

ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"

ISSN 2079-5459

Сборник научных трудов

46 '2011

Тематический выпуск "Новые решения в современных технологиях"

Издание основано Национальным техническим университетом «ХПИ» в 2001 году

Госиздание

Свидетельство Госкомитета по информационной политике

Украины КВ №5256 от 02.07.2001 г

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.Л.Товажнянский, д-р техн.наук, проф.

Секретарь

К.А. Горбунов, канд. техн.наук, доц.

Координационный совет

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.

Л.М. Бесов, д-р техн. наук, проф.

Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.

Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.

А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.

В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.

И.Ф. Домнин, д-р техн. наук, проф.

Ю.И. Зайцев, канд. техн. наук, проф.

В.В. Епифанов, канд. техн. наук, проф.

О.П. Качанов, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

С. И. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.

В.М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.

Г.В. Лисачук, д-р техн. наук, проф.

В.С. Лупиков, д-р техн. наук, проф.

О.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.

В.И. Николаенко, канд. ист. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.

В.А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.

М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.

Н.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь

А.В. Ивахненко, ст. преп.

Г.И. Львов, д-р техн.наук, проф.

А.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.

И.В. Кононенко, д-р техн. наук, проф.

Л.Г. Раскин, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Терзиян, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Узунян, д-р техн. наук, проф.

Л.Л. Брагина, д-р техн. наук, проф.

В.И. Шустиков, д-р техн. наук, проф.

В.И. Тошинский, д-р техн. наук, проф.

Р.Д. Сытник, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

Б.В. Клименко, д-р техн. наук, проф.

Г.Г. Жемеров, д-р техн. наук, проф.

В.Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.

Н.Н. Александров, д-р техн. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р экон. наук, проф.

Н.И. Погорелов, канд. экон. наук, проф.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

61002, Харьков, ул. Фрунзе. 21 НТУ
«ХПИ», СМУС Тел. (057) 707-60-40

Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.- Харків: НТУ „ХПІ» -2011. - № 46. - 160 с.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, которые выполнены преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками, специалистами различных организаций и предприятий.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств.

Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів

Друкується за рішенням Вченої ради НТУ „ХПІ", Протокол №10 від
01.11.2011

Національний технічний університет „ХПІ" 2011

пособие. – Волгоград: ВПИ, 1984. – 77 с. 11. Исследование свариваемости взрывом, структуры и свойств медно-алюминиевого биметалла / С.В. Кузьмин, В.И. Лысак, А.П. Пеев // Изв. ВолгГТУ. Сер. Сварка взрывом и свойства сварных соединений: Межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2006. – Вып.2, №9. - С. 37-45.

УДК 621.77

МИХАЛЕВИЧ В. М., докт. техн. наук, проф., ВНТУ, Вінниця
КРАЄВСЬКИЙ В. О., канд. техн. наук, доц., ВНТУ, Вінниця

ОПТИМІЗАЦІЯ ГАРЯЧОГО ЦИКЛІЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ІЗ ПАУЗАМИ

В работе сформулирована и решена задача определения параметров горячего циклического деформирования с паузами, при которых за заданное время материал получает наибольшую деформацию. Проведен сравнительный анализ результатов оптимизации с известными экспериментальными данными деформирования с постоянной скоростью.

У роботі сформульована та розв'язана задача визначення параметрів гарячого циклічного деформування із паузами, при яких за заданий час матеріал здобуває найбільшу деформацію. Проведений порівняльний аналіз результатів оптимізації із відомими експериментальними даними деформування із сталою швидкістю.

In the work the problem of definition of parameters of hot cyclic deformation with pauses at which the material receives the greatest deformation for set time is formulated and solved. The comparative analysis of optimisation results with known experimental data of deformation with constant speed is carried out.

У роботі [1] сформульована задача визначення оптимального режиму гарячого пластичного деформування, при якому за заданий час t_* матеріал здобуває без руйнування найбільшу деформацію ε_*

$$\varepsilon_* = \int_0^{t_*} \dot{\varepsilon}_u(\tau) \cdot d\tau \rightarrow \max, \quad (1)$$
$$\begin{cases} \int_0^{t_*} \varphi(t_* - \tau; I(\tau)) \cdot f(\dot{\varepsilon}_u(\tau)) \cdot d\tau = 1, \\ \int_0^t \varphi(t - \tau; I(\tau)) \cdot f(\dot{\varepsilon}_u(\tau)) \cdot d\tau \leq 1, \forall t \in (0, t_*), \end{cases}$$

де t, τ – час; $\varphi(t - \tau, I(\tau))$ – ядро спадковості; f – деяка функція; $\dot{\varepsilon}_u(\tau)$ – швидкість деформування.

При розв'язанні задачі (1) в області неперервних функцій виникли труднощі із врахуванням останньої умови [2]. Тому надалі розв'язок шукався в області кусково-сталих функцій. На основі існування розв'язку для двоетапної зміни швидкості деформування зроблено висновок, що шуканий розв'язок задачі (1) відноситься до класу деформування із змінною швидкістю [3]. У роботі [4] досліджено процес гарячого деформування із паузами і відмічено, що під час паузи відбувається відновлення пластичності матеріалу. Модель накопичення

пошкоджень спадкового типу що використовується в математичній формалізації задачі (1) описує даний ефект [4]. Очевидно, що можна спробувати використати ефект відновлення пластичності матеріалу під час паузи для оптимізації процесу гарячого деформування.

$$\psi(t) = \int_0^t \varphi(t - \tau; I(\tau)) \cdot f(\dot{\varepsilon}_u(\tau)) \cdot d\tau, \quad (2)$$

Мета даної роботи визначити оптимальний режим гарячого циклічного деформування із паузами, при якому за заданий час матеріал здобуває найбільшу деформацію.

Зміна швидкості $\dot{\varepsilon}_u(t)$ при застосуванні циклічного режиму деформування із паузами, що складається із k повних циклів і одного неповного тривалістю t_k , визначається як

$$\dot{\varepsilon}_u(t) = \begin{cases} \dot{\varepsilon}_u, & 0 \leq t \leq t_n, \\ 0, & t_n \leq t \leq t_n + t_n, \\ \dots \\ \dot{\varepsilon}_u, & (i-1)t_n + (i-1)t_n \leq t \leq it_n + (i-1)t_n, \\ 0, & it_n + (i-1)t_n \leq t \leq it_n + it_n, \\ \dots \\ \dot{\varepsilon}_u, & t_* - t_k \leq t \leq t_*, \end{cases} \quad (3)$$

де t_n, t_k – час деформування із швидкістю $\dot{\varepsilon}_u$, t_n – час паузи, $i = \overline{1, k}$.

При цьому накопичення пошкоджень у матеріалі відбувається за законом

$$\psi(t) = \begin{cases} \frac{\dot{\varepsilon}_u}{a^n} \cdot t^n, & t \leq t_n; \\ \frac{\dot{\varepsilon}_u}{a^n} \cdot (t - t_n), & t_n < t \leq t_n + t_n; \\ \frac{\dot{\varepsilon}_u}{a^n} \left[\sum_{i=1}^j \left[(t - (i-1) \cdot (t_n + t_n))^n - (x - it_n - (i-1) \cdot t_n)^n \right] + \right. \\ \left. + (t - j \cdot (t_n + t_n))^n \right], & j \geq 1, t - j(t_n + t_n) \leq t_n; \\ \frac{\dot{\varepsilon}_u}{a^n} \left[\sum_{i=1}^j \left[(t - (i-1) \cdot (t_n + t_n))^n - (x - it_n - (i-1) \cdot t_n)^n \right] + \right. \\ \left. + (t - j \cdot (t_n + t_n))^n - (x - j \cdot (t_n + t_n) - t_n)^n \right], & j \geq 1, t - j(t_n + t_n) \geq t_n, \end{cases} \quad (4)$$

де $j = \text{цiле} \left\{ \frac{t}{t_n + t_n} \right\}$; a, n – параметри матеріалу при заданих умовах деформування.

Із врахування (3) і (4) задача (1) набуде вигляду

$$\begin{aligned}
\varepsilon_* &= k \cdot t_n \cdot \dot{\varepsilon}_u + t_k \cdot \dot{\varepsilon}_u \rightarrow \max, \\
\frac{\dot{\varepsilon}_u}{a^n} \sum_{i=1}^k &\left[((k-i+1)(t_n + t_n) + t_k)^n - ((k-i)(t_n + t_n) + t_n + t_k)^n \right] + t_k^n = 1, \\
\frac{\dot{\varepsilon}_u}{a^n} \sum_{i=1}^k &\left[((k-i)(t_n + t_n) + t_n)^n - (k-i)^n (t_n + t_n)^n \right] + t_k^n \leq 1, \\
0 &\leq t_k \leq t_n, \\
0 &\leq t_n \leq \frac{t_*}{k}, \\
0 &\leq t_n \leq \frac{t_*}{k} - t_n.
\end{aligned} \tag{5}$$

де при заданій кількості повних етапів k цільова функція ε_* залежить від чотирьох параметрів $\dot{\varepsilon}_u$, t_n , t_k .

Враховавши, що

$$t_* = kt_n + kt_n + t_k \tag{6}$$

і визначивши із першої умови (5) $\dot{\varepsilon}_u$ отримаємо задачу знаходження екстремуму функції двох змінних

$$\varepsilon_*(t_n, t_n) = \frac{a^n (t_* - k \cdot t_n)}{\sum_{i=1}^k \left[((k-i+1)(t_n + t_n) + t_k)^n - ((k-i)(t_n + t_n) + t_n + t_k)^n \right] + t_k^n}. \tag{7}$$

Для даної функції отримали нескінченну множину критичних точок

$$t_n = t_n; t_n = 0. \tag{8}$$

які відповідають режиму деформування із стаціонарною швидкістю. Так як

$$\frac{\partial^2 f}{\partial t_n^2} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial t_n^2} - \left(\frac{\partial^2 f}{\partial t_n \partial t_n} \right)^2 \Bigg|_{(t_n, 0)} = - \left(a^n t_*^{1-2n} (n^2 - n) \sum_{i=1}^k i (t_* - it_n)^{n-2} \right)^2 < 0. \tag{9}$$

функція (7) екстремумів не має, тому максимальне її значення знаходиться лише на границі області, що визначається нерівностями задачі (5).

Розглянемо експериментальні дані неперервного кручення зразків із сталі 14X17H2 при температурі 1150⁰C [5]. Загальний вигляд функції (7) для даного матеріалу зображений на рис. 1.

При деформуванні із постійною швидкістю максимальна деформація $\varepsilon_* = 1.8$. Розв'язавши задачу (5) за допомогою MathCad-функції Maximize, отримали такі параметри оптимальної схеми циклічного деформування із паузами:

$$t_n = 1.778c, t_n = 1.194c, t_k = 0.284c, \dot{\varepsilon}_u = 0.1c^{-1}. \tag{10}$$

Максимальна деформація, яку здобуває матеріал без руйнування із застосуванням схеми (10) $\varepsilon_* = 1.809$. Тобто спостерігається незначне збільшення максимальної деформації у порівнянні із деформуванням із сталою швидкістю, але яке, очевидно, не

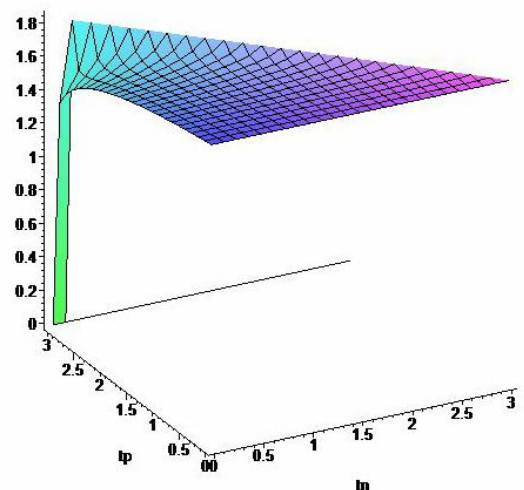


Рис. 1. Розрахунок за формулою (7)

відповідає затратам на впровадженні відповідної технології, яка б строго дозволила відтворити режим деформування(10). Ефект від оптимізації буде вищим, якщо розглядати матеріали у яких більш яскраво виражена залежність пластичності від швидкості деформування.

Динаміка зміни накопичення пошкоджень у матеріалі та накопиченої деформації при застосуванні циклічного деформування із паузами з параметрами (10) зображена на рис. 2 та 3.

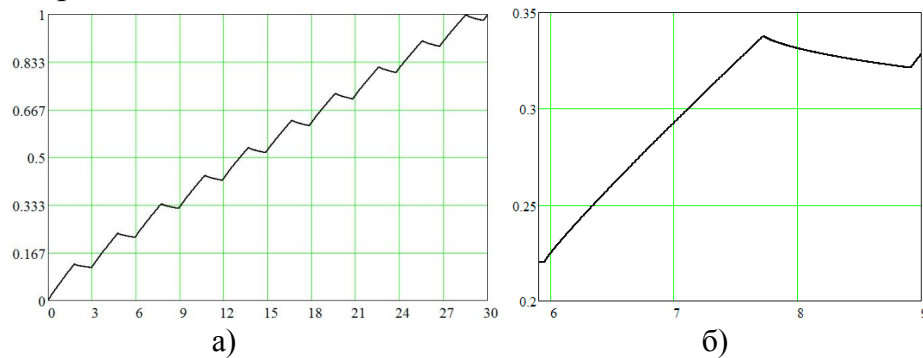


Рис. 2. Динаміка зміни накопичення пошкоджень (а), теж саме для ділянки що розглядається окремо (б).

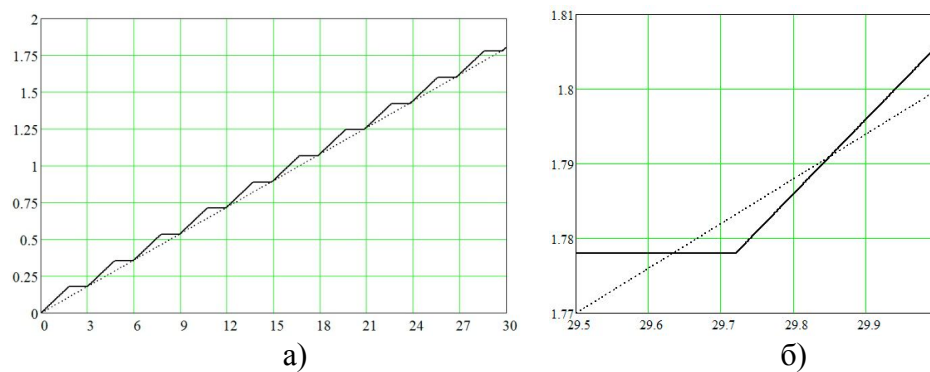


Рис. 3. Динаміка зміни накопиченої деформації (а), теж саме для ділянки що розглядається окремо (б).

Висновки. У роботі сформульована та розв'язана задача визначення параметрів гарячого циклічного деформування із паузами, при яких за заданий час матеріал здобуває найбільшу деформацію. Проведений порівняльний аналіз результатів оптимізації із відомими експериментальними даними деформування із сталюю швидкістю.

Список літератури: 1. Михалевич В. М. Формулювання варіаційної задачі для моделі накопичення пошкоджень при гарячому деформуванні / В. М. Михалевич, В. О. Краєвський // В зб.: «Обработка материалов тиском». Збірник наукових праць. – Краматорськ, 2009. – №2(21). – С. 12-16. – ISBN 978-966-379-339-9. 2. Михалевич В. М. Вісесиметрична осадка циліндричних заготовок / В. М. Михалевич, В. О. Краєвський, Ю. В. Добрянюк // Наукові нотатки: міжвузівський збірник (за напрямом «Інженерна механіка»). – Луцьк: – 2009 – Випуск 25, ч. 1 – С. 241-249. – ISBN 5-7763-8653-5. 3. Михалевич В. М. Поиск решения вариационной задачи при горячем деформировании / В. М. Михалевич, В. О. Краєвський // В зб.: «Обработка материалов тиском». Збірник наукових праць. – Краматорськ, 2010. – №1(22). – С. 38-43. 4. Михалевич В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень / В. М. Михалевич – Вінниця: "УНІВЕРСУМ–Вінниця", 1998 – 195 с. ISBN 966-7199-20-7. 5. Богатов А. А. Влияние горячей прерывистой деформации на пластичность металла / А. А. Богатов, М. В. Смирнов, В. А. Криницин и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1981. – №12. – С. 37-40.

СОДЕРЖАНИЕ

Кухарь В.В.	3
Исследование процесса получения удлиненных изделий с концевым заострением продольным разрывом заготовок	
Анищенко А.С., Каргин С.Б.	14
Совершенствование технологии раскатки кольцевых титановых поковок	
Алиева Л. И., Мартынов С. В., Акименко И. К.	18
Определение силовых параметров при высадке внутренних фланцев	
Євстратов В. О., Лаврик М. В., Лихачов М. О.	24
Використання принципу розширення осередку пластичної деформації для удосконалення процесів штампування	
Калюжний О. В.	27
Порівняльний аналіз традиційного обтиску та обтиску заготовок з диференційованим протитиском	
Калюжний В. Л., Піманов В. В., Орлюк М. В.	34
Холодне видавлювання ступінчатих порожнин пресформ із сталі 12ХН3А в умовах дії диференційованого протитиску на заготовку	
Калюжний В. Л., Пахолко С. А., Куліков І. П.	41
Виключення потоншення і викривлення торця стінки при відбортуванні отворів	
Мкртчян Е.А.	48
Сравнительный анализ процесса изготовления поковки «Остряк» различными технологиями	
Титов В.А., Лавриненков А.Д., Басов А.Ю.	53
Оценка технологических параметров формообразования моноколеса типа диффузор радиальный изотермической штамповкой из алюминиевого сплава АК4-1	

Титов А.В.	61
Методика выбора режимов выглаживания деталей в условиях трения близких к гидродинамическому	
Тітов В.А., Злочевська Н.К., Лавріненков А.Д., Гараненко Т.Р.	67
Дослідження параметрів процесу ізотермічного пресування заготовок з титанових сплавів	
Мосьпан Д.В., Шлык С. В., Мороз Н.Н., Драгобецкий В.В.	73
Снижение деформирующих усилий при изготовлении листовых деталей с элементами жесткости	
Сычук Ю.Т., Чигиринский В.В.	77
Исследование механизма разделения при пробивке горячекатаной малоуглеродистой стали рифлеными пуансонами	
Долматов А.И., Жовноватюк Я.С., Житняя О.С., Онищенко С.В.	83
Применение специальных технологических приемов при электрогидроимпульсной штамповке листовых деталей с локальными элементами большой кривизны	
Стеблюк В.І., Орлюк М.В., Розов Ю.Г., Шкарлута Д.Б.	90
Волочіння трубчастих виробів через матриці зі спеціальним гвинтовим профілем	
Загорянский В.Г., Пузырь Р.Г.	97
Получение сваркой взрывом электротехнических медно-алюминиевых слоистых композитов	
Михалевич В. М., Краєвський В. О.	103
Оптимізація гарячого циклічного деформування із паузами	
Маковой В. А., Проценко П. Ю.	107
Исследование локального деформирования трубы при профилировании винтовых канавок	
Бадюк С.И., Паламарь Д.Г., Раздобреев В.Г.	116
Текущее состояние сортопрокатного производства Украины	

Наукове видання

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"**

Збірник наукових праць

Тематичний випуск

"Нові рішення в сучасних технологіях"

Випуск № 46

Науковий редактор докт. техн. наук, проф. Є. І. Сокол

Технічний редактор Т.Л. Коворотний

Відповідальний за випуск канд. техн. наук І. Б. Обухова

Обл.-вид. № 152-11

Підписано до друку 10.11.2011. Формат 60x84/16. Надруковано на різнографі

Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 9,0. Облік.вид.арк. 10,0.

Наклад 300 прим. 1-й завод 1-100. Зам. №46. Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХПІ»

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК33657 від 24.12.2009р.

61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Типографія "Технологічний центр"

вул. Новгородська, 3а, м. Харків, 61145