

Список літератури. 1. Гунько И.В. Экспериментальные исследования давления при традиционной и изотермической вальцовках / И.В.Гунько // Технологические системы. 2010. №4. – С. 76-80. 2. Смирнов В. К. Фасонирование заготовок лопаток на ковочных вальцах / В. К. Смирнов, Ш. Д. Кошаев, С. В. Харитонин, А. А. Жилкин. М.: Военное издательство. 1982. – 260с. 3. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / Огородников В. А. – К. : Выща шк., 1983. – 200 с. 4. Матвийчук В.А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов: монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2009. – 268 с. 5. Михалевиц В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень / Михалевиц В. М. — Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1998. — 195 с. – ISBN 966-7199-20-7. 6. Скрябин С. А. Определение возможности появления дефектов при штамповке поковок с применением процесса вальцовки подготовительных ручьев/ С. А. Скрябин, И. В. Гунько, Д. С. Чайка, И. А. Бубновская/ Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА. – 2010. – №3(24). – С. 76–81. 7. Михалевиц В. М. Моделирование пластического деформирования цилиндрического образца при торцевом сжатии / Михалевиц В. М., Лебедев А. А., Добранюк Ю.В. // Пробл. прочности. — 2011. — № 6. — С. 5—22. 8. Михалевиц В. М. Моделирование предельных деформаций на свободной поверхности при осесимметричной осадке / Михалевиц В. М., Краевський В. А., Добранюк Ю. В. // Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов обработки металлов давлением: мат. междуна-род. науч.-техн. конф. – Балт. гос. техн. ун-т., СПб. – 2009. – С. 108–112. – ISBN 978-5-85546-474-0. 9. Михалевиц В. М. Аппроксимация кривых предельной деформации сплайн-функциями / В. М. Михалевиц, Л. И. Алиева // Обработка металлов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА. – 2010. – №3(24). – С. 3–10. 10. Dependence of plastic ultimate strain from a friction at end faces at axisymmetric compression [Mikhalevich V. M., Dobranuk Y. V., Kraevsky V. A., Mikhalevich O. V.] / Bulet. Inst. Politehnic Din Iasi. – Iasi. – 2008. – Tomul LIV(LVIII), Fasc. 3–4. – p. 49–53.

Надійшла до редколегії 20.10.2012

УДК 621.77

Оцінка граничних можливостей процесу та деформівності матеріалів при формуванні заготовок вальцюванням / Гунько І. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №47(953). – С. 23–28. – Бібліогр.: 10 назв.

Предложена методика определения напряженно-деформированного состояния на поверхности заготовки при вальцовке. В основу методики положен экспериментально-аналитический метод, который предусматривает восстановление по экспериментальным данным аналитической зависимости между компонентами логарифмических деформаций. Построена обобщенная скалярная модель предельного состояния материала свободной поверхности заготовки при вальцовке.

Ключевые слова: вальцовка, коэффициент вытяжки, напряженно-деформированное состояние, свободная поверхность, показатель напряженного состояния, предельная деформация.

The method of determining the mode of deformation at the surface of the workpiece with forge-rolling offered. The method is based on the experimental-analytical methods construction analytical relationship between the components of the logarithmic strains. Generalized scalar model of the limit state of the material at the workpiece's free surface for forge-rolling is constructed.

Keywords: mode of deformation, free surface, limit state, accumulated damage, the scalar model, the tensor model, rolling.

УДК. 621.7.044

В. В. ДРАГОБЕЦКИЙ, докт. техн. наук, проф., КрНУ, Кременчуг

Т. В. ГАЙКОВА, аспирант, КрНУ, Кременчуг

Р. Г. ПУЗЫРЬ, канд. техн. наук, доц., КрНУ, Кременчуг

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТАКТА ВЫКАТНОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗ БИМЕТАЛЛА НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ КРИВЫХ УПРОЧНЕНИЯ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Рассматривается применение биметаллических материалов в различных отраслях промышленности. Показано, что использование слоистых металлов в качестве контактов соединителей в электрических аппаратах дает значительный экономический эффект, повышает надежность и долговечность соедине-

© В. В. Драгобецкий, Т. В. Гайкова, Р. Г. Пузырь, 2012

ния. Проанализированы условия изготовления детали-контакта типа коробки операций вытяжки, что позволило сделать вывод о значительном влиянии напряжения текучести упрочняющегося материала на условия деформирования. Построена кривая упрочнения биметалла.

Ключевые слова: деформирование, вытяжка, биметалл, медь, алюминий.

Введение. Использование в промышленности различной продукции из биметаллов дает значительный экономический эффект. Быстрый рост цен за последние годы на всю металлургическую продукцию, и особенно, на продукцию из цветных металлов, поставил большинство предприятий перед серьезным выбором. Использовать менее дорогие, а значит, и менее качественные материалы, или вступить в прямую конкуренцию с иностранными производителями. Конкурировать с высокотехнологичным, современным оборудованием и четко ориентированным производственным менеджментом – это долгосрочная и труднодостижимая цель. Достаточно сравнить выход конечной продукции и себестоимость ее производства на иностранных и отечественных предприятиях из одних и тех же материалов. И результат будет, пока что, не в пользу отечественных производителей. Поэтому поиск новых материалов, сочетающих технологичность и качество по разумной цене, становится на современном этапе одним из главных элементов в борьбе за конкурентоспособность продукции, а значит, и за рынок сбыта.

Анализ последних исследований и литературы. Биметаллические материалы характеризуются высокими эксплуатационными свойствами, которые нельзя получить в одном металле или сплаве [1]. Изделия из биметаллов сочетают в себе высокую прочность металла основного слоя с повышенными коррозионной стойкостью, износостойкостью, вакуумной плотностью и другими специальными свойствами поверхностного слоя. Большое применение получили биметаллические материалы в энергетике, химической и нефтяной промышленности, в электротехнике и др. По мере развития энергетики происходит непрерывный процесс совершенствования конструкций контактных соединений; при этом малонадежные и не оправдавшие себя в процессе эксплуатации контактные соединения заменяются более совершенными и надежными [2]. Процесс совершенствования контактных соединений в последние годы происходит быстрее вследствие широкого внедрения прессуемых и сварных контактных соединений, применения алюминия, плакированного медью, и тарельчатых пружин в болтовых контактных соединениях [3].

Цель исследований, постановка проблемы. Целью исследований является разработка научно обоснованного метода изготовления электроконтактов из биметаллических материалов с применением графических методов построения кривых упрочнения и инженерного подхода к анализу напряженного деформированного состояния.

Материалы исследований. Надежность контактных соединений в эксплуатации измеряется удельным числом выявленных дефектных и поврежденных контактов в процессе эксплуатации [2]. Контактные соединения в процессе эксплуатации подвергаются химическому и физическому старению. Многочисленные химические соединения, которые всегда имеются в атмосфере, способствуют возникновению и поддержанию химических и электрохимических реакций, вызывающих коррозию. Особенно насыщена ими атмосфера промышленных районов и тепловых электростанций, где в воздухе в большой концентрации находятся кислоты (соляная, серная, азотная), оксиды (железа, углерода) и хлориды (аммония, натрия).

При соединении различных контактных материалов или загрязнении поверхности одного металла следами другого (медь – алюминий, алюминий – сталь и т. п.) из-за имеющейся разности потенциалов различных металлов появляется электрохимическая коррозия, вызываемая гальваническими микропарами. При наличии влаги и особенно кислот в контактах появляются короткозамкнутые микропары. Электрохимическая коррозия ускоряется при повышении температуры и концентрации солей в водном растворе. Из-за опас-

ности электрохимической коррозии нельзя допускать непосредственного соединения меди и алюминия при наличии влажной среды. Поэтому, для обеспечения надежного контакта применяют биметаллические контакты медь-алюминий, что обеспечивает увеличение срока службы и уменьшение веса конструкции. Физическое старение контактов происходит из-за вибрации, изменения температуры нагрева, уменьшения контактного давления, подгорания и окисления.

Аварии и неполадки по причине ухудшения контактных соединений учитываются далеко не всегда, особенно в промышленных предприятиях, где учет не ведется [1]. Аварийная статистика на станциях и подстанциях, входящих в энергосистемы, показывает, что аварии из-за дефектности контактных соединений составляют около 10% всех аварий. Чаще всего причиной этих аварий является ухудшение контакта в болтовом соединении и, особенно в переходных контактах неоднородных материалов (например, медь – алюминий).

Отечественная промышленность изготавливает биметаллические прокатно-сварные листы из алюминия, плакированного медью, из которых затем нарезаются пластины нужного размера. Для изготовления плакированных медно-алюминиевых переходов применяются алюминий марок А1, АДЮ, АДІ и мягкая медь марки М-1 или М-2. По заказу могут изготавливаться листы, имеющие только частично плакированную поверхность; например, при общей ширине листа 400 мм можно иметь плакированную посередине листа полосу шириной 150 мм, что позволяет нарезать медно-алюминиевые переходы длиной по 200 мм с плакированной частью 75 мм.

Материалы для электрических контактов, должны, во-первых, иметь наибольшую проводимость и, во-вторых, быть наиболее дешевыми и доступными. Твердость, или сопротивление смятию, играет немаловажную роль в получении хорошего электрического контакта. Чем тверже материал контакта, тем меньше будет число контактных точек и площадь их соприкосновения, тем больше будет переходное сопротивление контактов при одинаковом давлении. Более мягкие материалы, например олово и свинец, применяемые для облуживания контактных поверхностей из меди и ее сплавов, имеют повышенное против меди удельное сопротивление и, несмотря на то, что они могут давать значительно большее число контактных точек и большую площадь соприкосновения, переходное сопротивление луженых контактов оказывается большим, чем нелуженых. Поэтому для неподвижных контактов лужения медных контактных поверхностей не производят, а защиту от окисления контактных точек производят при помощи смазки контактных поверхностей техническим вазелином (смазка УН, ГОСТ 782-59). В подвижных контактах разъединителей, выключателей, предохранителей и т. п. иногда целесообразно производить лужение контактных поверхностей с целью предохранения контактов от образования оксидной пленки, а также для получения хорошего контакта при низких давлениях [2].

Наиболее распространенными контактными материалами являются медь и ее сплавы (латунь, бронза). Медь обладает высокой электропроводностью, достаточной твердостью, тугоплавкостью и износостойкостью. Недостатком медных контактов является сравнительно быстрое окисление контактных поверхностей даже при температуре 20–30 С. Оксидная пленка медных контактов, хотя и имеет большое переходное сопротивление, зато легко разрушается при сжатии и трении.

Заметное прогрессирующее окисление медных незащищенных контактов происходит при температурах выше 70°С. Повышение температуры сильно ускоряет окисление и коррозию контактных поверхностей, что приводит к еще большему повышению температуры и, наконец, к выгоранию контакта.

Алюминий является вторым после меди проводниковым материалом. Существенным недостатком алюминиевых контактов является то, что алюминий на воздухе почти

мгновенно покрывается пленкой окиси, обладающей высоким переходным сопротивлением, которое с течением времени и при повышении температуры нарастает, и может иметь пробивную прочность до нескольких киловольт.

Переходные контакты алюминия с медью или другими проводниковыми материалами во влажной среде подвергаются электролитической коррозии, приводящей к разрушению контакта и образованию окиси алюминия. Как известно, электролитическая коррозия возникает при попадании влаги (электролита) между двумя металлами, имеющими разные электрические потенциалы в гальваническом ряду. Электролитическая коррозия переходных контактов алюминия с другими металлами особенно проявляется во влажной среде с промышленными или морскими солями. Если принять электрический потенциал алюминия за 0,0 В, то потенциал других металлов по отношению к алюминию будет следующим: цинка – 0,69 В, хрома – 0,89 В, стали – 1,02 В, кадмия – 1,03 В, никеля – 1,2 В, олова – 1,32 В, меди – 1,86 В и серебра – 2,25 В. Наиболее близко по электрическому потенциалу к алюминию находится цинк, поэтому его и вводят в различные припои для алюминия, а медь с алюминием имеют наибольшую разность потенциалов, поэтому переходные контакты медь – алюминий для наружных устройств должны иметь специальную конструкцию, исключающую непосредственный контакт между медью и алюминием на открытом воздухе, и защиту от замыкания микрогальванических элементов, приводящего к разрушению металлов [2].

Использование биметаллов в узлах по передаче электроэнергии гарантированно исключает возможность разрушения в процессе эксплуатации и увеличивает срок службы оборудования [3].

Биметаллы используют в токоподводящих и токопроводящих элементах: биметаллические шины и пластины, переходники, переходные шайбы, биметаллические прокладки, контактные токоподводящие узлы, электроконтактные наконечники, наконечники аппаратных зажимов, ножи-разъединители, биметаллические контакты в электролизных производствах, биметаллические токоподводы, биметаллические токоподводящие колодки, при изготовлении трансформаторов, высоковольтных линий электропередач, электро-транспорте, рубильниках, рубящих переключателях и т.п.

Замена медных элементов биметаллическими алюминий-медь (рис.1) позволяет снизить потребление меди на 60-80%, уменьшить вес токо нагруженных элементов электротехнического оборудования и устройств на 30-45%, снизить стоимость на 20-40 %.



Рис. 1. – Биметаллические контактные переходники

Заводом «Ампер» г. Кременчуг была поставлена задача проанализировать возможность изготовления методами листовой штамповки контакта выкатного элемента для ячейки "К-104М" из биметалла медь-алюминий, который ранее изготавливался из меди М1 (рис. 2).

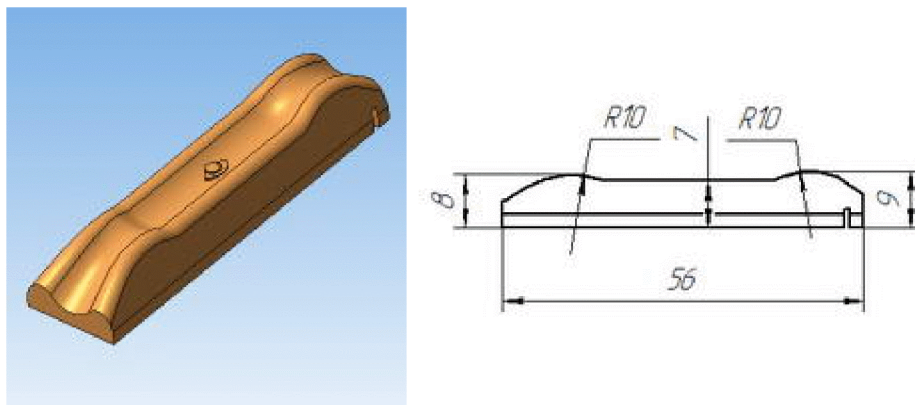


Рис. 2. – Контакт выкатного элемента

Обработка давлением слоистых материалов связана с различием механических свойств отдельных слоев материала, различием в коэффициентах линейного расширения слоев и с наличием промежуточной зоны между слоями, имеющей в ряде случаев пониженные механические свойства.

Результаты исследований. При вытяжке корбчатых изделий предельные значения растягивающих напряжений в стенке полого полуфабриката ограничиваются прочностью материала в опасном сечении. Значения растягивающего напряжения в опасном сечении определяется тремя слагаемыми: напряжение от деформирования фланца, напряжение от сил трения между прижимом и свободной поверхностью фланца, напряжение от изгибающего момента на кромке матрицы, а также коэффициентом учитывающим напряжение от сил рения на кромке матрицы. В общем случае максимаальные растягивающие напряжение можно выразить зависимостью [6]

$$\sigma_{\rho max} = \left[\sigma_s / \gamma \sqrt{3} \right] \ln R / r_y + \mu Q / \pi R s, \quad (1)$$

где R – радиус закругления края заготовки;

r_y – радиус закругления угловых участков изделия;

μ – коэффициент трения;

Q – давлений прижима;

s – толщина заготовки;

γ – угол, определяющий протяженность очага деформации.

При равенстве угла γ одному радиану, что следует из экспериментальных исследований [6], окончательно выражение (1) имеет вид

$$\sigma_{\rho max} = \left[\sigma_s / \sqrt{3} \right] \ln R / r_y + \mu Q / \pi R s. \quad (2)$$

В формуле (2) величиной, оказывающей наибольшее влияние на суммарное значение растягивающего напряжения в опасном сечении, если отбросить второе слагаемое выражения, является напряжение текучести σ_s .

В процессе деформирования материал биметалла получает упрочнение и напряжение текучести будет переменным по очагу деформации. Поэтому определение зависимости напряжений текучести от степени деформации для слоистых материалов является необходимым для построения рациональных технологий формоизменения.

В качестве объекта исследования был рассмотрен биметалл алюминий А1 и медь М4, толщина слоев выбиралась одинаковой. Механические характеристики металлов приведены в таблице [4, 5].

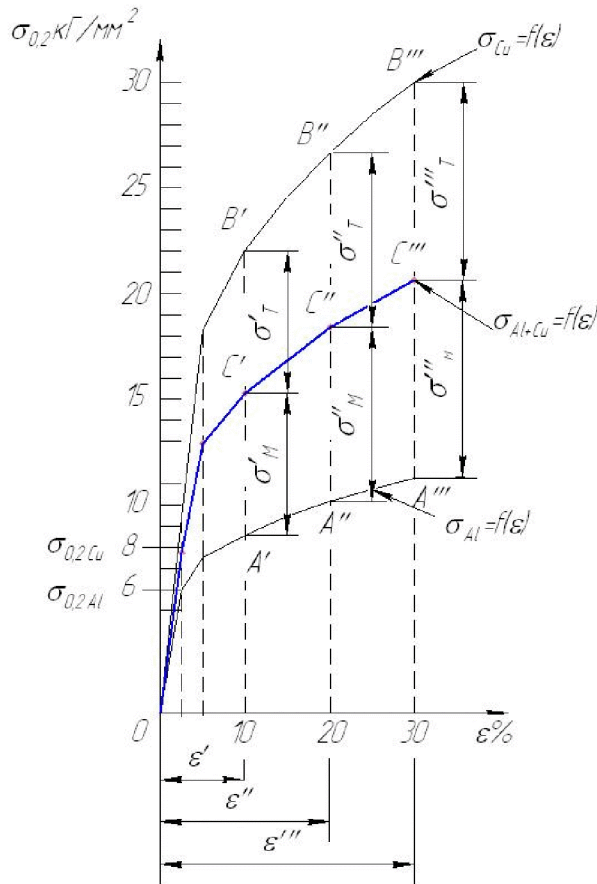


Рис. 3. – Определение кривой упрочнения биметалла

Связь между напряжениями и деформациями при одноосном напряженном состоянии двухслойного металла устанавливали графическим способом по методике [7]. Кривые упрочнения для каждого металла строили по эмпирическим зависимостям [5] (рис. 3):

- для меди – $\sigma_{0,2} = 7,5 + 5,6\varepsilon^{0,41}$;
- для алюминия – $\sigma_{0,2} = 6 + 0,64\varepsilon^{0,62}$.

Из рисунка 3 видно, что при раномерной деформации слоев без трения связь между напряжениями и деформациями определяется точками пересечения вертикалей общей для всех слоев деформаций с кривыми упрочнения их материала. При деформировании в слоях возникают внутренние дополнительные напряжения – вертикальные отрезки между кривыми упрочнения (рис. 2). Сама кривая упрочнения биметалла является одновременно нулевой линией, которая разделяет послойные положительные дополнительные напряжения от отрицательных. При любой деформации отрезок $A'C'$ показывает величину дополнительных напряжений сжатия в слоях алюминия, а отрезок $B'C'$ – величину растягивающих напряжений в слоях меди.

Таблица. – Механические характеристики материалов

Металл	$\sigma_{0,2}$	σ_B	$\delta, \%$
	кГ/мм ²		
Al	6	10	20
M4	8	23	55

Выводы. Из проведенного исследования можно сделать вывод, что применение медноалюминиевых контактов позволяет снизить потребление меди на 60-80%, уменьшить вес токоагруженных элементов электротехнического оборудования и устройств на 30-45%, снизить стоимость на 20-40 %. Для построения рациональных технологий формоизменения определение зависимости напряжений текучести от степени деформации для слоистых материалов является необходимым, так как напряжение текучести оказывает наибольшее влияние на суммарное значение растягивающего напряжения в опасном сечении. В ходе процесса формоизменения каждый слой заготовки имеет отличное друг от друга напряженно-деформированное состояние. Разница между напряженно-деформированным состоянием в слоях может привести к разрушению адгезионной связи, и развитию дефекта расслоения в области пластической деформации заготовки.

Список литературы: 1. Федоров А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / А.А. Федоров, В.В. Каменева. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с. 2. Акимова Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования / Н.А. Акимова. – М.: Академия, 2008. – 304 с. 3. Айнбиндер С.Б. Холодная сварка металлов / С.Б. Айнбиндер. – Рига: Изд-во АН Латв.ССР, 1957. – 163 с. 4. Третьяков А.В. Механические свойства сталей и сплавов при пластическом деформировании / А.В. Третьяков, Г.К. Трофимов, М.К. Гурьянова и др. – М.: машиностроение, 1971. – 64 с. 5. Третьяков А.В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением / А.В. Третьяков, В.И. Зюзин. – М.: Металлургия, 1973. – 224 с. 6. Аверкиев Ю.А. Технология холодной штамповки / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. 7. Аркулис Г.Э. Теория пластичности / Г.Э. Аркулис, В.Г. Дорогобид. – М.: Металлургия, 1987. – 352 с.

Надійшла до редколегії 22.10.2012

УДК. 621.7.044

Проектирование техпроцесса изготовления контакта выкатного элемента из биметалла на основе построения кривых упрочнения разнородных металлов / Драгобецкий В. В., Гайкова Т. В., Пузырь Р. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №47(953). С. 28-34 – Бібліогр.: 7 назв.

Розглядається застосування біметалічних матеріалів в різних галузях промисловості. Показано, що використання шаруватих металів в якості контактів з'єднувачів в електричних апаратах дає значний економічний ефект, підвищує надійність і довговічність з'єднання. Проаналізовано умови виготовлення деталі-контакту типу коробки операцією витяжки, що дозволило зробити висновок про значний вплив напруги текучості зміцнюючого матеріалу на умови деформування. Побудовано криву зміцнення біметалу.

Ключові слова: деформування, витяжка, біметал, мідь, алюміній.

The application of bimetallic materials in various branches of industry. It is shown that the use of layered metals as contacts of connectors in electrical apparatus has a significant economic effect, increases the reliability and durability of the connection. The conditions for fabrication of parts junction box type drawing operation, which allowed us to conclude a significant effect of the yield stress hardening material into their heads-tions of deformation. The curve of hardening bimetal.

Key words: deformation, stretching, bi-metal, copper, aluminum.

УДК 539.3

О. А. ИЩЕНКО, ст. препод., Гос. Таврийский агротехнолог. ун-т, Мелитополь,
Н. А. ТКАЧУК, докт. техн. наук, зав. кафедрой, НТУ «ХПІ»
Г. А. КРОТЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВ ДЛЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

У статті описано новий підхід до формування розрахункових моделей елементів розділових штамів. Запропоновано формувати комплексну модель, що враховує умови силового та кінематичного спряження базових плит, пакету та напрямних колонок.

Ключові слова: напружено-деформований стан, штамп для розділових операцій, базова плита, розрахункова модель, метод скінченних елементів

© О. А. Ищенко, Н. А. Ткачук, Г. А. Кротенко, 2012