по их позитивному и негативному влиянию на структуру и свойства сплавов. Это позволяет упростить выбор модификатора для конкретного сплава с требуемыми физико-механическими свойствами (таблица).

Воздействие модифицирования на структуру металла определяется видом обработки расплава, типом применяемых модификаторов и может проявляться на различных уровнях:

— На уровне кристаллических решеток.

Атомы модификатора могут образовывать твердые растворы или находиться в виде диссоциированных атомов, создавая поля напряжений, взаимодействующие с дислокациями и повышающие предельное напряжение разрушения. Растворимость щелочных, щелочноземельных металлов (ЩЗМ) в сталях чрезвычайно низка. Например, в стали 40Х при введении в расплав 0.2 % СК30 содержание остаточного кальция — 0.002 %, а при раскислении стали силикобарийкальциевой лигатурой — 0.005 % [3].

— На уровне субмикроблоков.

Дисперсные модификаторы, находясь в расплаве,

способствуют уменьшению размеров зерен и блоков. При этом будет значительно возрастать число препятствий на пути движения дислокаций. В этих условиях для перемещения дислокаций потребуются большие усилия, что обуславливает упрочнение сплава.

— На уровне микрозерен.

Модификаторы I группы (Li, Na и K) повышают пластичность стали, уменьшают размер зерна, но прочность и предел текучести не изменяются. Влияние Mg, Ca, Sr и Ba более существенно. Предел текучести и прочность изменяются незначительно, но пластичность повышается в 1.5...2 раза за счет взаимодействия с серой и фосфором, окрупчивающими металл. Влияние модификаторов II группы (B, Y, La и РЗМ) на строение границ зерен более сложное. При пересыщении границ зерен этими элементами происходит окрупчивание металла вследствие образования химических соединений и выпадения избыточных фаз. Влияние модификаторов III группы (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta) на строение границ зерен связано с образованием карбидов, нитридов и оксидов этих элементов. Межфазные границы и границы зерен, которые являются более эффективными стоками примесей внедрения и вакансий с взаимодействующими с ними атомами легирующих элементов, освобождаются от загрязняющих примесей, благодаря чему 1.5...2 раза повышается пластичность металла.

— На уровне макрозерен.

Ликвационные процессы, вызванные избирательным характером кристаллизации, предопределяют химическую неоднородность структуры отливок. Снижение химической неоднородности достигается при однотипной структуре литого металла, состоящей из дисперсных дендритов или только из столбчатых кристаллов. Химическая неоднородность и форма кристаллов в промышленных сплавах определяется распределением примесей на границе кристалл-расплав и тепловыми параметрами процесса, которые могут быть изменены модифицирующей обработкой. Модификаторы I и II групп, вследствие низкой растворимости в твердой фазе, тормозят рост дендрита, стимулируя зарождение кристаллов

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 % C, коэффициент ликвации ванадия составил 2.5, а ниобия — 4.3. При малых содержаниях ниobia (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.

- Неймарк В. Е. Модифицированный стальной слиток. — М.: Металлургия, 1977.—200 с. с.
- Бабаскин Ю. З. Структура и свойства литой стали. — К.: Наук. думка, 1980.—240 с.
- Сабуров В. П. Выбор модификаторов и практика модификации 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

© O. M. Шаповалова, T. V. Носова

Дніпропетровський національний університет

Досліджено багатокомпонентну 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 плавок по 150 т каждая).

Исследуемая сталь 07ЮТ применяется для кингстонирования спрессованного сена в агропромышленности. Недостаточная пластичность проволоки из этой стали приводила к ее хрупкому разрушению,

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 окрупчивает сталь. Марганец прочно связывает серу в пластичное соединение MnS, устраняя тем самым вредное, окрупчивающее влияние, которое оказывает на сталь сульфид FeS.