

УДК 621.7.016.3

А.В.Алифанов, инженер (ФТИ АН БССР)

ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПАРАМЕТРОВ СХВАТЫВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

На рис. 1 проведены прямые 1-5, характеризующие склонность к схватыванию определенных металлов. Точки пересечения этих прямых с осью температур (Т, К) являются точками плавления для соответствующих металлов.

Для наглядности рассуждений и безотносительно к значениям координат принимаем, что углы наклона прямых к оси температур  $\beta$  характеризуют отношение суммы поверхностных энергий ( $A_{n1} + A_{n2}$ ) контактирующих поверхностей к энергии, необходимой для осуществления схватывания  $A_{схв}$ :

$$\cos \beta = \frac{A_{n1} + A_{n2}}{A_{схв}} \leq 1. \quad (1)$$

Из (1) следует, что при  $\cos \beta = 1$  угол  $\beta = 0^\circ$ , а при  $\cos \beta = 0$  угол  $\beta = 90^\circ$ . В случае, если  $\beta = 0^\circ$ , схватывание может происходить без приложения давлений и при любой температуре. Этот случай теоретически возможен при абсолютно ровных и чистых контактирующих поверхностях однородных металлов, в отсутствие дефектов и при когерентности кристаллических решеток. В действительности таких идеальных условий никогда не бывает и всегда имеет место неравенство

$$\frac{A_{n1} + A_{n2}}{A_{схв}} < 1. \quad (2)$$

Энергию, необходимую для схватывания, можно представить в виде

$$A_{схв} = A_d + A_\phi + A_{хим}, \quad (3)$$

где  $A_d$  - энергия, необходимая для деформации шероховатостей и сближения контактирующих поверхностей до расстояний межатомных взаимодействий;  $A_\phi$  - энергия, необходимая для ликвидации поверхностных пленок и установления физического контакта;  $A_{хим}$  - энергия, необходимая для установления химических (металлических) связей.

Таким образом, схватывание должно наступить при условии

$$\frac{A_{n1} + A_{n2} + A_{вн}}{A_d + A_\phi + A_{хим}} \geq 1, \quad (4)$$

где  $A_{ВН}$  – дополнительная внешняя энергия, необходимая для сближения шероховатых поверхностей, разрушения пленок, ориентационных и ряда других препятствий.  $A_{ВН}$  может подаваться в виде нагрева, давления, радиационного облучения и т. п.

Зная температуру плавления металла и решив уравнение (1) относительно  $\cos \beta$ , можно (рис. 1) провести из точки  $T_{пл}$  на оси температур прямую под углом  $\beta$ . В случае сварки давлением однородных металлов, для того чтобы выбрать необходимые

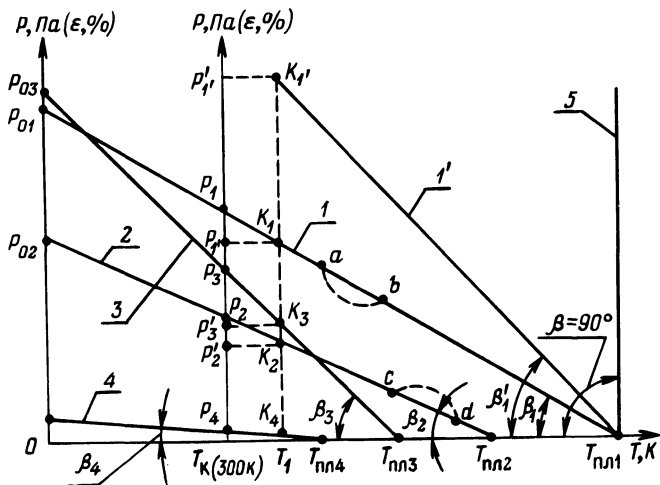


Рис. 1. Схема для объяснения вероятности схватывания металлов в зависимости от температуры, давления (степени деформации) и поверхностной энергии.

для сварки температуру и давление (степень деформации), надо исходя из технологических соображений выбрать определяющий параметр, например температуру  $T_1$ . Из точки  $T_1$  на оси температур провести перпендикуляр к последней и точку ее пересечения с соответствующей данному металлу прямой спроектировать на ось давлений (степеней деформаций).

Например, для металла, соответствующего прямой 1, при температуре  $T_1$  необходимо приложить давление  $P'_1$ , а при комнатной температуре ( $\sim 300$  К) – давление  $P_1 > P'_1$ . Соответственно по заданному давлению можно определять необходимую температуру.

Из рис. 1 видно, что схватывание возможно и при очень низких температурах: чем меньше угол  $\beta$  (т. е. чем ближе значение  $\cos \beta$  к единице), тем меньше разница необходимых давлений при положительных и отрицательных температурах (прямая 4). Такая возможность подтверждается результатами работ

по сварке очень чистого серебра [1] в диапазоне температур от 293 К до 103 К, согласно которым степень деформации, необходимая для схватывания, увеличивается незначительно.

Из рисунка видно также, что один металл, имеющий температуру плавления меньшую, чем другой (например, прямые 2 и 3, у которых  $T_{пл2} > T_{пл3}$ , однако  $P_2 < P_3$ ), требует для сварки тем не менее большего давления. Это объясняется большей загрязненностью поверхностей, большей относительной вязкостью пленок и т. п.

Для реальных металлов зависимость между  $T, K$  и  $P$  будет отображаться не в виде прямых, а более сложными кривыми. Например, "горб"  $cd$  на прямой 2 соответствует интервалу температур, при которых увеличивается статистический вес атомных стабильных конфигураций (СВАК) [2] и ухудшается способность к схватыванию. А "впадина"  $ab$  на прямой 1 соответствует температуре рекристаллизации и скачкообразному уменьшению необходимого для схватывания усилия.

Учитывая противоречивость современных представлений о способности к схватыванию разнородных металлов, в данной схеме способность к схватыванию пары металлов определяется свойствами более тугоплавкого металла. Таким образом, необходимое давление (или степень деформации) для свариваемых металлов, характеризуемых, например, прямыми 1 и 3, при выбранной температуре  $T_1$  определится согласно прямой 1, соответствующей более тугоплавкому металлу, или в случае соединения металлов 2 и 3 - по прямой 3, так как при  $T_1$  для схватывания металла 3 требуется большее давление ( $P'_3 > P'_2$ ). Можно попытаться (для рассмотренных случаев) уменьшить углы  $\beta_1$  и  $\beta_3$  до совмещения точек  $K_1$  с  $K_2$  и  $K_3$  с  $K_2$  путем повышения активации поверхностей одним из известных способов: очисткой поверхности от загрязнений и пленок, наклепом, обезуглероживанием поверхностей и т. п.

В случае разработки процессов холодного деформирования, в которых схватывание играет отрицательную роль, для определения вероятности схватывания приведенную схему можно использовать следующим образом: из точки плавления на оси температур, соответствующей материалу деформирующего инструмента, провести прямую под углом  $\beta$ , определенным из формулы (1). Далее, из точки на оси давлений, соответствующей расчетному удельному давлению на инструмент, провести перпендикуляр до пересечения с перпендикуляром, проведенным из точки на оси температур, соответствующей температуре на контактной поверхности. Если точка пересечения перпендикуляров лежит выше

наклонной прямой (кривой), схватывание маловероятно, если ниже - гарантировано.

### Л и т е р а т у р а

1. Гельман А.С. Основы сварки давлением. - М.: Машиностроение, 1970. - 312 с. 2. Самсонов Г.В., Прядко И.Ф., Прядко Л.Ф. Конфигурационная модель вещества. - Киев: Наукова думка, 1971. - 350 с.

УДК 621.981

А.В.Белый, канд.техн.наук (ФТИ АН БССР)

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СДВИГА НА ПЯТНАХ ФАКТИЧЕСКОГО КОНТАКТА ПРИ ТРЕНИИ

На контакте твердых тел в процессе трения имеют место упругие и пластические деформации, при этом преобладающими являются схемы сжатия и сдвига. В последние годы наметился определенный прогресс в исследовании моделей локальных контактов с целью детализации происходящих в них явлений. В реальных машиностроительных материалах [1, 2], пластически деформирующихся в диапазоне сдвигающих напряжений ( $\tau_0 - k$ ), характер пластического течения определяется относительной жесткостью материала  $\tau_0/k$ . При этом пластическая деформация локализуется в линзообразной области, ограниченной параболой, с углом раскрытия  $\psi = \arccos \left( \frac{\tau_0}{k} \right)^{\frac{1}{n}}$  (рис. 1). Значение  $n$ , полученное на основании изучения распределения максимальных сдвигающих напряжений  $\tau_{max}$  поляризационно-оптическим методом, равно 2. Привлечение распределения в соответствии с задачей о сжатии диска сосредоточенными силами дает значение  $n = 3$ . Полученные результаты справедливы для контакта одинаковых материалов и при наличии бесконечного концентратора напряжений. Рассмотрим примеры распространения полученных соотношений на различные случаи протекания сдвига.

В случае контакта шероховатых поверхностей имеем дело с концентраторами напряжений конечной величины, определяемыми углом наклона шероховатостей, и область пластической деформации определяется разомкнутой линзой (рис. 1), эффективный размер которой

$$L^* = L \frac{\pi}{\pi - \theta_1 - \theta_2}.$$