

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОКРЫТИЯХ ИЗ САМОФЛЮСЮЩИХСЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Из большого числа различных методов определения внутренних напряжений наиболее разработаны механический для определения остаточных напряжений 1-го рода и рентгенографический для определения внутренних напряжений преимущественно 2-го и 3-го рода. Следует отметить, что рентгенографический метод имеет пониженную точность при работе с сильно деформированными и крупнозернистыми материалами.

В указанных случаях следует применять механический метод для исследования остаточных напряжений 1-го рода. Сущность его заключается в следующем: остаточные напряжения взаимно уравновешены внутри тела; при удалении части материала равновесие нарушается, так как вместе с удаленным слоем удаляются и остаточные напряжения, существующие в этом слое, при этом происходит упругая деформация образца. По замерам возникающих деформаций образца судят об остаточных напряжениях в снимаемых слоях.

Разновидностью механического метода является химическое электро травление (электрополирование). Этот метод был использован при разработке конструкции устройства для определения остаточных напряжений. Он позволяет применить для измерения малых деформаций образца, возникающих в процессе травления его поверхностных слоев, емкостный датчик компенсационного типа.

Принцип измерения остаточных напряжений основан на регистрации деформации плоского образца, помещенного в ванну для травления, когда по мере стравливания напряженных слоев изменяются прогиб образца и расстояние между пластинами конденсатора переменной емкости. Изменение емкости датчика приводит к изменению на выходе измерителя постоянного напряжения, которое усиливается дифференциальным усилителем. Эти показания регистрируются гальванометром и могут быть одновременно записаны самописцем. Измерительная цепь подключена к сетевому источнику питания со стабилизатором напряжения. В устройстве использовался в качестве регистрирующего и записывающего прибора самописец типа НЗ99.

Устройство работает следующим образом (рис. 1). Образец 10 (плоскую пластину исследуемого материала) помещают в специальную стеклянную ванночку 9 с электролитом, удерживая в заданном положении держателями 2. В центр образца упирается измерительный стержень 1, к которому прикреплена нижняя пластина 7 конденсатора. Предварительный натяг стержня 1 обеспечивается пружиной 8. Верхняя пластина 6 конденсатора жестко связана с микрометрическим винтом 5, укрепленным в верхней чашке 4 корпуса датчика. Для уменьшения паразитных наводок в непосредственной близости от емкостного датчика расположен измеритель емкости 3, соединенный с ним экранированным проводом. Свинцовый катод 11 соединяется с

отрицательным полюсом выпрямителя тока, образец — с положительным. В схему последовательно включен реостат для поддержания постоянной силы тока в процессе травления.

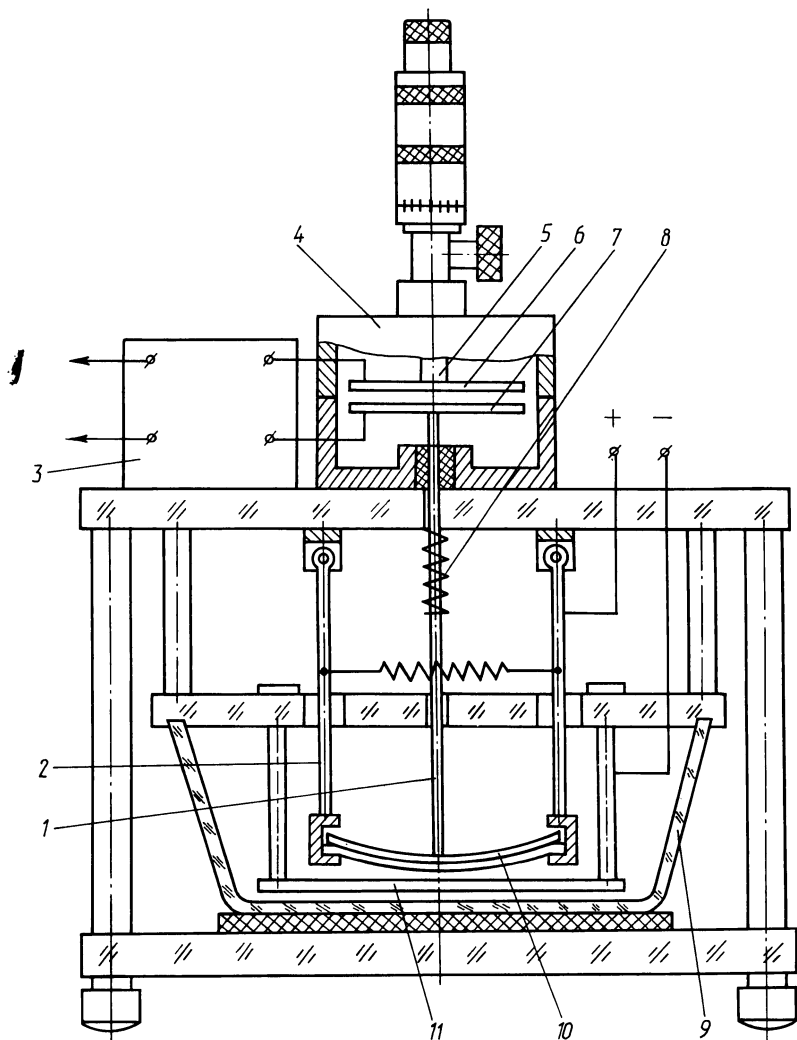


Рис. 1. Устройство для определения остаточных напряжений

Электролит для травления состоял из восьми частей (по объему): пяти частей ортофосфорной кислоты, двух частей серной кислоты и одной части воды. Режимы травления: плотность тока 35 А/дм^2 при напряжении 15 В.

В настоящей работе проводилось исследование плоских образцов прямоугольного поперечного сечения шириной 10 мм, длиной 100 мм, толщиной основы 0,5; 1,5; 3; 6 мм (по 3 образца каждой толщины). Материал осно-

вы — сталь 12X18H10T. Покрытие на образцах — самофлюсующийся твердый сплав ПГ-СР3 ГОСТ 21448—75.

Электротравлению подвергалось только покрытие, остальные поверхности образцов были защищены от травления цапон-лаком. Высота слоя покрытия, снятого во время электротравления, определялась путем измерения микрометром высоты образца до и после травления.

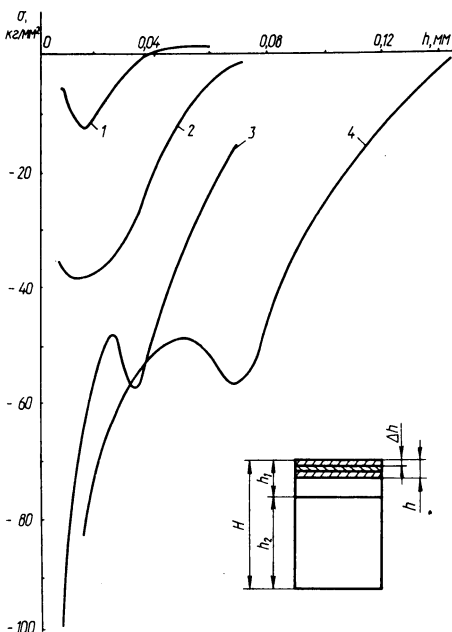
Тарировка шкалы и установка стрелки самописца производилась с помощью микрометрического винта. Если при электротравлении образца показания самописца остаются без изменения, то слой материала, в котором были остаточные напряжения, регистрируемые измерительным устройством, снят. После этого электротравление прекращалось.

Так как травление каждого образца (при заданном режиме электротравления) идет с постоянной скоростью, то, зная время травления, можно определить зависимость деформации образца от высоты стравленного слоя без замеров их толщины.

Для удобства определения зависимости остаточных напряжений от высоты стравленного слоя последний был разделен на 10 равных частей. Если обозначить толщину каждой части Δh , то им будут соответствовать деформации $\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3, \dots, \Delta f_{10}$.

Остаточные напряжения в каждом стравленном слое определялись по формуле Н.Т.Давиденкова и Е.М.Шевандина [1], которая с достаточной для практики точностью была упрощена К.С.Колевым [2]:

$$\sigma = \frac{4E\Delta f(H-h)^2}{3l^2\Delta h} - \frac{4E}{l^2}(H-2h+\Delta h)f,$$



где E — модуль упругости; f — суммарный прогиб образца при снятии всех слоев; Δf — изменение прогиба при снятии слоя высотой Δh ; H — высота образца; l — длина образца; h — суммарная высота стравленного слоя.

Однако, учитывая разные значения модулей упругости материала основы и материала покрытия, в приведенной выше формуле значение E соответствовало приведенному модулю упругости, вычисленному по формуле [3]:

$$E = \frac{E_o l_o + E_n l_n}{l_{об}}$$

Рис. 2. Распределение остаточных напряжений в образцах из стали 12X18H10T, упрочненных сплавом ПГ-СР3: 1 — $h_2 = 0,5$ мм; 2 — $h_2 = 1,5$ мм; 3 — $h_2 = 6,0$ мм; 4 — $h_2 = 3,00$ мм

где E_0 , E_n — модуль упругости материала основы и покрытия; I_0 , $I_{об}$ — момент инерции сечения материала основы без покрытия и с покрытием; I_n — момент инерции сечения материала покрытия.

Результаты данных расчетов представлены в виде графиков зависимостей остаточных напряжений от глубины стравленного слоя (рис. 2).

Анализ графиков показывает, что с увеличением толщины основы остаточные напряжения увеличиваются. Остаточные напряжения в покрытиях на данном материале основы являются сжимающими, что обусловлено большим коэффициентом термического растяжения у материала основы, чем у покрытия.

Остаточные напряжения в покрытии из самофлюсующегося твердого сплава имеют несколько большие значения, чем остаточные напряжения после упрочняющей термической обработки, например в стали с содержанием углерода 0,3 % после закалки в воде измеренные остаточные напряжения достигали 800 МПа [4].

Разработанное устройство по определению остаточных напряжений при проведении исследований обеспечивает надежную работоспособность и стабильные результаты измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д а в и д е н к о в Н.Т., Ш е в а н д и н Е.М. Исследование остаточных напряжений, создаваемых изгибом. — ЖТФ, 1939, т. 9, вып. 12, с. 37—39.
2. К о л е в К.С. Вопросы точности при резании металлов. — М.—Киев, 1961, с. 80—87.
3. С б р и ж е р А.Г., М а н о й л о Е.Д., Б о н д а р е в Е.А. Остаточные напряжения при упрочнении стальных деталей самофлюсующимися сплавами. — Сварочное производство, 1979, № 5, с. 9—11.
4. Термическая обработка в машиностроении: Справочник / Под ред. Ю.М.Дахтина, А.Г.Рахштада. — М., 1980. — 238 с.

УДК 621.793.72

Н.В.СПИРИДОНОВ, канд. техн. наук,
Н.И.ЛУЦКО (БПИ)

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ КЕРАМИКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ НАПЫЛЕНИЕМ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Для нанесения керамических покрытий до недавнего времени применялось преимущественно плазменное напыление. В последнее время возможности газопламенного напыления возросли за счет увеличения энергетических характеристик газокислородной струи. Это достигается применением газовых дюз для обжатия факела. Такие конструкции горелок позволяют напылять керамические материалы с температурой плавления до 2200 °С и достигать практически такой же прочности сцепления и коэффициента использования порошка, как при плазменном напылении.

Главными задачами, стоящими при напылении керамики, являются снижение хрупкости покрытия и повышение прочности сцепления с подложкой.