

И. И. КОРНИЛОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Представлено академиком И. И. Черняевым 7 I 1949)

Центробежная сила, развивающаяся при вращении любого тела вокруг своей оси, находит широкое применение в физике, химии и технике.

Современные центрифуги, ультрацентрифуги⁽¹⁾, дающие исключительно большие скорости вращения (до 100 000 и более об/мин.), имеют широкое применение для разделения жидкостей различной плотности, определения молекулярного веса сложных веществ и других целей. Центробежная сила находит также применение в центробежном методе литья металлов⁽²⁾.

Усилие, развиваемое центробежной силой, как известно, определяется формулой: $P = mr\omega^2$, где m — масса вещества, r — радиус вращения и ω — скорость вращения.

Как видно из этой формулы, напряжение прямо пропорционально массе, радиусу вращения и квадрату скорости вращения. Из этого вытекает, что большие возможности увеличения напряжения от центробежной силы заключаются в увеличении скорости вращения.

В связи с колоссальными возможностями развития напряжений, создаваемых центробежной силой вращающихся образцов как при низких, так и при высоких температурах, мною впервые (в 1945 г.) было обращено внимание на возможности и пути приложения центробежной силы для упрощенного метода испытания прочности металлических систем. Этот вопрос для нас оказался актуальным, так как существующие упрощенные методы^(3,4) испытания прочности металлов с статической нагрузкой образцов обладают известными недостатками; они ограничены узкими областями температуры применения и многие из них рассчитаны только на одновременное испытание одного образца.

Классические методы испытания прочности металлов сложны. Они требуют громоздких агрегатов и больших размеров образцов. Для исследования прочности металлических систем и изыскания новых сплавов, предназначенных для эксплуатации при высоких температурах, особое значение имеет такой метод испытания сплавов, который давал бы быструю сравнительную характеристику прочности материалов.

Мы ставили себе цель разработать именно такой метод исследования прочности металлов и сплавов и создать такую испытательную установку, которая была бы компактной, удобной в работе, простой в обращении и позволила бы испытывать одновременно большую серию образцов при разных температурах.

Особенно интересно было практическое осуществление метода одновременного испытания прочности многих образцов при температурах 900, 1000° и выше, так как существующие классические методы испыта-

ния ограничены одновременным испытанием одного образца и максимальной температурой 800—900°.

В результате систематической работы в этом направлении нами разработан новый метод, названный «центробежным методом исследования прочности металлов и сплавов» (5).

Этот метод основан на деформации испытуемых образцов при высоких температурах под непрерывным действием центробежной силы. Он позволяет испытывать различные металлы и сплавы на прочность по двум вариантам:

1. Упрощенный метод испытания прочности на изгиб образцов под действием центробежной силы.

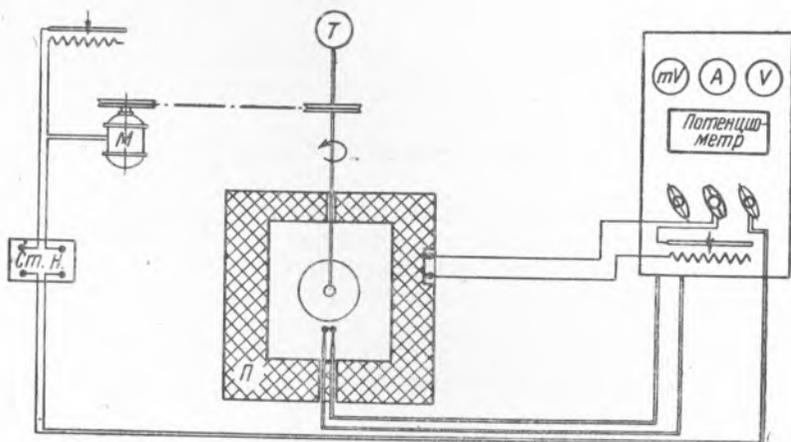


Рис. 1. Схема установки для центробежного исследования прочности металлических систем. П — печь, Т — тахометр, Ст. Н. — стабилизатор напряжения, М — мотор

2. Метод испытания растяжения образцов под действием центробежной силы.

Исследования этими методами осуществляются на установке по схеме, представленной на рис. 1. Она состоит из: 1) нагревательной печи П с терморегулятором; 2) вертикального вала со шкивом и тахометром Т; 3) мотора М, вращающего вал; 4) стабилизатора напряжения (Ст. Н.) для обеспечения постоянной скорости вращения мотора; 5) двух термопар, показывающих рабочую температуру печи и регулирующих температуру печи.

Размер и форма вала сконструированы так, что можно посменно размещать в хвостовой части вала специальные зажимы: 1) для исследования образцов на изгиб, 2) для исследования образцов на растяжение.

В принципе метод испытания жаропрочности на изгиб заключается в том, что вертикально расположенные образцы (в виде палочек, полосок и других форм) с одной точкой опоры при быстром вращении под действием центробежной силы подвергаются деформации на изгиб.

Степень напряжения образцов при этом определяется длиной образца, массой его и скоростью вращения. Так как скорость вращения входит в выражение для напряжения в квадрате, то только путем увеличения скорости вращения можно на испытуемых образцах создавать большие напряжения. Для увеличения напряжения можно к свободному концу образцов подвешивать дополнительные грузики.

В качестве мерила прочности берется угол изгиба в градусах или линейная величина — стрела изгиба в миллиметрах. При этом определяется остаточная деформация образцов.

Предлагаемый метод разработан применительно к весьма малым круглым образцам диаметра 3, 4, 5 и более мм. Число одновременно испытываемых образцов составляет 12, 24 и более.

Испытание образцов специальной формы на растяжение осуществляется на этой же машине. Создаваемое начальное напряжение при этом определяется формулой, приведенной выше.

Этим методом можно изучать растяжение металлов и сплавов и по величинам удлинения образца в зависимости от времени деформации можно изучать относительную прочность металлов и сплавов.

Применение машины

Описанная выше установка (см. рис. 1) применяется для исследования относительной жаропрочности на изгиб и на растяжение металлов и сплавов действием центробежной силы.

Устанавливая в зажимах 12 или более одинаковых по размерам образцов сплавов, но с различным химическим составом или состоянием механической и тепловой обработки, испытание ведется при совершенно одинаковых условиях температуры и воздействия центробежной силы. По степени стрелы изгиба или удлинения, определяемой периодически, изучается относительная прочность сплавов.

Измерение угла или стрелы изгиба производится обычным способом после прекращения процесса вращения и предварительного охлаждения образцов. В зависимости от прочности изучаемых сплавов и температуры испытания угол или стрела прогиба определяется через 15, 30 мин.; через 1, 2, 5, 10, 100 и более часов.

Общее время испытания, в зависимости от прочности сплавов, температуры, может изменяться от нескольких часов до сотен и тысяч часов.

Величины изгиба или процент удлинения, полученные при этом, могут служить материалом для построения кривых деформации (на изгиб) по времени и кривых деформации в зависимости от состава и различных факторов состояния сплавов.

Испытания этим методом позволяют делать заключения об относительной прочности изучаемых сплавов. Одновременно с этим на тех же образцах путем периодического взвешивания образцов в процессе испытания на прочность при высоких температурах можно вести изучение жаростойкости этих сплавов.

Установка дает возможность на маленьких образцах, легко и быстро изготавливаемых в обычных условиях лаборатории, получать выводы о зависимости прочности сплавов от химического состава, различного состояния механической и термической обработки, от размера зерна, от температуры и времени испытания и от напряжения, создаваемого центробежной силой.

Метод является весьма полезным по своей простоте и доступности для изучения и построения диаграмм «состав — прочность». В этом отношении, как показывают проведенные исследования ряда металлических систем, он может оказаться одним из методов физико-химического анализа для изучения прочности сплавов в зависимости от состава и фазового состояния металлических систем.

На указанной установке можно вести испытания прочности следующих групп металлических сплавов:

1. Легкоплавких металлов (олова, свинца, цинка и др.) от комнатной температуры до температуры плавления.

2. Легких металлов и сплавов (алюминия и магния) от комнатной температуры до температуры плавления.

3. Цветных металлов и сплавов (меди, золота, серебра и др.) от 300 до 900°.

4. Тугоплавких металлов и сплавов (железа, никеля, хрома и др.) от 500 до 1200°.

Институт общей и неорганической химии
им. Н. С. Курнакова
Академии наук СССР

Поступило
29 XI 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ The Svedberg u. K. O. Pedersen, Die Ultrazentrifuge, 1940. ² П. Г. Новиков, С. Е. Розенфельд и др., Основы центробежного литья, 1947. ³ И. И. Корнилов и А. А. Азовская, Рефераты научных работ Химического отделения АН СССР, за 1941—1943 гг., стр. 31. ⁴ А. А. Бочвар, Изв. АН СССР. ОТН, № 10, 1369 (1947). ⁵ И. И. Корнилов, Зав. лаб., № 1 (1949).