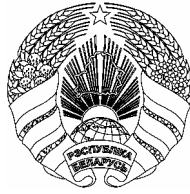


ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 11520

(13) С1

(46) 2009.02.28

(51) МПК (2006)
G 01N 3/30

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛА

(21) Номер заявки: а 20061194

(22) 2006.11.28

(43) 2008.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Качанов Игорь Владимирович; Исаевич Леонид Александрович; Ковалевский Виктор Николаевич; Шарий Василий Николаевич; Жук Андрей Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) SU 191186, 1967.

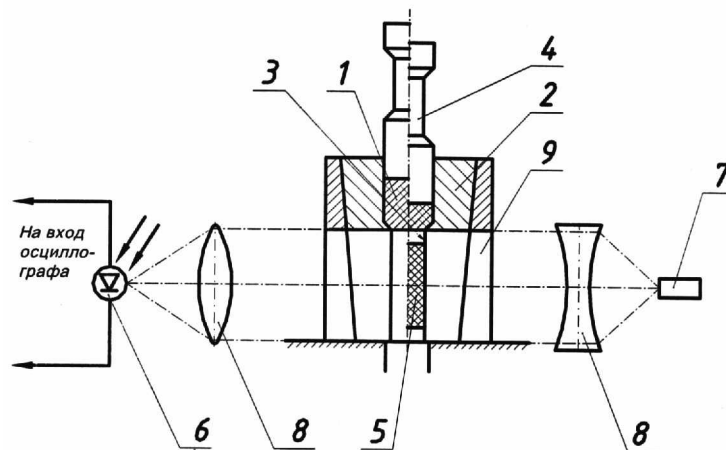
RU 2207537 C2, 2003.

RU 2252409 C2, 2005.

SU 1108348 A, 1984.

(57)

Способ определения предела прочности металла, заключающийся в том, что образец материала нагревают и размещают в матрице с отверстием для выдавливания материала образца, деформируют образец ударной нагрузкой, приводящей к образованию прессованного профиля, со скоростью, достаточной для обеспечения разрыва образца, регистрируют перемещение прессованного профиля во времени, определяют приращение средней температуры ΔT_{cp} по длине стержневой части профиля $l_{ст}$ по зависимости $\Delta T_{cp} = f(l_{ст})$, полученной в процессе регистрации перемещения прессованного профиля во времени, измеряют длину оторвавшейся части профиля, по этой длине и зарегистрированному перемещению определяют ускорение оторвавшейся части в момент разрыва, по массе оторвавшейся части и ее ускорению находят усилие разрыва, по которому судят о пределе прочности материала, определяют температуру T в сечении образца в момент разрыва образца из выражения:



Фиг. 1

$$T = T_0 + \Delta T_{\text{ср}},$$

где T_0 - начальная температура нагрева образца,
а действительное значение предела прочности металла σ_b в момент разрыва образца определяют по зависимости $\sigma_b = f(T)$.

Изобретение относится к исследованию прочностных свойств материалов, а именно к способам определения предела прочности металла, и предназначено для определения усилия разрыва при динамическом нагружении.

Известен способ определения предела прочности металла [1], согласно которому образец исследуемого материала размещают в матрице, имеющей отверстие для выдавливания материала образца, деформируют образец ударной нагрузкой, приводящей к образованию прессуемого профиля, со скоростью, достаточной для обеспечения разрыва прессуемого профиля от инерционных сил, измеряют массу оторвавшейся части образца и определяют усилие разрыва.

Недостатком известного способа является низкая точность измерений, так как в момент разрыва профиля не учитывается тепловой эффект от инерционной силы, кроме того, последняя воздействует на матрицу, а не на ударник, т.е. не регистрируется датчиком, размещенным на ударнике.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ определения предела прочности металла [2], заключающийся в том, что образец материала нагревают и размещают в матрице, имеющей отверстие для выдавливания материала образца, деформируют образец ударной нагрузкой, приводящей к образованию прессованного профиля, со скоростью, достаточной для обеспечения разрыва образца, измеряют массу оторвавшейся части образца, определяют усилие разрыва, по которому судят о пределе прочности материала.

Недостатком прототипа является отсутствие учета тепловыделения при скоростном выдавливании вследствие адиабатических условий протекания процесса, что приводит к неточным данным о прочностных характеристиках материала в момент разрыва профиля.

Задачей изобретения является повышение точности определения прочностных характеристик материала в момент разрыва профиля.

Поставленная задача достигается тем, что в способе определения предела прочности металла, заключающемся в том, что образец материала нагревают и размещают в матрице с отверстием для выдавливания материала образца, деформируют образец ударной нагрузкой, приводящей к образованию прессуемого профиля, со скоростью, достаточной для обеспечения разрыва образца, регистрируют перемещение прессованного профиля во времени, определяют приращение средней температуры $\Delta T_{\text{ср}}$ по длине стержневой части профиля $L_{\text{ст}}$ по зависимости $\Delta T_{\text{ср}} = f(L_{\text{ст}})$, полученной в процессе регистрации перемещения прессованного профиля во времени, измеряют длину оторвавшейся части профиля, по этой длине и зарегистрированному перемещению определяют ускорение оторвавшейся части в момент разрыва, по массе оторвавшейся части и ее ускорению находят усилие разрыва, по которому судят о пределе прочности материала, определяют температуру T в сечении образца в момент разрыва образца из выражения:

$$T = T_0 + \Delta T_{\text{ср}},$$

где T_0 - начальная температура нагрева образца,
а действительное значение предела прочности металла σ_b в момент разрыва образца определяют по зависимости $\sigma_b = f(T)$.

Определение приращения средней температуры по длине стержневой части в момент разрыва профиля приводит к повышению точности способа, поскольку усилие разрыва в известной мере зависит от прочностных характеристик деформируемого материала.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 изображена схема регистрации кинематики стержневой части профиля, на фиг. 2 - регистрируемое перемещение профиля во времени, на фиг. 3 - зависимость ускорения профиля в процессе испытания, на фиг. 4 - схема регистрации температуры на поверхности стержневой части профиля в процессе скоростного выдавливания, на фиг. 5 - регистрируемые путь пуансона и изменение приращения температуры на поверхности профиля во времени, на фиг. 6 - изменение приращения температуры на поверхности и изменение приращения средней температуры по длине профиля, на фиг. 7 - зависимость предела прочности материала от температуры.

Способ осуществляется следующим образом.

Образец 1 (фиг. 1) исследуемого материала размещают в матрице 2, имеющей отверстие 3 для выдавливания материала образца 1, с помощью ударника 4 деформируют образец 1 ударной нагрузкой, приводящей к образованию прессуемого профиля 5, со скоростью, достаточной для обеспечения разрыва прессуемого профиля 5 от инерционных сил, и регистрируют перемещение прессуемого профиля 5 во времени. Для этого на осциллографе (не показан) с помощью фотодиода 6 регистрируют интенсивность светового потока от источника 7 света, направленного через систему линз 8 и щель 9 в матрице 2, выполненную вдоль направления выдавливания прессуемого профиля 5. Дважды дифференцируя регистрируемое перемещение прессуемого профиля 5 (фиг. 2) получают временную зависимость ускорения прессуемого профиля 5 в процессе испытания (фиг. 3). Затем измеряют длину $L_{пр}$ оторвавшейся части образца, по этой длине и зарегистрированному перемещению определяют ускорение оторвавшейся части в момент t разрыва, по массе оторвавшейся части и ее ускорению находят усилие разрыва.

Параллельно с регистрацией перемещений исследуемого профиля во времени регистрируют температуру на поверхности стержневой части профиля в процессе скоростного выдавливания.

Схема (фиг. 4) работает следующим образом. Пуансон 4, вылетающий из ствола установки 10, до соударения с образцом 1 исследуемого материала перекрывает световой поток, направленный от источника света 11 на фотодиод 12. При затемнении фотодиода 12 на его выходе формируется импульс напряжения, который запускает ждущую развертку лучей и поступает на вход Y_1 осциллографа 13. Полученный импульс используется для регистрации перемещений пуансона 4. Происходящее после запуска развертки лучей соударение пуансона 4 с образцом 1 сопровождается истечением деформируемого металла через очко матрицы 2. Образующийся при этом на выходе из матричного очка прессуемый профиль 5 с высокой скоростью перемещается перед температурным датчиком 14. Возникающее в процессе истечения металла увеличение температуры на контактной поверхности стержневой части сопровождается адекватным изменением инфракрасного излучения, которое через отверстие 15 и систему линз (не показаны) выводится на фотокатод температурного датчика 14. Электрический сигнал, сформированный на выходе температурного датчика 14 при регистрации инфракрасного излучения от нагретой поверхности, поступает по экранированному кабелю на вход Y_2 осциллографа 13 и вызывает отклонение луча на его экране. Последующая деформация образца приводит к отклонению луча на экране, которое отражает уже изменение приращения температуры $\Delta T_{пов}$ на поверхности в функции времени t . Таким образом, получаем временные зависимости пути пуансона $h = f(t)$ и изменения приращения поверхностной температуры $\Delta T_{пов} = f(t)$ (фиг. 5). Учитывая, что зависимости $h = f(t)$ и $\Delta T_{пов} = f(t)$ с момента соударения имеют общий параметр времени t , исключаем его и получаем зависимость $\Delta T_{пов} = f(h)$. С помощью уравнения неразрывности, которое связывает путь пуансона (h) и длину выдавленного стержня ($l_{ст}$), температурная зависимость $\Delta T_{пов} = f(h)$ приводится к типу $\Delta T_{пов} = f(l_{ст})$ (фиг. 6). Затем по измеренной длине $l_{пр}$ оторвавшейся части определяют $\Delta T_{пов}$ по месту разрыва, после чего находят значение $\Delta T_{ср}$ по выражению (1) [3, с. 156-160].

$$\Delta T_{\text{ср}} = \frac{\Delta T_{\text{пов}}}{\epsilon_{\text{пов}}} [\epsilon_{\text{ос}} + 0,5(\epsilon_{\text{пов}} - \epsilon_{\text{ос}})], \quad (1)$$

где $\epsilon_{\text{пов}}$ - величина главной деформации удлинения на поверхности выдавленного профиля;
 $\epsilon_{\text{ос}}$ - величина главной деформации удлинения осевых слоев выдавленного профиля.

Указанные значения $\epsilon_{\text{ос}}$ и $\epsilon_{\text{пов}}$ определяются по известной методике путем обработки продеформированных с высокой скоростью координатных сеток, предварительно нанесенных на осевую плоскость образца [3, с.204-216].

Для практического использования по расчетным значениям $\Delta T_{\text{ср}}$ строится зависимость $\Delta T_{\text{ср}} = f(l_{\text{ст}})$ (фиг. 6), которая позволяет по длине оторвавшейся части определять приращение средней температуры в сечении, где произошел разрыв профиля. Реальная же температура T в сечении в момент разрыва профиля определяется по выражению (2)

$$T = T_0 + \Delta T_{\text{ср}}, \quad (2)$$

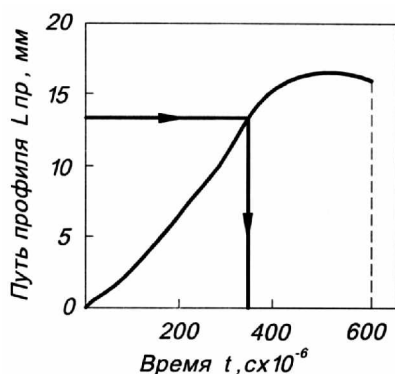
где T_0 - начальная температура нагрева образца.

Так, например, при нагреве образца до температуры $T_0 = 860$ °С в процессе деформирования температура в сечении прессуемого профиля повышается на величину $\Delta T_{\text{ср}} = 180$ °С. Таким образом, в отличие от ранее принятого метода определения, например, предела прочности σ_b , по температуре T_0 (пунктирные линии на фиг. 7) в заявленном способе предлагается определить вначале действительную температуру T по выражению (2) и затем по зависимости $\sigma_b = f(T)$ установить действительное значение предела прочности σ_b в момент разрыва профиля (сплошные линии на фиг. 7).

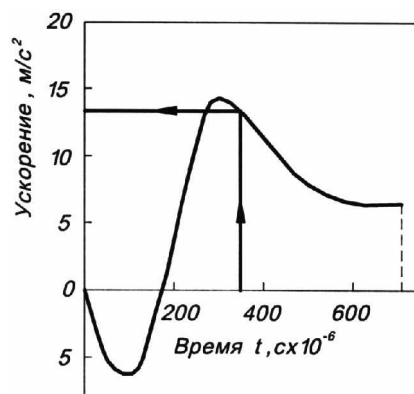
Использование изобретения позволяет оперативно получать точные данные о взаимосвязи прочностных характеристик материалов с реальной температурой деформирования непосредственно в процессе скоростного формоизменения, что дает возможность более точно прогнозировать оптимальный силовой режим работы оборудования и оснастки и мотивированно устанавливать начальную энергию удара, обеспечивающую получение точных изделий без разрушающего действия сил инерции на деформируемый материал.

Источники информации:

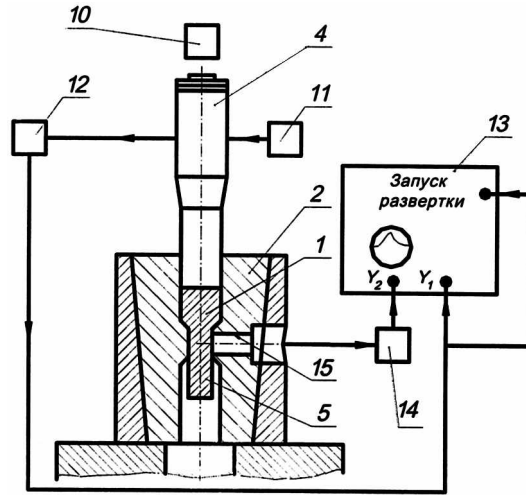
1. Барановский М.А., Качанов И.В., Макаров Ю.П., Чернявский А.Ф. Измерение температуры на контактной поверхности изделия в процессе высокоскоростного выдавливания // Вестник БГУ. - Сер.1 (физика, математика, механика). - Мн.: изд-во БГУ. - 1979.- № 2. - С. 37-40.
2. А.с. СССР 191186, МПК G 01L, 1967 (прототип).
3. Качанов И.В. Скоростное горячее выдавливание стержневых изделий / Под ред. Исаевича Л.А. - Мн.: УП "Технопринт", 2002.



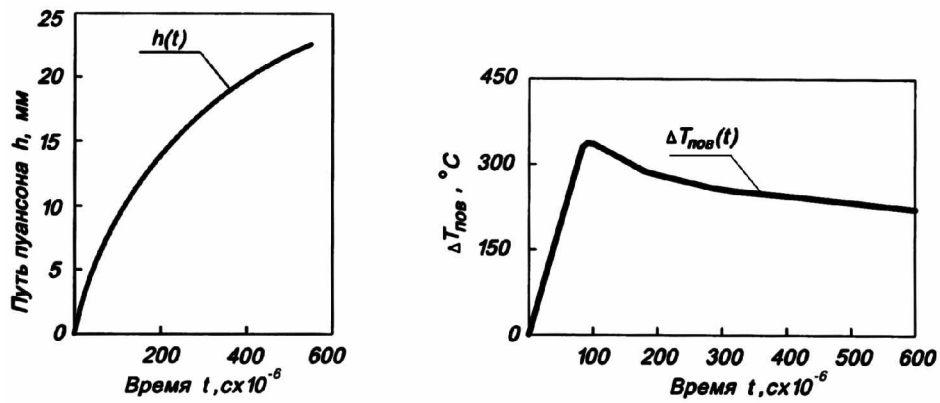
Фиг. 2



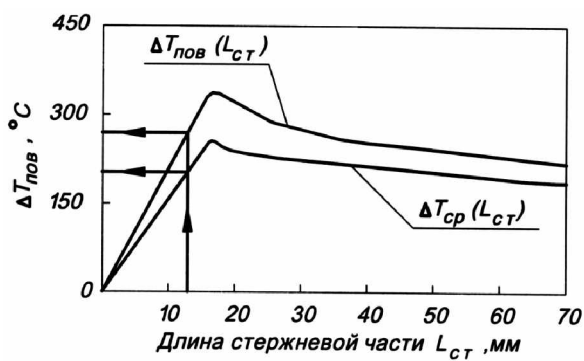
Фиг. 3



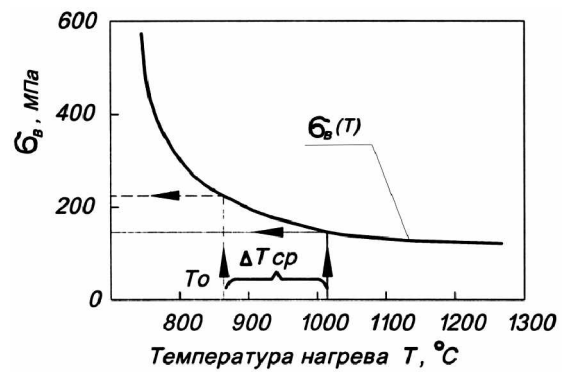
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7