

Новая модель расширяющейся полости для индентации коническим индентором и ее применение для определения внутреннего параметра масштаба полимерных материалов

Предложена новая модель расширяющейся сферической полости (Expanding Cavity Model, ECM) для индентации коническим индентором. Для описания полимерных материалов модель включает изотропное немонокотное деформационное упрочнение. Для учета эффекта размерных эффектов (Indentation Size Effect, ISE) модель включает зависимость предела текучести от градиента деформации на основе предположений градиентной теории пластичности низшего порядка. В частности, градиент эквивалентной (накопленной) пластической деформации используется как нелокальная часть предела текучести. Для прогнозирования твердости, зависящей от глубины вдавливания, на основе предложенной модели достаточно численно проинтегрировать одно нелинейное ОДУ первого порядка, а затем вычислить определенный интеграл. Для локальной модели идеальной пластичности оценка твердости представляет собой аналитическое выражение, которое отличается от известных ЕСМ. Оценка твердости, полученная численно с использованием предложенной модели, сравнивается с экспериментальными данными ISE для поликарбоната (PC) и полиметилметакрилата (PMMA) (рис. 1). Для локальной модели идеальной пластичности полученная в исследовании формула сравнивается с экспериментальными данными по твердости предварительно упрочненных материалов. В обоих случаях модель показывает хорошее согласие с экспериментальными данными. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных позволяет заключить, что собственный масштаб длины PMMA должен быть около 3 микрон и около 9 микрон для PC.

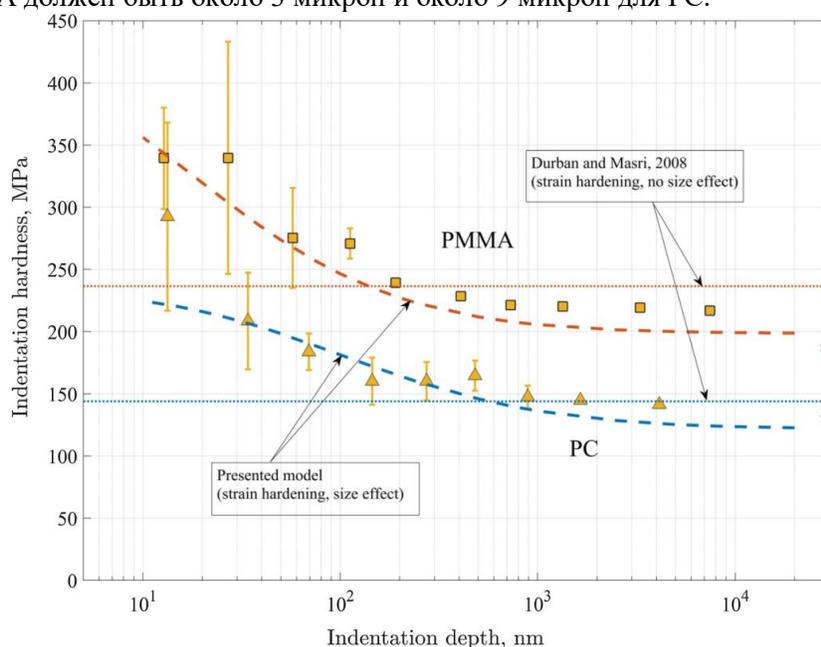


Рис. 1. ISE в PC и PMMA. Штриховая линия – представленная модель со значениями внутреннего параметра масштаба 3 μm для PMMA и 9 μm для PC. Маркеры – экспериментальные данные о микротвердости по Берковичу. Точечный график – решение Durban, Masri, 2008 (локальная модель пластичности с изотропным упрочнением). Звездочки на оси ординат справа – экспериментальные данные о макротвердости PMMA и PC.

Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. Секция механики.

Организации исполнители:

1. Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

Авторы:

1. к.ф.-м.н. Севастьянов Георгий Мамиевич, в.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: akela.86@mail.ru, тел.: +7 914 210 45 28

Опубликовано:

1. Sevastyanov G.M. New expanding cavity model for conical indentation and its application to determine an intrinsic length scale of polymeric materials // Acta Mechanica. 2024. 235, 4229–4251; <https://doi.org/10.1007/s00707-024-03921-2> (WOS Q2 MECHANICS, IF 2.3)

Параметры экзотермических реакций, физические свойства алюмотермитных композиций, структура, химический состав и характеристики сплавов, определяемые фракционным составом основных исходных шихтовых материалов

Исследовано влияние фракционных составов исходных материалов применяемых для формирования термитных шихт используемых в процессах алюмотермитного переplava на плотность термитных смесей, скорость горения композиций, химический состав, структуру, показатели прочности и относительного удлинения. Определено, что показатели насыпной плотности термитных шихт, зависящие от фракций исходных компонентов, изменяются в диапазоне 1110-1923 кг/м³. Значения скорости горения смесей, определяющей в конечном итоге характеристики экспериментальных сплавов, находится в интервале 0,75-14,93 кг/с·м² (рис. 2). Изменение содержания основных химических элементов в сплавах носит сложный характер, и находятся в следующих диапазонах: С=0,067-2,612%; Мп=0,029-1,395%; Si=0,022-1,181%; Al=0,323-11,875%. Результаты исследования механических свойств образцов сплавов показали, что они охватывают показатели предела прочности в интервале 74-816 МПа и относительного удлинения 0,4-5,22% (рис. 3). Анализом изображений структур определено, что в основном структуры характеризуются наличием феррито-перлитной составляющей с развитием видманштетта и мелкодисперсного перлита, мартенсита, а в образцах с содержанием алюминия свыше 2,5%, наблюдается ферритная матрица со сфероидизирующейся цементитосодержащей фазой. Термообработка в виде гомогенизирующего отжига позволила исправить исходные дефектные структуры в виде видманштетта и получить их феррито-перлитный состав с удовлетворительным размером зерна, а также увеличить относительное удлинение образцов экспериментальных сплавов до 14,95%, при незначительном снижении предела прочности при растяжении.

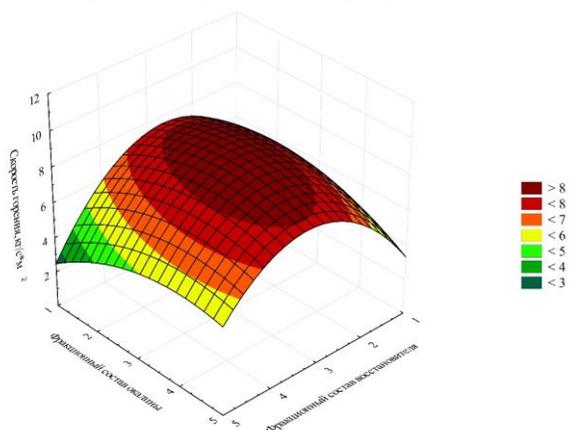


Рис. 2. Зависимость скорости горения термитных смесей от набора фракционных составов окислителя и восстановителя.

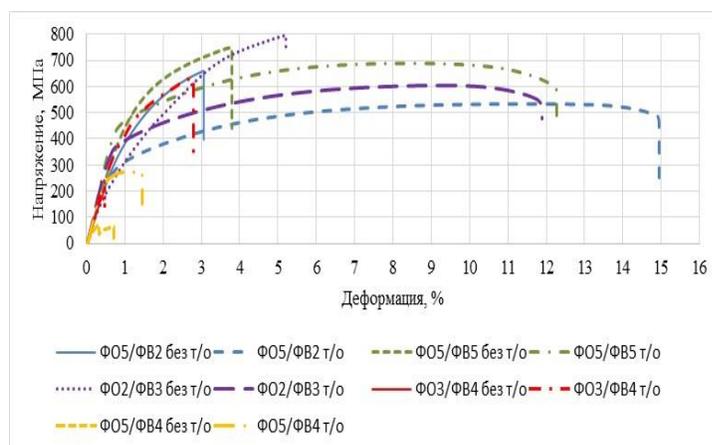


Рис. 3. Сравнительная диаграмма растяжения сплавов, полученных из смесей, сформированных из различных наборов фракционных составов исходных компонентов.

Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. Секция механики.

Организация исполнитель:

1. Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

Авторы:

1. Барсукова Нина Валерьевна, аспирант, ИМиМ ДВО РАН, e-mail: kozhaeva_nina@mail.ru, тел.: +7 929 410 31 79

2. Попов Артем Владимирович, м.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: popov.av@imim.ru, тел.: +7 999 082 42 78

3. к.т.н., доцент Комаров Олег Николаевич, директор, ИМиМ ДВО РАН, e-mail: olegnikolaevitsch@rambler.ru, тел.: +7 909 866 39 67

Опубликовано:

1. Барсукова Н.В., Попов А.В., Комаров О.Н. Эволюция структуры и свойств железоуглеродистых сплавов, получаемых алюмотермией при дифференциации фракционного состава шихтовых материалов // Металлург. 2024. № 11. С. 30-40. (WOS Q4 METALLURGY & METALLURGICAL ENGINEERING, IF 0.8).

Применение порошковой проволоки с алюмотермитным наполнителем для электродуговой сварки стали E40 при низкой температуре

Работа посвящена задаче температурных напряжений, в которой моделируется процесс электродуговой сварки стали E40 при низкой температуре. Для понижения значений остаточных напряжений демонстрируется возможность использования порошковой проволоки с алюмотермитным наполнителем. Применение для электродуговой сварки порошковой проволоки с алюмотермитным наполнителем стали E40 уменьшает область высокой интенсивности остаточных напряжений и их значения (рис. 4), по сравнению с применением традиционного метода сварки (рис.5). Увеличивается температурный интервал, при котором возможно проведения сварочных работ (до -15°C) для стали E40, а значит можно получить качественное сварное соединение с требуемыми механическими параметрами. Комбинированное тепловое воздействие приводит к уменьшению максимальной области интенсивности остаточных напряжений, и снижает их значения на 13%.

Представленный метод сварки увеличивает время охлаждения свариваемой детали из стали E40 при низкой температуре окружающей среды, что дает возможность в процессе сварки исключить предварительный подогрев и последующую термообработку свариваемого соединения, что приводит к сокращению дополнительных производственных операций. Также за счет комбинирования теплового воздействия происходит улучшения качества сварного шва и снижает рост необратимых деформаций, способствующих изменять геометрию (коробление) металлоконструкции по сравнению с электродуговой сваркой проволокой сплошного сечения.

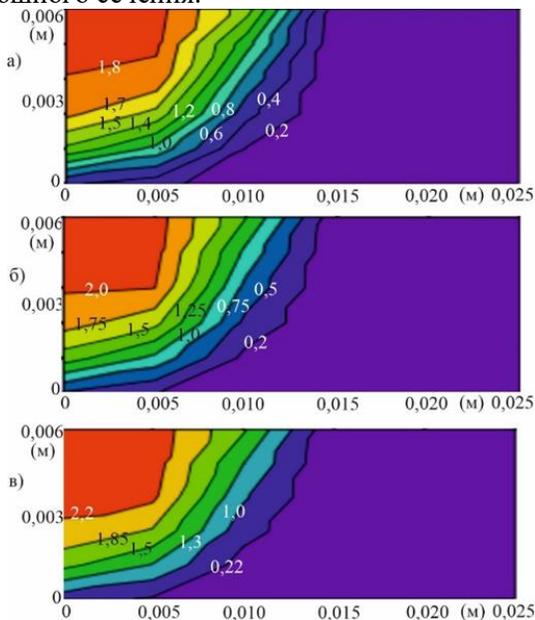


Рис. 4. Распределение и интенсивность остаточных напряжений (Σ/k_0) по толщине пластины от центра сварного шва к периферии, полученного с использованием проволоки сплошного сечения при следующих температурах окружающей среды: а) 20°C б) -5°C в) -15°C

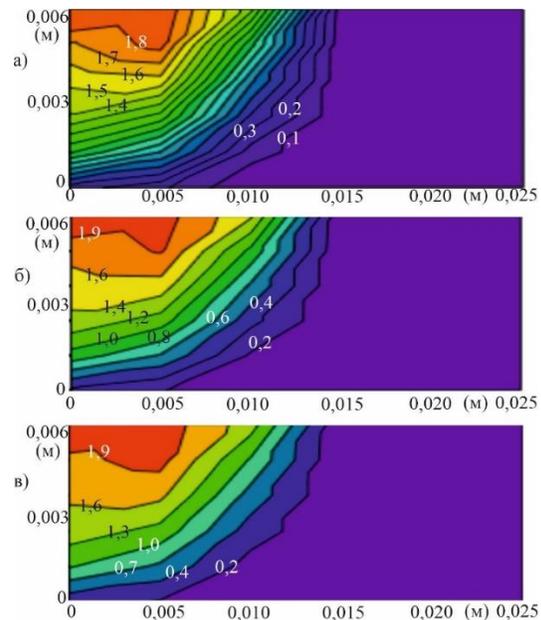


Рис. 5. Распределение и интенсивность остаточных напряжений (Σ/k_0) по толщине пластины от центра сварного шва к периферии, полученного с использованием порошковой проволоки с алюмотермитным наполнителем при следующих температурах окружающей среды: а) 20°C б) -5°C в) -15°C

Организация исполнитель:

1. Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

Авторы:

1. к.ф.-м.н. Ткачева Анастасия Валерьевна, с.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: 4nansi4@mail.ru, тел.: +7 924 224 03 06

2. к.т.н., Абашкин Евгений Евгеньевич, с.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: abashkine@mail.ru, тел.: +7 963 827 32 37

Опубликовано:

1. Ткачева А.В., Абашкин Е.Е. применение порошковой проволоки с алюмотермитным наполнителем для электродуговой сварки стали E40 при низкой температуре *Металлург.* 2024. № 8. С. 60-65. (WOS Q4 METALLURGY & METALLURGICAL ENGINEERING, IF 0.8).

Исследование упрочнения полых сферических заготовок с помощью комбинации гидравлического и температурного автофретирования

Получены точные аналитические решения для напряженно-деформированного состояния сферы в ходе нагрузки и разгрузки, включая повторное пластическое течение, а также в процессе эксплуатации после предварительного упрочнения. Установлено, что присутствие температурного градиента существенно влияет на остаточные и эксплуатационные напряжения в сфере по сравнению с чисто гидравлическим автофретированием. Диапазон технологического давления и его оптимальное значение также заметно меняются в зависимости от приложенного температурного градиента. Как показано на рисунке 6, положительный градиент расширяет диапазон технологического давления и приводит к повышению абсолютной величины остаточных напряжений в окрестности внутренней поверхности сферы и увеличению максимума эксплуатационных напряжений. Кроме того, использование положительного градиента позволяет существенно снизить давление в процессе автофретирования при некотором увеличении уровня эксплуатационных напряжений, которые, тем не менее, заметно ниже напряжений в неупрочненной сфере. Отрицательный градиент температуры сужает диапазон технологического давления, а также приводит к уменьшению абсолютной величины остаточных сжимающих напряжений вблизи внутренней поверхности и снижению эксплуатационных напряжений. Оптимизацией технологических параметров можно добиться значительного снижения эксплуатационных напряжений в сфере по сравнению с гидравлическим методом.

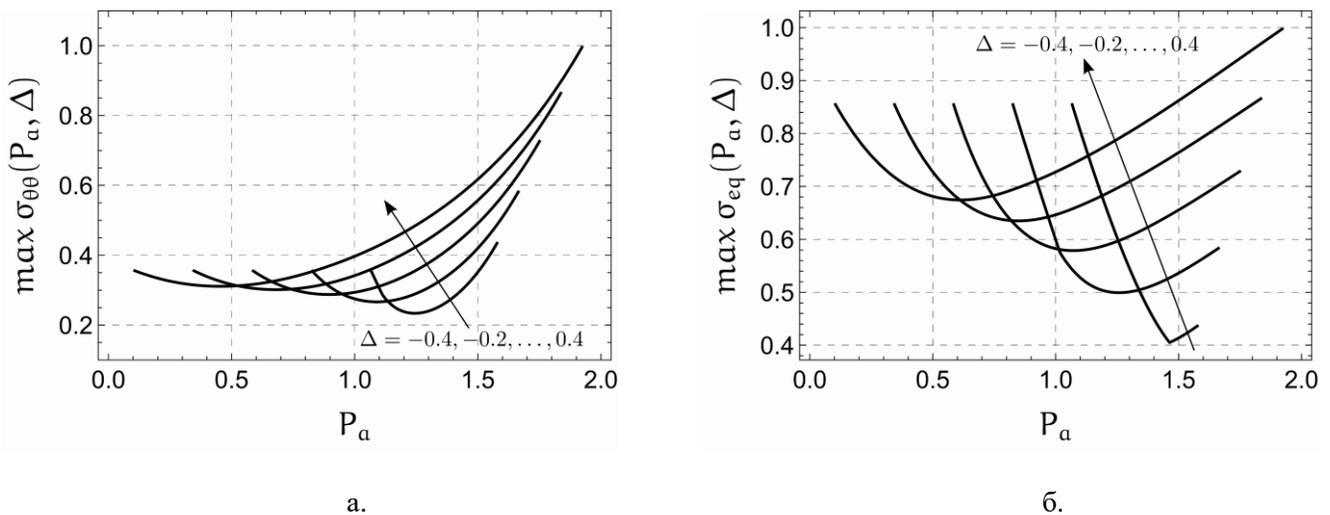


Рис. 6. Максимальные эксплуатационные напряжения в сферической заготовке в зависимости от технологического давления P_a и градиента температуры Δ : (а) тангенциальное и (б) эквивалентное напряжения.

Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. Секция механики.

Организации исполнители:

1. Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

Авторы:

1. к.т.н. Прокудин Александр Николаевич, в.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: sunbeam_85@mail.ru, тел.: +7 914 184 46 13

Опубликовано:

1. Прокудин А.Н. Исследование упрочнения полых сферических заготовок с помощью комбинации гидравлического и температурного автофретирования. Прикладная математика и механика 2024. Т. 88, № 1, С. 139–164. <http://doi.org/10.31857/S0032823524010091> (WOS Q4 MECHANICS, IF 0.6)

Идентификация кэп-модели упругопластичности некомпактных сред в условиях сжимающего среднего напряжения

Предложена программа базовых испытаний и методика идентификации трехмерной изотропной модели упругопластичности пористой либо порошкообразной консолидируемой среды, испытывающей произвольное квазистатическое нагружение в условиях сжимающего среднего напряжения при комнатной температуре. Такая среда в условиях сжимающих средних напряжений уплотняется при повышении эффективного напряжения, что приводит к нелинейному изменению упругих модулей, упрочнению и дилатансии в области текучести. Для описания процессов рассматривается кэп-модель Димаджио и Сэндлера. Рассматриваются свободное и стесненное сжатие цилиндрического образца с заданной пористостью по программе, включающей нагрузку и разгрузку при последовательном повышении амплитудного напряжения. По начальному наклону кривых разгрузки определяются модули упругости при свободном и стесненном сжатии в диапазоне изменения пористости, по которым определяется коэффициент Пуассона. Пять констант кэп-модели определяются по кривой деформирования материала при стесненном сжатии (рис. 1) в широком диапазоне изменения осевой деформации (и плотности), напряжению течения при свободном сжатии образца при некоторой плотности и предположению о равенстве коэффициента поперечной деформации в области текучести коэффициенту Пуассона. Упругие и пластические константы определены для порошка парафина марки Т1 фракции 0.63 мм, модель применима для численного моделирования процессов экструзии и заполнения формы для литья по выплавляемым моделям.

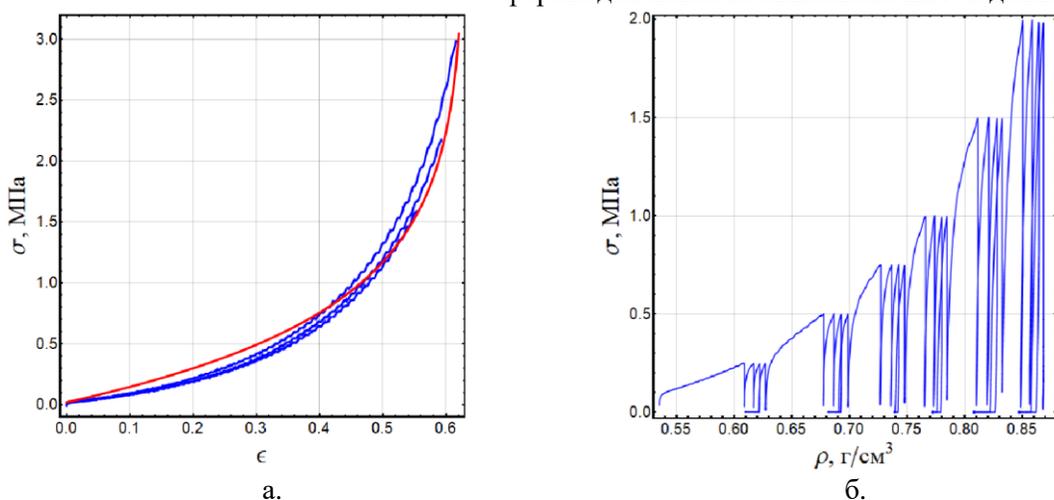


Рис. 7. Кривые деформирования при стесненном сжатии: а) монотонное нагружение, б) нагружение с разгрузками (синий — эксперимент, красный — аппроксимация).

Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. Секция механики.

Организации исполнители:

1. Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь, Россия
2. Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

Авторы:

1. д.ф.-м.н. Адамов Анатолий Арсангалеевич, в.н.с., Институт механики сплошных сред УрО РАН, e-mail: adamov@icmm.ru, тел.: +7 342 237 83 07
2. д.ф.-м.н. Келлер Илья Эрнстович, зав.лаб., Институт механики сплошных сред УрО РАН, e-mail: lk@iacp.dvo.ru, тел.: +7 909 104 41 97
3. к.т.н. Жилин Сергей Геннадьевич, в.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: sergeyzhilin1@rambler.ru, тел.: +7 914 419 02 59
4. Богданова Нина Анатольевна, м.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: Joyful289@inbox.ru, тел.: +7 914 779 77 81

Опубликовано:

1. A.A. Adamov, I.E. Keller, S.G. Zhilin and N.A. Bogdanova Identification of the Cap Model of Elastoplasticity of Non-Compact Media Under Compressive Mean Stress // *Mechanics of Solids*. 2024. Vol.59, No.4, pp.1-13 (WOS Q4 MECHANICS, IF 0.6)

Моделирование изгибно-гравитационных волн в ледяном покрове на упругих пленках

На основании наблюдений за колебаниями ледяного покрова в натуральных условиях под действием движущихся нагрузок, т.е. при возбуждении изгибно-гравитационных волн (ИГВ), сделан вывод, что последний ведет себя аналогично упругой изотропной пластине. На этом основании предложено новое направление в моделировании некоторых задач деформирования ледяного покрова ИГВ на упругих пленках в обычных опытовых бассейнах (рис. 8). Возможность такой технологии подтверждена результатами сопоставления записей деформирования движущимися нагрузками упругого модельного слоя и натурального ледяного покрова (рис. 9). На основании теории подобия и размерностей получены зависимости для пересчета данных модельных испытаний на натуру. Отмечается, что затраты на проведение подобных модельных экспериментов несоизмеримо меньше с затратами при проведении опытов в ледовых бассейнах. Перечисляются ледотехнические задачи, при решении которых может быть использована разработанная методика моделирования ИГВ.

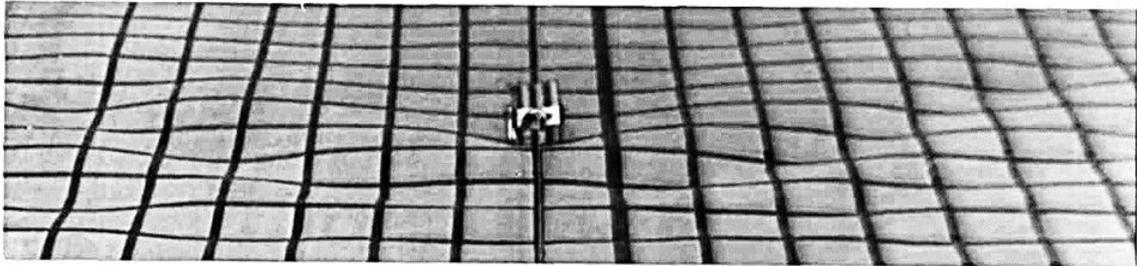


Рис. 8. Общий вид деформаций модельного поля от движущейся нагрузки

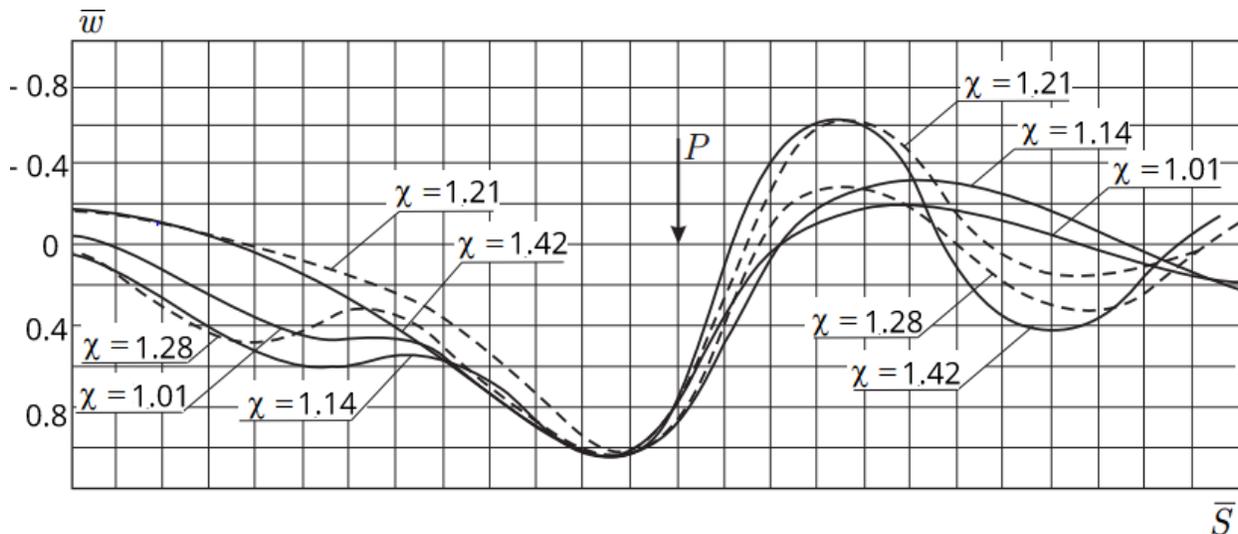


Рис. 9. Сопоставление кривых относительных деформаций натурального льда (----) и модельного слоя (____) при движении сосредоточенной нагрузки при различных относительных скоростях χ

Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. Секция механики.

Организация исполнителя:

1. Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

Автор:

1. д.т.н., профессор Козин Виктор Михайлович, г.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: kozinvictor@rambler.ru, тел.: +7 914 379 25 22

Опубликовано:

О сборке горячей посадкой упруговязкопластического диска с некруговым включением

Решением неоднородной краевой задачи теории плоских температурных напряжений (рис. 10) рассчитывается уровень и распределение температурных напряжений в каждый момент времени процесса проведения технологической операции сборки составного диска горячей посадкой, когда охватываемая деталь сборки отлична от круговой пластины. Вычисляются остаточные напряжения в элементах сборки и итоговый натяг в ней после ее остывания до комнатной температуры. Текущие и остаточные напряжения рассчитываются в зависимости от предварительного нагрева охватывающего кольца, термомеханических свойств сопрягаемых деталей и их изначальной геометрии. Пределы текучести упруговязкопластических элементов сборки полагаются существенно зависимыми от местной температуры. Обращается внимание на необходимость исключения сингулярности при постановке граничных условий на поверхностях сопряжения деталей сборки (рис. 11).

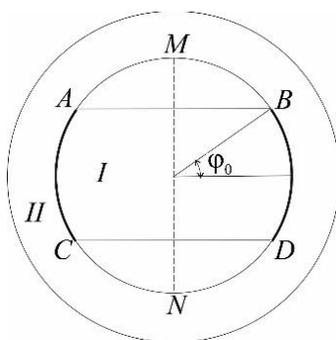


Рис. 10. Геометрия сборки

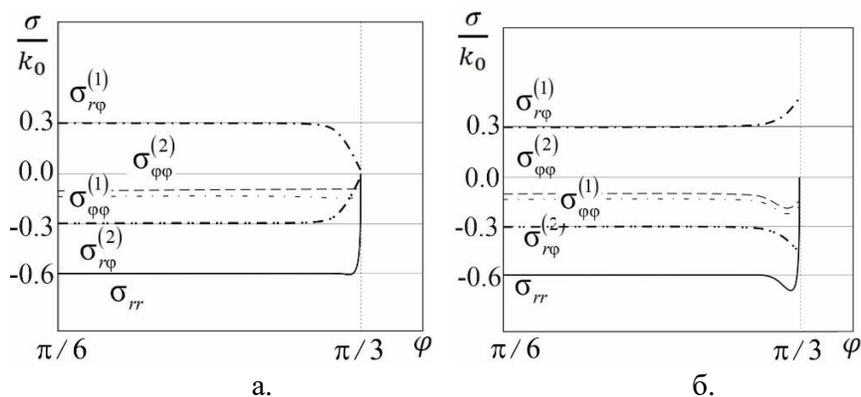


Рис. 11. Распределение остаточных напряжений в окрестности пограничной точки В: а – с исключением сингулярности; б – без исключения сингулярности

Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. Секция механики.

Организации исполнители:

1. Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН

Авторы:

1. Чл.-корр РАН Буренин Анатолий Александрович, г.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: burenin@iacp.dvo.ru, тел.: +7 914 776 33 87

2. к.ф.-м.н. Ткачева Анастасия Валерьевна, с.н.с., ИМиМ ДВО РАН, e-mail: 4nansi4@mail.ru, тел.: +7 924 224 03 06

Опубликовано:

1. Буренин А.А., Ткачева А.В. О сборке горячей посадкой упруговязкопластического диска с некруговым включением. Известия РАН МТТ №5. 2024 (WOS Q4 MECHANICS, IF 0.6)