

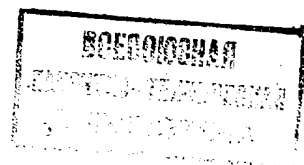


СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1663409 A1**

(51)5 G 01 B 7/18

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4724376/28

(22) 24.07.89

(46) 15.07.91. Бюл. № 26

(71) Казанский авиационный институт им. А. Н. Туполева

(72) А. С. Касаткин, Н. А. Кравченко, В. А. Смирнов и Ю. Б. Тюрин

(53) 531.781.2(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР

№ 1180675, кл. G 01 B 5/30, 1983.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ТРАВЛЕНИИ

(57) Изобретение относится к измеритель-

2

ной технике и может быть использовано для определения остаточных напряжений в поверхностных слоях деталей после различных технологических процессов. Изобретение позволяет повысить точность измерения остаточных напряжений в образцах при травлении. Способ реализуется путем травления образца в ванне с электролитом в электрохимической ячейке, обеспечивающей послойное удаление поверхностных слоев образца, чередующегося паузами, во время которых измеряют температуру образца и электролита 3, а в момент их равенства измеряют деформацию. 2 ил.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для определения остаточных напряжений в поверхностных слоях образцов при их травлении.

Цель изобретения — повышение точности за счет устранения температурных деформаций образца.

На фиг. 1 изображена структурная схема устройства, реализующего способ; на фиг. 2 — временные диаграммы изменения температуры T_1 исследуемого образца и температуры T_2 электролита в процессе травления и соответствующая им временная диаграмма включения тока травления 1.

Способ осуществляют следующим образом.

Остаточные напряжения определяют в образцах, вырезаемых из контролируемой детали. Образец 1, являющийся анодом, ванна 2 с электролитом 3, катод 4 — пластина из свинца и источник постоянного тока 5 образуют электрохимическую ячейку, обес-

печивающую послойное удаление поверхностных слоев образца электрохимическим травлением. Для осуществления этого процесса образец 1 укрепляют в ванне 2 с электролитом 3 с помощью приспособления-захвата 6. В ходе процесса определения остаточных напряжений непрерывно измеряют деформацию f и температуру T_1 образца 1, а также температуру электролита T_2 . Для определения остаточных напряжений в образцах в виде полосок или колец используются зависимости, из которых следует, что остаточные напряжения являются функцией приращения деформаций образца по толщине удаленного (стравленного) слоя, т.е.

$$\sigma = F \left(\frac{df}{da} \right). \text{Толщина стравленного слоя } a \text{ в}$$

процессе травления не измеряется, а определяется расчетом по закону Фарадея в предположении, что скорость травления поверхностных слоев образца постоянна. Это условие обеспечивается выбором и поддержанием режимов процесса электрохимического травления и, в первую очередь, тока

(19) **SU** (11) **1663409 A1**

травления 1. В процессе электрохимического травления происходит нагрев образца, наиболее интенсивный в начальный момент после включения тока травления. Нагрев образца даже на несколько градусов по сравнению с исходной, до травления, температурой вызывает его температурные деформации, которые, если их не учесть, суммируются с деформациями от снятия слоев с остаточными напряжениями, что искажает точность определения остаточных напряжений. Для устранения температурных деформаций в течение всего процесса измеряют температуру T_1 образца и температуру T_2 электролита, а интервалы Δt травления чередуют паузами, во время которых образец остывает до температур электролита, и в момент равенства температур образца и электролита измеряют деформацию образца. При включении тока травления 1 в течение весьма короткого времени (5–10 с) происходит нагрев образца на несколько градусов (2–7°C), а затем его дальнейший нагрев существенно менее интенсивен. Электролит же прогревается значительно медленнее (0,5–2°C за 10–15 мин процесса электрохимического травления). Температура T_1 нагрева образца и температура T_2 электролита зависят в первую очередь от плотности тока травления, состава и объема электролита. Обычно интервал травления Δt имеет длительность 30–120 с, за это время в зависимости от материала образца, состава электролита и режима травления стравливается слой а толщиной 2–10 мкм. При выключении источника тока температура T_1 образца снижается и через некоторое время (обычно 60–120 с) становится равной температуре электролита T_2 . Несмотря на то, что деформация образца измеряется непрерывно, в вычислительное устройство вводится только ее значение, соответствующее моменту достижения равенства температур $T_1=T_2$. Это значение деформации используется для расчета остаточных напряжений. После паузы, в течение которой образец остывает и тем самым устраняются температурные деформации, вновь включается источник тока и осуществляется дальнейшее травление образца. Обычно длительность второго и последующих интервалов Δt травления выбирается равной длительности первого интервала. Вновь при травлении образец нагревает и через 30–120 с процесс прерывается паузой, которая длится до достижения равенства температур $T_1=T_2$, и в этот момент в вычислительное устройство вводится соответствующее значение деформации

образца. В такой последовательности осуществляется способ и далее. Интервалы Δt электрохимического травления, за время которых стравливается поверхностный слой образца определенной толщины а и при этом он претерпевает деформации за счет удаления слоя с остаточными напряжениями и нагрева, сопровождающего травления, чередуются с паузами, во время которых при остывании до температуры электролита устраняются температурные деформации образца. В конце каждой паузы в момент равенства температур образца и электролита измеряемая деформация образца используется для расчета остаточных напряжений.

Данный способ реализуется с помощью устройства, содержащего, как уже описывалось выше, электрохимическую ячейку, состоящую из ванны 2 с электролитом 3, анода (образец 1), катода 4, подключенных к источнику постоянного тока 5. На поверхности образца 1, не подвергаемой травлению, закреплен приклеиванием датчик температуры 7, а в самом электролите 3 находится второй датчик температуры 8. Поверхности образца, не подвергаемые травлению, а также температурные датчики 7 и 8 защищены от воздействия электролита тонким слоем лака. Для измерения деформации образца предусмотрен соответствующий измерительный канал, который состоит из последовательно соединенных датчика деформации 9, преобразователя перемещений 10, АЦП 11 и устройства сопряжения 12, связанного информативным выходом с информативным входом вычислительного устройства 13. В свою очередь вычислительное устройство 13 связано управляющим выходом с управляющим входом устройства сопряжения 12 канала измерения деформации и с управляющим входом дешифратора запуска 14 реле времени 15, который управляет через ключ 16 включением источника постоянного тока 5. Для измерения и сопоставления температур датчики температуры 7 и 8 включены в мостовую схему 17, которая через компаратор 18 соединена с управляющим входом АЦП 11 канала измерения деформации. Результаты определения напряжений выводятся на регистратор 19, с которым связано вторым информативным выходом вычислительное устройство 13.

Устройство реализует способ определения остаточных напряжений следующим образом.

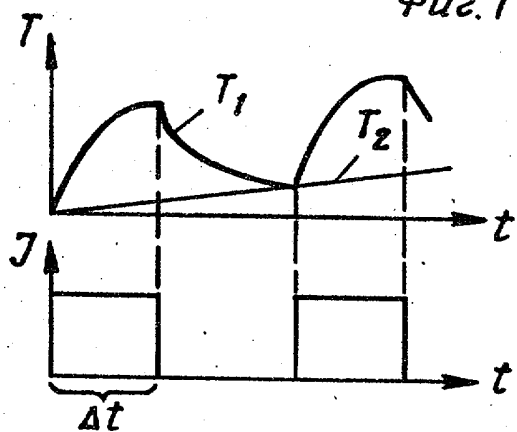
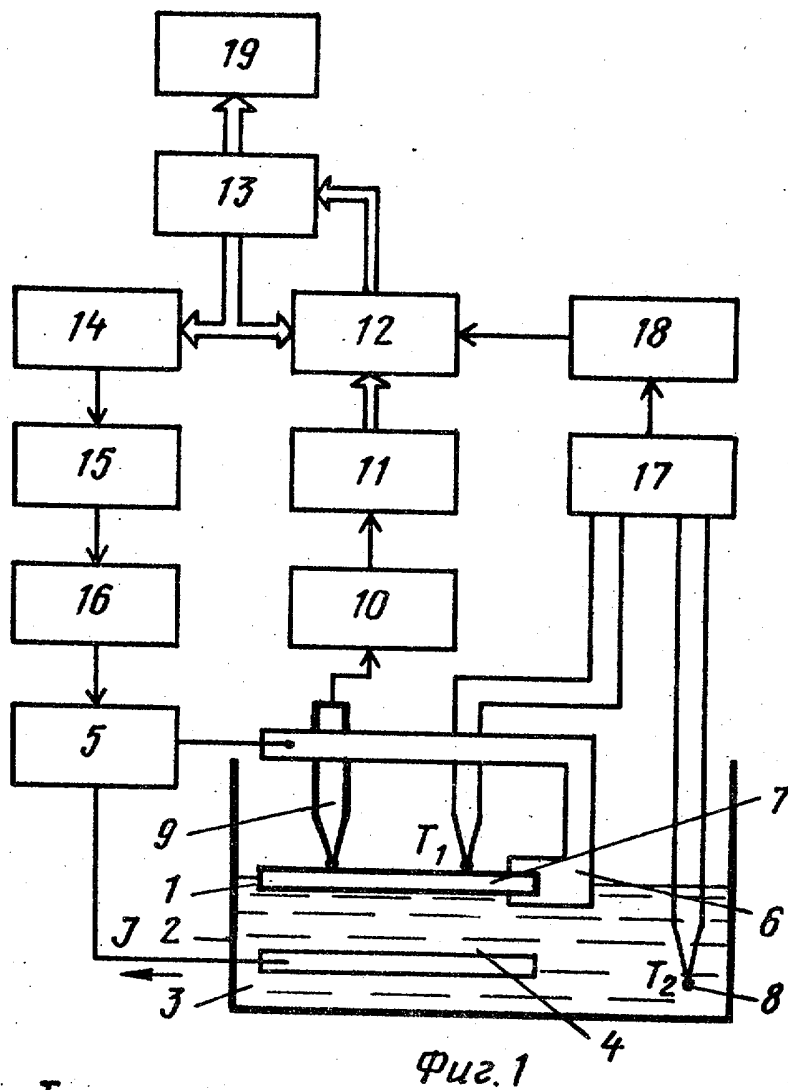
По заданной программе вычислительное устройство 13 через управляющий выход воздействует на дешифратор 14 запуска

так, что на его выходе появляется сигнал включения реле 15 времени, которое через ключ 16 включает источник 5 постоянного тока. Реле 15 времени устанавливает длительность интервалов Δt травления, величина которых определяет шаг по толщине образца 1, с каким определяются остаточные напряжения. Включение источника 5 постоянного тока вызывает электрохимическое травление образца 1 в ванне 2 с электролитом 3 на толщину, определяемую силой тока I между катодом 4 и образцом 1, составом электролита 3, физико-химическими свойствами материала образца 1 и температурными условиями. Одновременно с травлением увеличивается температура T_1 образца 1, которая контролируется датчиком 7 температуры, и температура T_2 электролита 3, которая контролируется датчиком 8 температуры. По окончании интервала Δt травления ток I прекращается, так как реле 15 времени отключает через ключ 16 источник 5 постоянного тока. Во время этого процесса датчик 9 деформации измеряет деформации образца 1, а преобразователь 10 перемещений вырабатывает электрический сигнал, пропорциональный этой деформации, который подается на вход АЦП 11. Информация о деформации образца 1 не поступает на вход вычислительного устройства 13 через устройство 12 сопряжения до тех пор, пока не поступит управляющий сигнал с выхода компаратора 18, который срабатывает от сигнала мостовой схемы, в которую включены датчики 7 и 8 температур T_1 и T_2 . Мостовая схема 17 вырабатывает сигнал, достаточный для срабатывания ком-

паратора 18 после окончания интервала Δt травления и остывания образца 1 с температурой T_1 до температуры T_2 электролита 3. После ввода информации через устройство сопряжения 12 в вычислительное устройство 13, которое через управляющий выход сопровождает этот процесс, воздействуя на устройство 12 сопряжения, а затем по программе воздействует на дешифратор 14 запуска и процесс электрохимического травления следующего слоя повторяется аналогично описанному выше. Пройдя все шаги по слоям образца 1, количество которых заложено в программе вычислительного устройства 13, информация о деформациях накапливается в памяти вычислительного устройства 13, обрабатывается и выдается в удобной форме на регистратор 19. После этого освобождают образец 1 из приспособления-захвата 6, отсоединяют датчик 7 температуры и устанавливают следующий образец.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ определения остаточных напряжений при травлении, заключающийся в том, что в процессе травления измеряют деформацию образца, травление образца осуществляют с паузами, отличающийся тем, что, с целью повышения точности за счет устранения температурных деформаций образца, постоянно измеряют температуру образца и электролита, фиксируют значение деформации в момент равенства упомянутых температур, а пауза между интервалами травления выдерживается до достижения равенства упомянутых температур.



Фиг. 2

Редактор Г.Мозжечкова

Составитель Е.Щелина
Техред М.Моргентал

Корректор М.Кучерявая

Заказ 2256

Тираж 388

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101