

АНАЛИЗ И РАНЖИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ШТАМПОВЫХ СПЛАВОВ С РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ 950⁰ - 1000⁰ С

А. А. Ганеев, В. А. Енгулатова

В настоящее время существует большое количество химических соединений, которые могут использоваться в качестве дисперсных частиц, для упрочнения штамповых сплавов с рабочей температурой 950⁰ -1000⁰.

Выбор дисперсных частиц с единых позиций осложняется наличием большого числа различных физико– химических показателей, характеризующих данное соединение, и отсутствием единой методики их выбора. Поэтому обоснование выбора дисперсных частиц в настоящее время остается одной из важных задач на пути создания штамповых материалов.

В данной работе сформулированы основные требования и критерии выбора тугоплавких дисперсных соединений. Произведено ранжирование критериев, на основе которого они сведены в две группы: основную и вспомогательную.

К дисперсным частицам предъявляется ряд требований. В частности, они должны обладать заданной геометрией, хорошей смачиваемостью, не должны растворяться в жидкой матрице, не должны вступать в химическую реакцию, не должны быть поверхностно активным веществом (адсорбентом), должны смачиваться жидкой матрицей, должны обладать высокими прочностными характеристиками при высоких температурах, создавать прочную границу раздела с матрицей.

Выбор критериев осуществляется путем анализа требований предъявляемых к дисперсным частицам и связанными с ними протекающими процессами. Ранжирование критериев осуществляется более чем по десяти параметрам, основными из которых являются: не противоречивость, стационарность, теоретическое обоснование, экспериментальная подтвержденность, пороговая значимость, безразмерность и т.д.

К основным критериям относятся:

- энергия кристаллической решетки, которая должна иметь как можно большее значение (максимальное значение энергии кристаллической решетки – 100%);

- отношение стабильностей, которое определяется как отношение сродства электронной плотности атома дисперсной частицы к средней электронной плотности гипотетического инертного газа с атомным номером, равным атомному номеру данного элемента;

- теоретическая температура плавления соединения;

- константа равновесия (K_p), которая показывает, что при равновесии и условии постоянства температуры и давления изобарный потенциал системы минимален. Если $K_p > 1$, то исходные вещества, взятые в их стандартном состоянии, самопроизвольно превращаются в продукты реакции.

$$K_p = -\frac{G}{RT} = e\left(\frac{S}{R}\right)e\left(-\frac{H}{RT}\right),$$

где G- изобарный потенциал для температуры T.

Если $H < 0$, $S > 0$, то $K > 1$; если $H > 0$, $S < 0$, то $K < 1$; если $H < 0$, $S < 0$ то K_p зависит от конкретных значений H, S;

- скорость реакции;

- прочность, на которую при высоких температурах оказывает влияние коэффициент неравноосности зерна (κ)

$$\sigma = \sigma_p + \kappa(L/l - 1),$$

σ_p - прочность при $L/l=1$, то есть при равноосном зерне;

- напряжение сдвига при температуре выше 0,5 T пл.

Для разрушения частицы напряжение должно составлять некоторую долю ее модулю сдвига, максимальное напряжение, которое может быть приложено к сплаву до начала его течения:

$$\sigma_T = \sqrt{GbG^*/2\lambda c}$$

G^* - модуль сдвига упрочняющих частиц, c – постоянная, близкая к 30.

К вспомогательным критериям относятся:

- диаметр дисперсных частиц;

АНАЛИЗ И РАНЖИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ШТАМПОВЫХ СПЛАВОВ С РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ 950⁰- 1000⁰С

- заряд иона, валентность, электронная концентрация;

- изобарный потенциал (энергия Гиббса) ΔG .

Самопроизвольный процесс приводит к $\min \Delta G$, кроме того возможна самопроизвольная реакция при большом отрицательном значении G ;

- энтальпия H . Положительное значение H свидетельствует о том, что идет поглощение теплоты в ходе реакции. Если H велико, а ΔS мало, то знак G будет определяться исключительно знаком H ;

- энтропия S , которая дает информацию о возможности самопроизвольного осуществления химической реакции;

- коэффициент теплопроводности λ .

- Разница в коэффициенте теплопроводности дисперсной частицы и матрицы создает градиент температур;

- краевой угол смачивания, на который влияет покрытие дисперсной частицы поверхностно – активным веществом;

- энергия сольвации, радиусы анионов R_a и катионов R_k .

Если $R_a \gg R_k$, то энергия кристаллической решетки $U = 1/R_k \cdot R_a$ при увеличении R_k будет изменяться незначительно, а энергия сольвации H убывает.

Сформулированные в данной работе основные требования и критерия выбора дисперсных частиц, произведенное ранжирование позволяет выбирать наиболее эффективные дисперсные частицы для упрочнения штамповых сплавов.