

матрица легко переносится на сопряженную поверхность, предохраняет ее от повреждений и способствует релаксации напряжений. Это обуславливает высокую износостойкость полученных покрытий по сравнению со сталью 45 закаленной до 40–43 HRC (в 1,7–3 раза) и сравнимую с износостойкостью оплавленного сплава ПГ-СР4.

Заключение. Одним из перспективных методов защиты поверхности от изнашивания и коррозионных процессов при фреттинг-коррозии и повышения долговечности деталей машин является нанесение покрытий с требуемыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами газотермическими методами – газопламенным, плазменным с применением последующего оплавления напыленных покрытий. Поэтому предложено наносить промежуточный слой (подслой) плазменным напылением из терморегулирующего материала NiAl с практически одновременным напылением основной части ГТП из разрабатываемых композиций газопламенным методом. Это позволило получить промежуточный слой с высокой прочностью сцепления за счет высокой скорости и высокой температуры частиц при плазменном напылении и свойств терморегулирующего материала, что способствует увеличению времени протекания химической реакции, а также получить высокую прочность сцепления основного покрытия с подслоем и основой, за счет сокращения времени между операциями напыления (отпадает необходимость перенастройки плазменной установки на напыление основной части ГТП), это снизит количество образовавшихся оксидных пленок на поверхности и даст возможность напылять основную часть ГТП на подогретую основу после плазменного напыления. Кроме того, применение газопламенного метода не приведет к катастрофическому перегреву основы и сведет к минимуму вероятность развития усталостных процессов разрушения.

Интенсивность изнашивания при фреттинг-коррозии покрытий из разработанных композиций во всем диапазоне удельных нагрузок, а также в зависимости от амплитуды от частоты колебаний ниже в 1,6–2,3 раза, чем стали 45 закаленной до 40–43 HRC и сопоставим со сплавом ПГ-СР4, в широком диапазоне относительных скоростей скольжения и удельных нагрузок. Интенсивность изнашивания значительно снижается с увеличением частоты колебаний, после увеличения ее значения свыше 25 Гц процесс изнашивания стабилизируется, не зависимо от типа материала.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Hutchings, I.M. Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials / I.M. Hutchings. – Cambridge, 1992. – P. 273.
2. Голего, Н.Л. Фреттинг-коррозия металлов / Н.Л. Голего, А.Я. Алябьев, В.В. Шевеля – Киев: Техніка, 1974 – 272 с.
3. Tomlinson, G.A. – “Proc. R. Soc.”, A, 1927. – Vol. 115. – P. 472.
4. Tomlinson, G.A., Thorpe, P.L., Gough, H.J. – “Proc. Instn. Mech. Engers.”. – Vol. 141, 1939. – P. 223.
5. Уотерхауз, Р.Б. Контактная коррозия // Усталость металлов. – М.: Ил, 1961. – С. 109–141.
6. Порошки для газотермического напыления и наплавки. Типы: ГОСТ 28377-89 – Введ 01.01.91.
7. Лабораторные работы по дисциплине «Основы повышения эксплуатационных свойств поверхностей» для студентов специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технология высокоэффективных процессов обработки материалов: в 2-х частях. / Н.В. Спиридонов, С.Э. Крайко, А.С. Володько. – Минск: БНТУ, 2003. – Ч.1 – 90 с.

Материал поступил в редакцию 13.10.11

SOKOROV I.O., NERODA M.V. Protection from fretting-corrosion of basic surfaces of hard loaded shaft, gas thermal evaporation

In given article are carried out researches of friction between surfaces of contacting bodies at availability of fluctuations of these bodies with amplitude of fluctuations from 1 up to 100 microns and wears of details under such circumstances (fretting-wear process).

In work experimental researches of wear of materials depending on a specific load, amplitude and frequency of fluctuations ph. On the basis of the received results of tests, for increase of durability of details of cars are executed, authors it is offered to put coverings with the certain physicomachanical both operational properties gas-flame and plasma in the ways. It is established, that the developed way allows to lower intensity of wear process of details of cars significantly.

УДК 538.3

Остриков О.М.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ У ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛА, ДЕФОРМИРУЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ, ПРИ НАЛИЧИИ КЛИНОВИДНОГО ДВОЙНИКА

Введение. Решение задач механики деформируемого твердого тела с учетом локализации напряжений на двумерных дефектах кристаллической решетки, к которым относятся границы двойника, имеет важное значение, так как позволяет более точно оценивать прочностные характеристики эксплуатируемого материала. При этом будет учитываться физическое явление, которое может оказать отрицательное влияние на прочность применяемого на практике материала, когда прогнозируемый ресурс прочностных свойств материала еще не исчерпан [1]. Это связано с тем, что границы двойников являются концентраторами больших внутренних напряжений и выступают инициаторами зарождения трещин [2].

Целью данной работы стал расчет с использованием макроскопической дислокационной модели полей напряжений в упругом полупространстве, деформируемом распределенной на отрезке нагрузке при наличии у поверхности клиновидного двойника.

Постановка задачи и ее решение. Поля напряжений в нагруженном упругом полупространстве при произвольном распределении нормальных $p(x)$ и касательных усилий $q(x)$ определяются по формулам [3]:

$$\begin{aligned}\sigma_{xx}^e(x, y) &= -\frac{2y}{\pi} \int_{-b}^a \frac{p(s)(x-s)^2 ds}{[(x-s)^2 + y^2]^2} - \frac{2}{\pi} \int_{-b}^a \frac{q(s)(x-s)^3 ds}{[(x-s)^2 + y^2]^2}, \\ \sigma_{yy}^e(x, y) &= -\frac{2y^3}{\pi} \int_{-b}^a \frac{p(s) ds}{[(x-s)^2 + y^2]^2} - \frac{2y^2}{\pi} \int_{-b}^a \frac{q(s)(x-s) ds}{[(x-s)^2 + y^2]^2}, \\ \sigma_{xy}^e(x, y) &= -\frac{2y^2}{\pi} \int_{-b}^a \frac{p(s)(x-s) ds}{[(x-s)^2 + y^2]^2} - \frac{2y}{\pi} \int_{-b}^a \frac{q(s)(x-s)^2 ds}{[(x-s)^2 + y^2]^2}, \quad (1)\end{aligned}$$

где a и b определяют размер полосы, к которой приложена нагрузка (рисунок 1); s – параметр интегрирования.

Поля напряжений у клиновидного двойника, находящегося у поверхности кристалла, могут быть определены с использованием методики расчета, разработанной в [4]. При этом, поля напряжений у клиновидного двойника могут быть рассчитаны как суперпозиция напряжений $\sigma_{ij}^{(1)}(x, y)$ и $\sigma_{ij}^{(2)}(x, y)$, создаваемых каждой из двойниковых границ [4]:

Остриков Олег Михайлович, к.ф.-м.н., доцент кафедры инженерной графики Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого.

Беларусь, ГГТУ им. П.О. Сухого, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.

Машиностроение

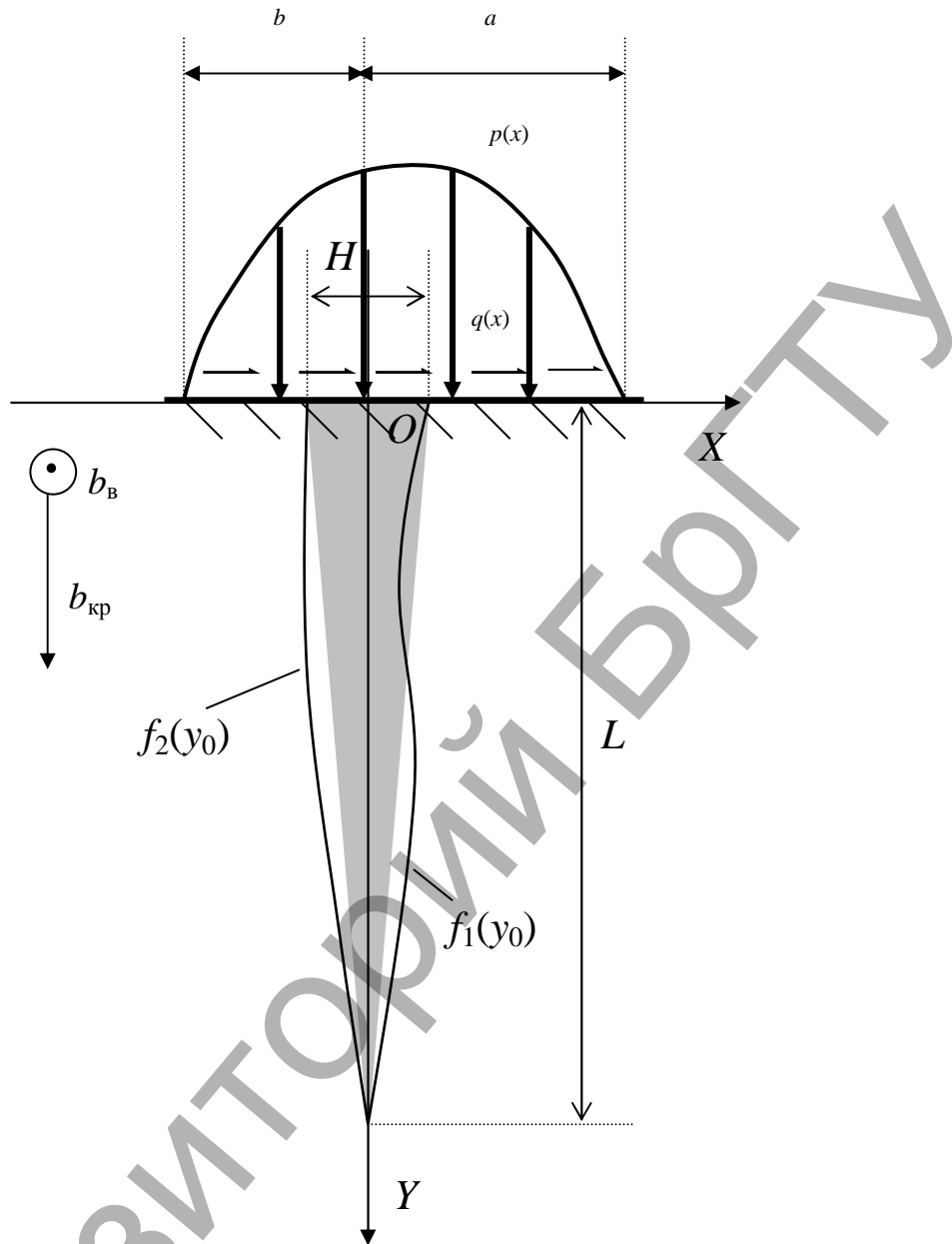


Рис. 1. Схематическое изображение клиновидного двойника, расположенного у поверхности кристалла при действующей на нее распределенной нагрузке

$$\sigma_{ij}^{tw}(x, y) = \sigma_{ij}^{(1)}(x, y) + \sigma_{ij}^{(2)}(x, y). \quad (2)$$

Напряжения $\sigma_{ij}^{(1)}(x, y)$ и $\sigma_{ij}^{(2)}(x, y)$ задаются криволинейными интегралами

$$\sigma_{ij}^{(1)} = \int_{L_1} \rho_1 \sigma_{ij}^{(1,0)} ds; \quad (3)$$

$$\sigma_{ij}^{(2)} = \int_{L_2} \rho_2 \sigma_{ij}^{(2,0)} ds, \quad (4)$$

где L_1 и L_2 – профили двойниковых границ, вдоль которых ведется интегрирование; ρ_1 и ρ_2 – плотности двойникующих дислокаций на двойниковых границах; $\sigma_{ij}^{(1,0)}$ и $\sigma_{ij}^{(2,0)}$ определяются из соотношений:

$$\sigma_{xx}^{(1,0)} = -D_1 \frac{(x - f_1(y_0))[(x - f_1(y_0))^2 - (y - y_0)^2]}{[(x - f_1(y_0))^2 + (y - y_0)^2]^2} +$$

$$+ D_1 \frac{(x - f_1(y_0))[(x - f_1(y_0))^2 - (y + y_0)^2]}{[(x - f_1(y_0))^2 + (y + y_0)^2]^2} +$$

$$+ 4D_1 \frac{(x - f_1(y_0))y_0[(x - f_1(y_0))^2(3y + 2y_0) - (y + y_0)^2(y - 2y_0)]}{[(x - f_1(y_0))^2 + (y + y_0)^2]^3},$$

$$\sigma_{yy}^{(1,0)} = -D_1 \frac{(x - f_1(y_0))[(x - f_1(y_0))^2 + 3(y - y_0)^2]}{[(x - f_1(y_0))^2 + (y - y_0)^2]^2} +$$

$$+ D_1 \frac{(x - f_1(y_0))[(x - f_1(y_0))^2 + 3(y + y_0)^2]}{[(x - f_1(y_0))^2 + (y + y_0)^2]^2} -$$

$$- 4D_1 \frac{(x - f_1(y_0))y_0[(x - f_1(y_0))^2 - 3(y + y_0)^2]}{[(x - f_1(y_0))^2 + (y + y_0)^2]^3};$$

$$\sigma_{xy}^{(1,0)} = -D_1 \frac{(y - y_0)[(x - f_1(y_0))^2 - (y - y_0)^2]}{[(x - f_1(y_0))^2 + (y - y_0)^2]^2} +$$

$$\begin{aligned}
 & +D_1 \frac{(y+y_0)[(x-f_1(y_0))^2 - (y+y_0)^2]}{[(x-f_1(y_0))^2 + (y+y_0)^2]^2} - \\
 & -2D_1 y_0 \frac{(x-f_1(y_0))^4 - 6(x-f_1(y_0))^2 y(y_0) + (y-y_0)(y+y_0)^3}{[(x-f_1(y_0))^2 + (y+y_0)^2]^3}, \\
 \sigma_{xz}^{(1,0)} & = D_2 \left[\frac{y-y_0}{(x-f_1(y_0))^2 + (y-y_0)^2} - \frac{y+y_0}{(x-f_1(y_0))^2 + (y+y_0)^2} \right], \\
 \sigma_{yz}^{(1,0)} & = -D_2 \left[\frac{x-f_1(y_0)}{(x-f_1(y_0))^2 + (y-y_0)^2} - \frac{x-f_1(y_0)}{(x-f_1(y_0))^2 + (y+y_0)^2} \right]; (5) \\
 \sigma_{xx}^{(2,0)} & = -D_1 \frac{(x-f_2(y_0))[(x-f_2(y_0))^2 - (y-y_0)^2]}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y-y_0)^2]^2} + \\
 & + D_1 \frac{(x-f_2(y_0))[(x-f_2(y_0))^2 - (y+y_0)^2]}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y+y_0)^2]^2} + \\
 & + 4D_1 \frac{(x-f_2(y_0))y_0[(x-f_2(y_0))^2(3y+2y_0) - (y+y_0)^2(y-2y_0)]}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y+y_0)^2]^3}, \\
 \sigma_{yy}^{(2,0)} & = -D_1 \frac{(x-f_2(y_0))[(x-f_2(y_0))^2 + 3(y-y_0)^2]}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y-y_0)^2]^2} + \\
 & + D_1 \frac{(x-f_2(y_0))[(x-f_2(y_0))^2 + 3(y+y_0)^2]}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y+y_0)^2]^2} - \\
 & - 4D_1 \frac{(x-f_2(y_0))y_0[(x-f_2(y_0))^2 - 3(y+y_0)^2]}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y+y_0)^2]^3}, \\
 \sigma_{xy}^{(2,0)} & = -D_1 \frac{(y-y_0)[(x-f_2(y_0))^2 - (y-y_0)^2]}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y-y_0)^2]^2} + \\
 & + D_1 \frac{(y+y_0)[(x-f_2(y_0))^2 - (y+y_0)^2]}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y+y_0)^2]^2} - \\
 & - 2D_1 y_0 \frac{(x-f_2(y_0))^4 - 6(x-f_2(y_0))^2 y(y_0) + (y-y_0)(y+y_0)^3}{[(x-f_2(y_0))^2 + (y+y_0)^2]^3}, \\
 \sigma_{xz}^{(2,0)} & = D_2 \left[\frac{y-y_0}{(x-f_2(y_0))^2 + (y-y_0)^2} - \frac{y+y_0}{(x-f_2(y_0))^2 + (y+y_0)^2} \right], \\
 \sigma_{yz}^{(2,0)} & = -D_2 \left[\frac{x-f_2(y_0)}{(x-f_2(y_0))^2 + (y-y_0)^2} - \frac{x-f_2(y_0)}{(x-f_2(y_0))^2 + (y+y_0)^2} \right]; (6)
 \end{aligned}$$

где $D_1 = \frac{\mu b_{кр}}{2\pi(1-\nu)}$, $D_2 = \frac{\mu b_v}{2\pi}$ (здесь μ – модуль сдвига;

ν – коэффициент Пуассона; $b_{кр}$ и b_v – краевая и винтовая составляющие вектора Бюргера двойнивающей дислокации, направление которых принято таким, как показано на рис. 1); y_0 – расстояние от дислокации до поверхности.

Соотношения (5) и (6) получены из формул для расчета полей напряжений у единичной дислокации, находящейся у поверхности кристалла [5].

Криволинейные интегралы (3) и (4) сводятся [4] к определенным интегралам вида

$$\sigma_{ij}^{(1)}(x, y) = \int_0^L \sqrt{1 + (f_1'(y_0))^2} \rho_1(y_0) \sigma_{ij}^{(1,0)}(x, y, y_0) dy_0; (7)$$

$$\sigma_{ij}^{(2)}(x, y) = \int_0^L \sqrt{1 + (f_2'(y_0))^2} \rho_2(y_0) \sigma_{ij}^{(2,0)}(x, y, y_0) dy_0. (8)$$

В данной работе ограничимся случаем прямолинейных двойниковых границ. Тогда можно принять [4]

$$f_1(y_0) = \frac{H}{2} \left(1 - \frac{y_0}{L} \right); (9)$$

$$f_2(y_0) = -\frac{H}{2} \left(1 - \frac{y_0}{L} \right). (10)$$

Результирующие напряжения, таким образом, находятся из соотношения:

$$\sigma_{ij}(x, y) = \sigma_{ij}^e(x, y) + \sigma_{ij}^{tw}(x, y). (11)$$

Результаты и их обсуждение. Результаты расчетов представлены на рисунках 2–6. Принималось $H = 31$ мкм; $L = 100$ мкм; $b_{кр} = 0,124$ нм; для железа: $a = 0,248$ нм [6]. Ограничимся рассмотрением распределения только сдвиговых напряжений σ_{xy} , которые играют важную роль в процессах междислокационного взаимодействия.

При отсутствии внешних напряжений скалывающие напряжения σ_{xy} локализируются на двойниковых границах и у вершины двойника, а также в области несколько удаленной от средней части двойника (рисунок 2). Высокий уровень данные напряжения имеют и у поверхности кристалла и внутри двойника. Напряжения у клиновидного двойника, находящегося у поверхности, знакопеременны. Они положительны у вершины и у устья двойника и отрицательны в остальных областях (рисунок 2).

В плане изучения влияния внешних распределенных на поверхности напряжений на напряженное состояние у двойника интересны случаи, когда область действия внешних напряжений равна ширине двойника у устья или значительно ее превосходит. Случай сосредоточенных напряжений в данной работе рассматривать не будем. Для физического анализа удобно рассмотрение вариантов, когда $p(s) = \text{const} \neq 0$, $q(s) = 0$ и $p(s) = 0$, $q(s) = \text{const} \neq 0$.

На рисунок 3 показано распределение напряжений σ_{xy} в случае, когда $p(s) = 100$ Н/м; $q(s) = 0$ при $a = b = H/2$. В этом случае нормальная распределенная нагрузка $p(s)$ перестает действовать на двойниковых границах. Это приводит к тому, что в данных областях существенно возрастают внутренние напряжения. Происходит перераспределение напряжений таким образом, что у одной из границ двойника они положительны, а у другой – отрицательны (рисунок 3). Это в свою очередь способствует активизации процесса генерации двойнивающих дислокаций на одной из границ и подавлению этого процесса у другой.

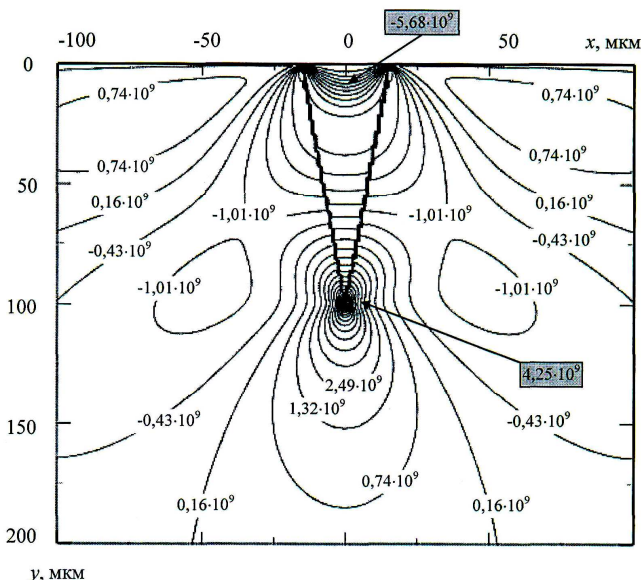


Рис. 2. Распределение сдвиговых напряжений σ_{xy} у клиновидного двойника при отсутствии внешних сил

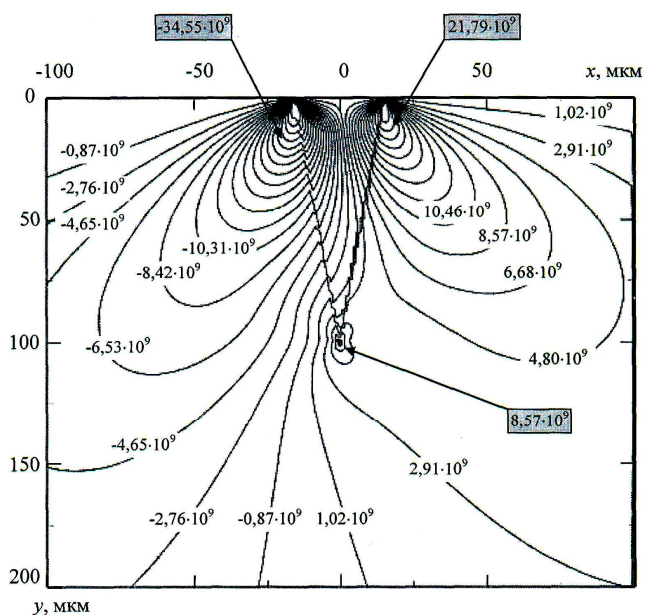


Рис. 3. Распределение сдвиговых напряжений σ_{xy} у клиновидного двойника при $p(s) = 100$ Н/м, $q(s) = 0$ и $a = b = H/2$

Действие только тангенциальной внешней нагрузки (величиной $q(s) = 100$ Н/м при $p(s) = 0$ и $a = b = H/2$) у устья двойника также способствует увеличению уровня напряжений, но они имеют один знак по обе стороны двойника (рисунок 4) и меняют его только у вершины двойника.

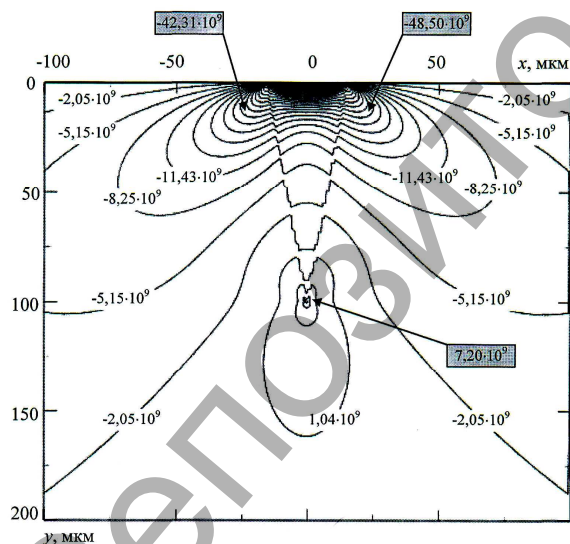


Рис. 4. Распределение сдвиговых напряжений σ_{xy} у клиновидного двойника при $p(s) = 0$, $q(s) = 100$ Н/м и $a = b = H/2$

При $a = b = 5H$ уровень напряжений σ_{xy} , при $p(s) = 100$ Н/м и $q(s) = 0$ (рисунок 5) падает по сравнению с предыдущим случаем, а при $q(s) = 100$ Н/м и $p(s) = 0$ – возрастает (рисунок 6), причем так, что у вершины двойника напряжения имеют одинаковый знак, как и в других областях у двойника.

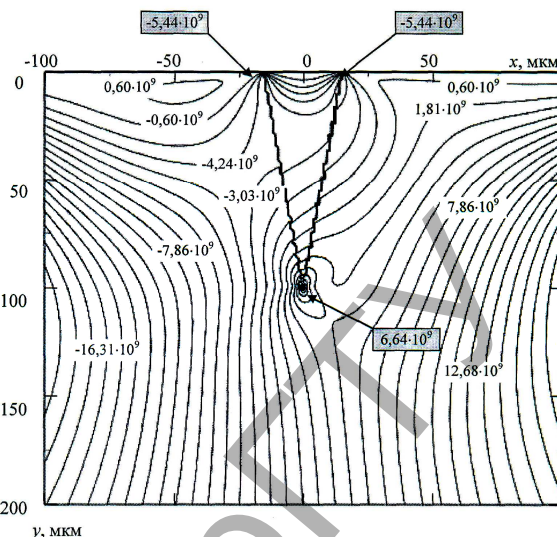


Рис. 5. Распределение сдвиговых напряжений σ_{xy} у клиновидного двойника при $p(s) = 100$ Н/м, $q(s) = 0$ и $a = b = 5H$

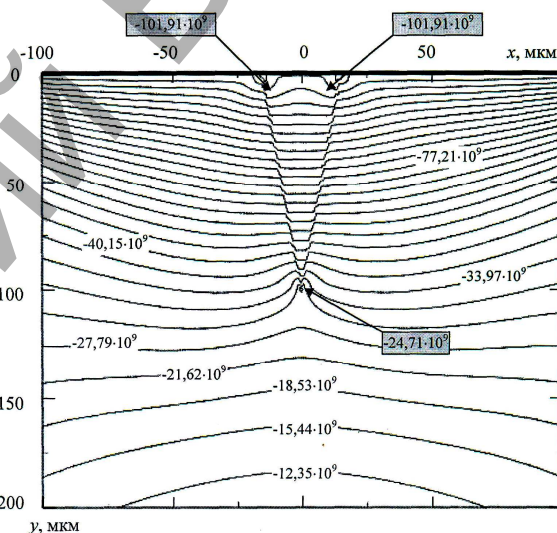


Рис. 6. Распределение сдвиговых напряжений σ_{xy} у клиновидного двойника при $p(s) = 0$, $q(s) = 100$ Н/м и $a = b = 5H$

Заключение. Таким образом, на основании дислокационной макроскопической модели клиновидного двойника, находящегося у поверхности упругого полупространства, без использования модели тонкого двойника, рассчитаны напряжения у клиновидного двойника при деформировании поверхности кристалла распределенной нагрузкой. Впервые показано, что нормальная распределенная нагрузка приводит к знакопеременному характеру сдвиговых напряжений по отношению к направлению развития двойника. Сдвиговые внешне распределенные напряжения выравнивают знак напряжений в области образования клиновидного двойника.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Классен-Неклюдова, М.В. Механическое двойникование кристаллов / М.В. Классен-Неклюдова. – М.: АН СССР, 1960. – 262 с.
2. Финкель, В.М. Разрушение кристаллов при механическом двойниковании / В.М. Финкель, В.А. Федоров, А.П. Королев. – Ростов-на-Дону. – 1990. – 172 с.
3. Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – М.: Мир, 1989. – 510 с.

4. Остриков, О.М. Дислокационная макроскопическая модель клиновидного двойника / О.М. Остриков // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2006, № 2. – С. 10–18.
5. Косевич, А.М. О дислокационной модели двойникования / А.М. Косевич, Л.А. Пастур // Физика твердого тела. – 1961. – Т.3, №4. – С. 1291–1297.
6. Новиков, И.И. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки / И.И. Новиков, Розин К.М.. – М.: Металлургия, 1990. – 336 с.

Материал поступил в редакцию 10.10.11

OSTRIKOV O.M. Pressure condition at a surface of a crystal, the deformable distributed loading, at presence wedge kind the twin

The design procedure of fields of pressure in the elastic semi space deformed by loading distributed on a surface at presence wedge kind of the twin is developed. It is established that the normal distributed loading conducts to redistribution of shift pressure at the twin so that they have a various sign at different borders of the twin. Tangential external pressure increase the general level of pressure at the twin, leading to their redistribution in such a manner that they have one sign at different borders of the twin.

УДК 621.9 06-192:620.1

Омель Д.В., Горбунов В.П.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТОЙКИ КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Введение. Значительную долю парка металлообрабатывающего оборудования составляют многоцелевые станки с числовым программным управлением (ЧПУ), обладающие высокой производительностью и гибкостью в условиях серийного производства. В общем парке многоцелевых станков наиболее распространены компоновки с неподвижной вертикальной стойкой, жестко закрепленной на плите или отливаемой заодно с ней, крестовым или консольным столом, горизонтальным или вертикальным шпинделем, который в свою очередь может обладать дополнительными степенями свободы и быть расположенным внутри или вне стойки.

Большую группу обрабатываемых деталей на многоцелевых станках составляют корпусные детали, которые являются составной частью почти всех машин и механизмов. Точность отдельных поверхностей корпусов достигает 5...6 квалитета, также предъявляются высокие требования к точности формы и взаимного расположения поверхностей. Учитывая высокие требования по точности обработки корпусных деталей, многоцелевые станки должны иметь высокий уровень точности, и при более высоких требованиях к точности станков необходимо производить коррекцию их погрешностей в процессе обработки.

Точность обработанной детали зависит от таких параметров станка, как его геометрическая и кинематическая точность, виброустойчивость, теплостойкость, точность позиционирования (для станков с ЧПУ). Геометрическая точность определяет точность взаимного расположения узлов станка, точность траектории движения исполнительных органов. Главным фактором, приводящим к снижению геометрической точности станка, являются тепловые деформации его базовых деталей. Из-за повышенной энергоемкости многоцелевых станков с ЧПУ через 3...4 часа после начала работы тепловые деформации могут достигать значительных величин (до 0,1 мм и выше) [1].

Детали несущей системы станка подвержены наибольшим тепловым деформациям, так как имеют значительные размеры и теплопроводящие поверхности. Тепловые деформации станка приводят к отклонению взаимного положения инструмента и заготовки, в результате чего увеличиваются погрешности формы и взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, а также снижается точность размеров этих поверхностей. Доля тепловых погрешностей прецизионных станков может составлять 40...70% общей погрешности обработки.

Постановка задачи. При переменных режимах работы станка смещения рабочих органов в результате влияния тепловых деформаций его базовых деталей имеют большой диапазон рассеяния, переменны во времени, носят случайный характер, зависят от мно-

гих факторов, не поддаются точному расчету, что усложняет применение различных методов определения и компенсации температурных погрешностей.

Источниками тепловыделения в станке являются подшипниковые опоры, механические передачи, электрооборудование, процесс резания (особенно при черновой обработке), элементы гидросистемы и др. Теплота от этих источников распределяется между деталями станка неравномерно, что приводит к искажению геометрической формы базовых деталей.

Обработка деталей на многоцелевых станках характеризуется чередующимися режимами резания, – частота вращения шпинделя, подача и глубина резания, следовательно, происходит изменение сил резания. В этом случае мощности источников тепловыделения будут величинами переменными. Силы резания создают дополнительные моменты трения в подшипниковых опорах и вызывают дополнительное тепловыделение в механических передачах. Таким образом, в деталях несущей системы станка формируются нестационарные тепловые поля.

Для повышения точности обработки и надежности многоцелевых станков с ЧПУ в межпериодный период необходимо осуществлять диагностирование тепловых деформаций базовых деталей станка и принимать меры для их компенсации и снижения влияния на точность обработки.

Поскольку прямое измерение величины температурных смещений элементов станка в процессе эксплуатации затруднено, необходимо применять другие методы. В связи с развитием вычислительной техники широкое применение при описании термоупругих процессов, происходящих в станках, получили численные методы: – физическое и математическое моделирование, основанное на методе теплового подобия, метод конечных элементов (МКЭ), метод граничных элементов (МГЭ), метод конечных разностей (МКР).

При термоупругих расчетах деталей, имеющих сложную и неправильную форму, наиболее приемлемым среди численных методов является МКЭ, реализованный в отдельных программных модулях. Поэтому предлагается применить компьютерное моделирование термоупругих процессов, протекающих в стойке консольно-фрезерного станка в условиях работы под нагрузкой.

Методика исследования. При исследовании рассматривается работа многоцелевого станка в межпериодный период, когда производится механическая обработка партии деталей «Корпус». Согласно типовому технологическому процессу обработка всех поверхностей детали выполняется на нескольких единицах оборудования. Операция технологического процесса, выполняемая на многоцеле-

Омель Дмитрий Владимирович, магистр, ассистент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики Брестского государственного технического университета.

Горбунов Виктор Петрович, к.т.н., зав. кафедрой машиноведения Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.