

Редакционный совет

Голенков В.А. д-р техн. наук,
проф., председатель
Радченко С.Ю. д-р техн. наук,
проф., зам. председателя
Борзенков М.И. канд. техн. наук, доц.,
секретарь
Астафичев П.А. д-р юрид. наук, проф.
Иванова Т.Н. д-р техн. наук, проф.
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф.
Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.
Константинов И.С. д-р техн. наук, проф.
Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.
Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.
Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.

Редколлегия

Главный редактор
Степанов Ю.С. д-р техн. наук,
проф., заслуженный деятель науки
Российской Федерации

Заместители главного редактора
Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.
Киричек А.В. д-р техн. наук, проф.
Подмастерьев К.В. д-р техн. наук, проф.

Члены редколлегии

Бабичев А.П. д-р техн. наук, проф.
Вдовин С.И. д-р техн. наук, проф.
Дмитриев А.М. д-р техн. наук, проф.,
член-кор. РАН
Емельянов С.Г. д-р техн. наук, проф.
Зубарев Ю.М. д-р техн. наук, проф.
Зубчанинов В.Г. д-р физ.-мат. наук, проф.
Иванов Б.Р. д-р техн. наук, проф.
Колесников К.С. д-р техн. наук,
проф., академик РАН
Копылов Ю.Р. д-р техн. наук, проф.
Малинин В.Г. д-р физ.-мат. наук, проф.
Мулюкин О.П. д-р техн. наук, проф.
Осадчий В.Я. д-р техн. наук, проф.
Панин В.Е. д-р техн. наук, проф.,
академик РАН
Распопов В.Я. д-р техн. наук, проф.
Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф.

Ответственный за выпуск

Григорьева О.Ю.

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 41-98-48, 55-55-24, 41-98-03,
55-05-81
www.gu-unpk.ru
E-mail: met_lit@ostu.ru

Зарег. в Федеральной службе по
надзору в сфере связи, информаци-
онных технологий и массовых ком-
муникаций. Свидетельство ПИ №
ФС77-47351 от 03 ноября 2011 года

Подписной индекс 29504

по объединенному каталогу «Пресса
России»

© Госуниверситет – УНПК, 2012

Содержание

Естественные науки

Малинин Г.В. Развитие метода эффективного поля для расчета структурных напряжений на фронте мартенситных превращений.....	3
Магомедов Г.М., Яхьяева Х.Ш., Козлов Г.В. Зависимость аутогезии полимеров от их молекулярной структуры.....	8
Поландов Ю.Х. К вопросу о центральном взрыве газо-воздушной смеси в сферическом объеме Головешкин В.А., Катугин И.А., Козырев Ю.М., Пономарев А.В., Яблочко С.В. Аналитическое исследование изменения цилиндрической формы поверхности в процессе горячего изостатического прессования.....	14
Охлопков Н.Л., Черемных С.В. О предельных поверхностях критических напряжений и деформаций материала в решении задачи устойчивости круговой цилиндрической оболочки при простых процессах.....	22
Журавлева А.В., Воронина Г.В. Мощность и кпд ударных механизмов III класса при автономном приводе.....	30
Журавлева А.В., Воронина Г.В. Мощность и кпд ударных механизмов III класса при автономном приводе.....	37

Моделирование технологических процессов

Крышень Е.В. Имитационное моделирование производственных процессов.....	41
Елисеев С.В., Хоменко А.П. Теоретические основы динамического гашения колебаний в системе «объект защиты – механическая цепь как дополнительная обратная связь с двумя степенями свободы».....	46

Конструирование, расчеты, материалы

Букацкий С.А., Лёшин Д.П. Расчёт стяжного вала компрессора ГТД семейства Д-30К методом эквивалентной жесткости.....	54
Поляков Р.Н. Увеличение ресурса тяжело нагруженных опор валков прокатных станов за счет совмещения подшипников качения и скольжения.....	59
Радченко С.Ю., Дорохов Д.О. Анализ мер деформаций.....	67
Савин Л.А., Сливинский Е.В., Митина Т.Е., Пивоваров О.А. Повышение надежности ГРМ тепловозного дизеля за счёт снижения в нём ударных нагрузок.....	75
Сергиев А.П., Проскурин А.А., Логачев В.Н. Влияние эффекта Баушингера на листовую вырубку.....	82

Машиностроительные технологии и инструменты

Анисимов Р.В., Тарапанов А.С. Силы резания при зубодолбления колес с внутренними зубьями неэвольвентного профиля.....	86
Бекташов Д.А., Крапостин А.А. Определение основных параметров надежности минералокерамического режущего инструмента.....	94
Сергиев А.П., Проскурин А.А. Проведение контрольных экспериментов для оптимизации нового технологического процесса реверсивной вырубки листовых деталей.....	99

Приборостроение и биотехнические системы

Рабочий А.А. Повышение чувствительности преобразователей с датчиками, использующими резисторные и ёмкостные сенсорные элементы.....	104
Руднев Д.О., Сычугов А.А. Алгоритм инициализации терминальных устройств в системах мониторинга инфраструктурных объектов.....	108
Бондарева Л.А. Исследование нормальности распределения вероятности результатов измерения биоэлектрических потенциалов растений.....	115

Испытания, контроль, диагностика и управление качеством

Пахолкин Е.В., Подмастерьев К.В. Интеллектуализация электрических методов трибомониторинга.....	119
Алауев Р.В., Иванов Ю.В., Малютин Д.М., Плясов А.В., Распопов В.Я., Сидоров П.Г. Результаты испытаний многооборотного электропривода для управления запорной арматурой трубопроводного транспорта.....	125
Буйнов А.П., Тихонов В.А. Методика прогнозирования ресурса бандажей колесных пар локомотивов.....	136
Гаврилина В.А. Процедура уточнения вкладов факторов в комбинации «высокоэффективная жидкостная хроматография – метод главных компонент».....	145
Захаров М.Г. Особенности функционального диагностирования подшипниковых опор электропараметрическим методом.....	152



The journal is published since 1995
The journal is published 6 times a year

№ 5 (295) 2012

September-october

Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology

The founder – The Federal State Higher Education Professional Institution
«State University – Education-Scientific-Production Complex»
(State University – ESPC)

Editorial council

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.,
president

Radchenko S.Y. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president

Borzenkov M.I. Candidate Sc.
Tech., Assistant Prof., secretary

Astafichev P.A. Doc. Sc. Law., Prof.

Ivanova T.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Novikov A.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Popova L.V. Doc. Sc. Ec., Prof.

Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editorial Committee

Editor-in-chief

Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.,
honored worker of science of Russian
Federation

Editor-in-chief Assistants

Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Podmasteryev K.V. Doc. Sc. Tech.,
Prof.

Member of editorial board

Babichev A.P. Doc. Sc. Tech., Prof.

Vdovin S.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Dmitriev A.M. Doc. Sc. Tech., Prof.,

Corresponding Member of RAS

Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof.

Zubarev Y.M. Doc. Sc. Tech., Prof.

Subchaninov V.G. Doc. Sc. Ph.-Math, Prof.

Ivanov B.R. Doc. Sc. Tech., Prof.

Kolesnikov K.S. Doc. Sc. Tech.,

Prof., Academician of RAS

Kopylov Y.R. Doc. Sc. Tech., Prof.

Malinin V.G. Doc. Sc. Ph.-Math., Prof.

Mulyukin O.P. Doc. Sc. Tech., Prof.

Osadchy V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof.

Panin V.E. Doc. Sc. Tech., Prof.,

Academician of RAS

Raspopov V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof.

Smolenzev V.P. Doc. Sc. Tech., Prof.

Responsible for edition

Grigorieva O.Yu.

Address

302020 Orel,

Naugorskoe Chosse, 29

(4862) 41-98-48, 55-55-24, 41-98-03,

55-05-81

www.gu-unpk.ru

E-mail: met_lit@ostu.ru

Journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. The certificate of registration PI № FS77-47351 from 03.11.2011

Index on the catalogue of the «Pressa Rossi» 29504

© State University – ESPC, 2012

Contents

Natural science

Malinin G.V. Development of the method for the calculation of the effective field structural stresses on the front of martensitic transformations.....	3
Magomedov G.M., Yahyaeva Kh.Sh., Kozlov G.V. The dependence of the adhesion polymers from their molecular structure.....	8
Polandov YU.H. To the question about the explosion of the gas-air the mixture in a spherical volume.....	14
Goloveshkin V.A., Kalugin I.A., Kozlyev Yu.M., Ponomarev A.V., Yablochko S.V. Analytical study of the change in the surface's cylindrical form under hot isostatic pressing.....	22
Okhlopov N.L., Cheremnykh D.C. On the surfaces of the critical stress and deformation of the material in solving the problem of the stability of a circular cylindrical shell for simple processes.....	30
Zhuravleva A.V., Voronina G.V. The power and efficiency of percussion mechanisms class III when the offline drive.....	37

Process modeling

Kryshen E.V. Simulation modeling of production processes.....	41
Eliseev S.V., Khomenko A.P. Theoretical basis of dynamical absorption of oscillation in system: «object of protection – additional feed-back control tie as mechanical chain».....	46

Construction, calculation, material

Bukatyi S.A., Leshin D.P. Analysis of the coupling shaft of the gas turbine compressor of d-30 family by the method of equivalent rigidity.....	54
Polyakov R.N. Reliability improvement of rotor supports by combining rolling-elements bearings and fluid-film bearings.....	59
Radchenko S.YU., Dorokhov D.O. Strain measures analysis.....	67
Savin L.A., Slivinsky E.V., Mitina I.E., Pivovarov O.A. Increase of reliability of the timing of locomotive diesel engine due to the decline in the it loads.....	75
Sergiev A.P., Proskurin A.A., Logachev V.N. The influence of Bauschinger' effect on the sheet cuttings.....	82

Machine building technology and toolware

Anisimov R.V., Tarapanov A.S. Forces of cutting at gear shaping of sprockets with interior teeths not involute the profile.....	86
Bektasov D.A., Krapostin A.A. Determination of the basic parameters of reliability mineralokeramicheskogo cutting tool.....	94
Sergiev A.P., Proskurin A.A. The carrying out of a control experiment for the new technology process optimization of the reverse punching of sheet articles.....	99

Instrument making and biotechnological system

Rabochiy A.A. Improving sensitivity transducer with sensors using and resistors capacitive sensor elements.....	104
Rudnev D.O., Sychugov A.A. Algorithm of initialization of terminal devices in systems of monitoring of infrastructural objects.....	108
Bondareva L.A. Research of the normality of the probability distribution of the results of measurement of biopotentials plants.....	115

Tests, control, diagnostics and quality control

Pakholkina E.V., Podmasteryev K.V. Intellectualization of electric methods of tribomonitoring.....	119
Alaluev R.V., Ivanov Y.V., Malyutin D.M., Plyasov A.V., Raspopov V.YA., Sidorov P.G. The results of the testing of part-turn actuator to control stopvalves of the pipeline transport.....	125
Buinov A.P., Tikhonov V.A. Technique of forecasting of the resource of bandages of wheel pairs of locomotives.....	136
Gavrilina V.A. Procedure for clarification of deposits in combination of factors, "high performance liquid chromatography – principal component".....	145
Zakharov M.G. Features of functional diagnosing of bearings an electro parametric metod.....	152

Journal is included into the list of the Higher Examination Board for publishing the results of theses for competition the academic degrees.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 539.374.02+574.4

Г.В. МАЛИНИН

РАЗВИТИЕ МЕТОДА ЭФФЕКТИВНОГО ПОЛЯ ДЛЯ РАСЧЕТА СТРУКТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ФРОНТЕ МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

В настоящей статье приведены результаты развития метода эффективного поля структурно-аналитической мезомеханики материалов с эффектом памяти формы. Представлена система уравнений для расчета фазового состава, структурных параметров и межфазных напряжений на границе аустенита и мартенсита при обратимых фазовых превращениях.

Ключевые слова: метод эффективного поля, структурные напряжения, фронт фазовых превращений мартенситного типа, материал с эффектом памяти формы, структурно-аналитическая мезомеханика материалов.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из самых сложных проблем в физике прочности и механике пластичности является расчет структурно-механических полей напряжений характеризующих взаимодействие, а также взаимовлияние между структурными уровнями. Для расчета структурных напряжений необходимо вводить соответствующие эффективные напряжения, отражающие специфику массопереноса на каждом масштабном и структурном уровне. Развивается метод эффективного поля для расчета структурных напряжений, возникающих на фронте фазовых мартенситных превращений в материалах, обладающих эффектами памяти формы [1]. Особое внимание уделено расчету межфазных напряжений, обусловленных анизотропией теплового расширения аустенита (γ_{ik}^A) и мартенсита (γ_{ik}^M), конечной величиной дисторсии превращения (D_{ik}) (в частности, из-за ненулевого следа тензора (D_{ik})), анизотропии упругой податливости мартенсита (E_{ikpq}^M)⁻¹ и аустенита (E_{ikpq}^A)⁻¹, разницей в коэффициентах теплового расширения и сжимаемости фаз, а также структурных напряжений межчастичного взаимодействия, обусловленных механизмами пластической аккомодации на фронте фазовых превращений за счет инициирования атермических сдвигов или двойникования. Рассмотрим метод расчета структурных напряжений, возникающих в материалах с эффектом памяти формы (ЭПФ) при термосиловом воздействии.

1 МЕЖФАЗНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ОБУСЛОВЛЕННЫЕ АНИЗОТРОПИЕЙ УПРУГИХ И ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ

Следуя методике, изложенной в [1-4]], можно сформулировать кинетические уравнения для расчета межфазных напряжений, вызываемых несовместностью температурных деформаций аустенита и мартенсита:

$$\begin{aligned} {}_T \dot{\Lambda}_{ik}^{A \rightarrow M} = M_{ikpq}^{A \rightarrow M} E_{pqmn}^M \left\{ \left[\left(\langle \gamma_{mn}^A \rangle - \gamma_{mn}^M \right) \dot{T} + \frac{1}{3} \delta_{mn} D_{mn} \dot{\Phi}_m \right] \times \right. \\ \times \left[A_1 \Phi (\Phi^0 - \Phi) + A_2 \Phi_m (1 - \Phi_m) + A_3 \Phi_\Sigma (1 - \Phi_\Sigma) \right] - \\ \left. - \left[\left(\langle \gamma_{mn}^A \rangle - \gamma_{mn}^M \right) (T - T_1) + \frac{1}{3} \delta_{mn} D_{mn} \Phi_m \right] \times \right. \\ \left. \times \left[A_1 \dot{\Phi} (\Phi^0 - 2\Phi) + A_2 \dot{\Phi}_m (1 - 2\Phi_m) + A_3 \dot{\Phi}_\Sigma (1 - 2\Phi_\Sigma) \right] \right\}, \quad (1) \\ {}_T \dot{\Lambda}_{ik}^{M \rightarrow A} = M_{ikpq}^{M \rightarrow A} E_{pqmn}^A \left\{ \left[\left(\langle \gamma_{mn}^M \rangle - \gamma_{mn}^A \right) \dot{T} + \frac{1}{3} \delta_{mn} D_{mn} \dot{\Phi}_m \right] \times \right. \\ \times \left[A_1 \Phi (\Phi^0 - \Phi) + A_2 \Phi_m (1 - \Phi_m) + A_3 \Phi_\Sigma (1 - \Phi_\Sigma) \right] - \\ \left. - \left[\left(\langle \gamma_{mn}^M \rangle - \gamma_{mn}^A \right) (T - T_1) + \frac{1}{3} \delta_{mn} D_{mn} \Phi_m \right] \times \right. \end{aligned}$$

$$\times \left[A_1 \dot{\Phi} (\Phi^0 - 2\Phi) + A_2 \dot{\Phi}_m (1 - 2\Phi_m) + A_3 \dot{\Phi}_\Sigma (1 - 2\Phi_\Sigma) \right] \}. \quad (2)$$

Здесь $T \dot{\Lambda}_{ik}^{A \rightarrow M}$, $T \dot{\Lambda}_{ik}^{M \rightarrow A}$ – скорости неориентированных микронапряжений на границах раздела фаз мартенсита и аустенита, возникающие при прямом превращении аустенита в мартенсит ($A \rightarrow M$) (1) и при обратном ($M \rightarrow A$) превращении (2). Параметры A_1 , A_2 , A_3 – константы материала, отражающие вклад микро-, мезо- и макромасштабных уровней [1,2,4] в значения $T \dot{\Lambda}_{ik}$, которые могут зависеть от среднего размера фрагментов, зерен, самоаккомодированных групп зерен, например, согласно формуле Холла-Петча [4, 6].

Удельные значения мартенситной фазы на микро- (Φ), мезо- (Φ_m) и макро- (Φ_Σ) масштабных уровнях определяются согласно [1,4,5] следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} \dot{\Phi} = -\dot{T}^* \left\{ H(1 - \Phi_\Sigma) H(-\dot{T}^*) H(\Phi^0 - \Phi) H[M_H - \Phi(M_H - M_K) - T^*] (M_H - M_K)^{-1} + \right. \\ \left. + H(\Phi_\Sigma) H(\Phi^H + \Phi) H(\dot{T}^*) H[T^* + \Phi(A_K - A_H) - A_K] (A_K - A_H)^{-1} \right\}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\Phi_m = \int_0^t \int_{-\Gamma-D}^{\Gamma} \int_D \varphi(S_r) \Psi(S_D) \dot{\Phi} dS_r dS_D dS; \quad \Phi_\Sigma = \int_{\{\Omega\}} f(\Omega) \Phi_m d^3\Omega; \quad (4)$$

$$\int_{-\Gamma}^{\Gamma} \varphi(s_\Gamma) dS_\Gamma = 1; \quad \int_{-D}^D \varphi(s_D) dS_D = 1; \quad T^* = T - \frac{T_0}{q_0} D_{ik} \tau'_{ik}. \quad (5)$$

Здесь Φ^0 , Φ^H – постоянные материала, ограничивающие размеры образующихся кристаллов, соответственно мартенсита или аустенита. Средние значения коэффициентов теплового расширения $\langle \gamma_{mn}^M \rangle$ и $\langle \gamma_{mn}^A \rangle$ рассчитываются по формулам:

$$\langle \gamma_{ik}^M \rangle = \alpha_{mi} \alpha_{nl} \chi_{ti} \chi_{lk} \int_{\{\Omega\}} f(\Omega) \alpha_{mr} \alpha_{ns} \chi_{rp} \chi_{sq} \gamma_{pq}^M d^3\Omega, \quad (6)$$

$$\langle \gamma_{ik}^A \rangle = \alpha_{mi} \alpha_{nk} \int_{\{\Omega\}} f(\Omega) \alpha_{mp} \alpha_{np} \gamma_{pq}^A d^3\Omega, \quad (7)$$

где γ_{ik}^M , γ_{ik}^A , а также E_{ikpq}^M , E_{ikpq}^A – тензоры коэффициентов теплового расширения и коэффициентов упругости мартенсита и аустенита, соответственно, выраженные в их кристаллографических базисах; α_{ik} и χ_{ik} – соответствующие направляющие косинусы.

$$\langle E_{ikpq}^M \rangle = \alpha_{ui} \alpha_{vl} \alpha_{wm} \alpha_{vn} \chi_{ti} \chi_{lk} \chi_{mp} \chi_{nq} \int_{\{\Omega\}} f(\Omega) \alpha_{ua} \alpha_{vb} \alpha_{wc} \alpha_{vd} \chi_{al} \chi_{bf} \chi_{cg} \chi_{dh} E_{lfgh}^M d^3\Omega; \quad (8)$$

$$\langle E_{ikpq}^A \rangle = \alpha_{mi} \alpha_{nk} \alpha_{rp} \alpha_{sq} \int_{\{\Omega\}} f(\Omega) \alpha_{ml} \alpha_{nf} \alpha_{rg} \alpha_{sh} E_{lfgh}^A d^3\Omega. \quad (9)$$

M_{ikpq}^n ($n = A \rightarrow M$ при прямой мартенситной реакции и $M \rightarrow A$ при обратном мартенситном превращении) – тензор, у которого отличны от нуля следующие компоненты:

$$M_{1111}^n = M_1^n; M_{2222}^n = M_2^n; M_{3333}^n = M_3^n; M_{1212}^n = M_{1221}^n = M_{2121}^n = \frac{1}{2} M_4^n;$$

$$M_{1313}^n = M_{1331}^n = M_{3131}^n = \frac{1}{2} M_5^n; M_{2323}^n = M_{2332}^n = M_{3232}^n = \frac{1}{2} M_6^n,$$

где $M_i^n = B_0^k / (B_0^k + A_i^m)$ ($i = 1, 2, \dots, 6$), (при $n = A \rightarrow M$, $k = A$, $m = M$; при $n = M \rightarrow A$, $k = M$, $m = A$), $B_0^k = 2(\langle E_{1111}^k \rangle - \langle E_{1122}^k \rangle)$;