Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Е. А. Просвиркина, М. Н. Саушкин, Исследование полей остаточных напряжений и пластических деформаций при поверхностном упрочнении цилиндрического образца с учетом организации процесса ППД, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2004, выпуск 26, 194–195

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu200>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.164.48.24

26 апреля 2023 г., 16:30:16

Механика деформируемого твердого тела

УДК 539.376

Е.А. Просвиркина, М.Н. Саушкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЕЙ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ УПРОЧНЕНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА С УЧЕТОМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ППД

Решена задача восстановления полей остаточных напряжений и пластических деформаций в поверхностно-упрочненном слое цилиндрического образца по схеме сложного напряженного состояния после процедуры поверхностно-пластического деформирования в зависимости от технологических факторов процедуры упрочнения.

Ужесточение температурно-силовых условий работы конструктивных элементов и проблема увеличения времени их эксплуатации приводят к развитию различных методов повышения долговечности деталей машин. Одним из таких методов является метод поверхностного пластического деформирования при нормальных и умеренных температурах, в результате применения которого в поверхностном слое детали возникают сжимающие остаточные напряжения.

В настоящей работе развивается феноменологический метод восстановления полей остаточных напряжений и деформаций по схеме сложного напряженного состояния после применения поверхностного пластического упрочнения для цилиндрического образца по одной экспериментально замеренной компоненте остаточных напряжений, предложенный в [1, 2]. Эта задача решается на основании уравнений равновесия, совместности деформаций и гипотезы пластической несжимаемости. Так как поверхностно упрочненный слой достаточно тонкий и проникает на глубину от нескольких сотен микрон до миллиметра, то предполагается, что напряжения в этом слое на поверхности конструкции формируются также как на плоскости полупространства.

Процесс наведения остаточных напряжений в материале может быть осуществлен различными способами. Если, например, бомбардировать поверхность изделия большим количеством микрошариков по направлению нормали к поверхности (радиус шарика значительно меньше радиуса цилиндрического изделия), то деформации будут наводиться так же, как в полупространстве — распределение окружной и осевой компонент остаточных пластических деформаций после процедуры ППД по глубине слоя не отличаются ($q_z = q_q$). Если процесс организовать так, чтобы поток микрошариков составлял с образующей цилиндра некоторый угол j , то осевые и окружные пластические деформации будут связаны соотношением $q_z = a q_q$, где $0 < a < 1$. Если же поток микрошариков будет составлять некоторый угол с касательными к цилиндру в плоскости, ортогональной оси цилиндра, то осевые и окружные пластические деформации будут связаны соотношением $a q_z = q_q$, где $0 < a < 1$.

Очевидно, что оба этих соотношения можно объединить в одно $q_z = a q_q$, причем, если $0 < a < 1$, то реализован первый случай наведения остаточных деформаций, если $a > 1$, то реализован второй случай. При этом радиальная компонента деформаций будет связана с окружной следующим соотношением: $q_r = -q_q(1 + a)$. В случае, когда $a = 1$, процесс ППД реализуется как на плоскости. Этот случай подробно рассмотрен в работах [1, 2].

В работе полностью решена задача восстановления начального напряженно деформированного состояния (сразу после процедуры ППД) в поверхностно упрочненном слое по экспериментально замеренной окружной компоненте тензора остаточных напряжений $S_q^{\text{res}}(h)$ по толщине слоя (рис. 1). Анализ результатов показал, что при одинаковых первоначальных эпюрах окружных остаточных напряжений, но различных a , распределение радиальных остаточных напряжений будет совпадать (рис. 2). При этом уровень значений радиальной компоненты тензора остаточных напряжений существенно ниже окружной. Изменение параметра a влияет на распределение осевой компоненты тензора остаточных напряжений $S_z^{\text{res}}(h)$ (см. рис. 3) при одной и той же зависимости для $S_q^{\text{res}}(h)$ (см. рис. 1).

Р и с. 1. Аппроксимация окружной экспериментально замеренной компоненты тензора остаточных напряжений для сплава ЖС6КП [2] по глубине упрочненного слоя h (мм)

Р и с. 3. Распределение осевой компоненты тензора остаточных напряжений S_z в зависимости от параметра a для одной и той же заданной компоненты S_a

При наведении ППД по схеме второго случая ($a > 1$) максимальная величина осевых сжимающих напряжений $S_z^{\text{res}}(h)$ наоборот может быть существенно выше максимальной величины окружных остаточных напряжений $S_q^{\text{res}}(h)$ и, в предельном случае при $a \rightarrow \infty$, $S_z^{\text{res}}(h)$ практически в три раза больше $S_q^{\text{res}}(h)$.

Полученные в настоящей работе результаты позволяют сделать вывод о том, что если возможно технически реализовать упрочнение цилиндрического образца по схеме второго случая, то можно существенно увеличить максимальную величину осевой компоненты сжимающих напряжений. В силу того, что эффективность упрочнения в условиях усталости и ползучести материала определяется именно этой компонентой, то такой способ упрочнения может значительно повысить эффективность процедуры ППД.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радченко В.П., Саушкин М.Н. Математическое моделирование кинетики остаточных напряжений в поверхностно-упрочненном слое конструкций// Математическое моделирование. Тр. международной конференции. Самара. 2001. с. 40–41.
2. Радченко В.П., Саушкин М.Н. Расчет релаксации остаточных напряжений в поверхностно-упрочненном слое цилиндрического изделия в условиях ползучести// Вест. СамГТУ. Серия: Физ.-мат. науки. Вып. № 12. С. 61–72.

Р и с. 2. Распределение радиальной компоненты тензора остаточных напряжений по глубине упрочненного слоя

Из представленной на рис. 1 и 3 информации видно, что при наведении ППД по схеме первого случая ($0 < a < 1$) максимальная величина осевых сжимающих напряжений может быть существенно ниже максимальной величины окружных остаточных напряжений. Причем в предельном случае при $a \rightarrow 0$ она меньше практически в три раза. Следует отметить, что при наведении ППД как на плоскости ($a = 1$), максимальные величины осевых и окружных сжимающих напряжений практически одинаковы.

Поступила 21.01.2004