

Применение пластометра высокого давления для определения
пластичности металлов

Я.В. Кривов
МАИ (НИУ), г. Москва, Россия

Аннотация: Представлены возможности новой методики и результаты испытаний по определению предельной степени деформации до разрушения сплава 1201 на пластометре высокого давления. Простота и надежность обеспечения постоянства скорости деформации на протяжении всего процесса, позволяют конструировать высокоточные реологические уравнения, благодаря чему удается повысить качество математических моделей пластического формоизменения.

Ключевые слова: предельная степень деформации до разрушения, температура, скорость деформации, пластометр высокого давления.

В систему уравнений описывающих математические модели процессов пластического формоизменения входит уравнение вида:

$$\Lambda_p = \Lambda_p \left(\theta, \xi, \frac{\sigma}{T} \right)$$

Λ_p – предельная степень деформации до разрушения; θ – температура; ξ - скорость деформации; $\frac{\sigma}{T}$ – показатель напряженного состояния; σ – среднее напряжение; T – интенсивность касательных напряжений.

От качества этого уравнения зависит степень универсальности математических моделей. Они должны обеспечивать адекватность, точность и экономичность.

Применяемые в настоящее время пластометры позволяют определять предельную степень деформации до разрушения в широком диапазоне скоростей деформаций при заданном развитии скорости деформации во времени, воспроизводя развитие температурно-деформационных режимов промышленных процессов формоизменения. Однако, это в ограниченной степени относится к показателю напряженного состояния. Этот факт и послужил основой для создания пластометра высокого давления [1].

Пластометр работает следующим образом (рис.1).

Испытуемый образец 5 ввертывают во вспомогательную заготовку 7 и на верхний конец образца наворачивают упорную шайбу 4. В контейнере 2

устанавливают стакан 6, который нижней кромкой опирается на матрицу 8. Затем в контейнере размещают испытуемый образец с вспомогательной заготовкой и упорной шайбой так, чтобы заготовки попадали в коническую часть матрицы. Контейнер заполняют рабочей жидкостью 3 и вводят уплотненный пуансон 1, перемещение которого под действием внешней силы обеспечивает повышение давления рабочей среды в контейнере. По достижении в контейнере необходимого давления начинается истечение заготовки 7. При постоянном ее диаметре деформация образца вплоть до его разрушения протекает при постоянном гидростатическом давлении, чего весьма сложно достичь на установках других конструкций. Данное устройство позволяет регулировать скорость деформации образца и, в частности, обеспечить ее постоянство. С этой целью вспомогательную заготовку выполняют с переменным диаметром по длине рабочей части. Материал контейнера, стакана и матриц – сталь марок 3Х2В8Ф, Р6М5, пуансона – Р18. Твердость после термообработки соответственно 48-52, 58-60, 60-62 НРС. Для испытаний при высоких температурах в качестве рабочей среды использовали квазижидкие среды на основе графитомаслянных и стеклографитовых составов. Достоверность результатов испытаний зависит не только от преимущества принципов, заложенных в конструкцию устройства, но и в значительной мере от техники эксперимента, его приборного оснащения и обработки экспериментальных данных.

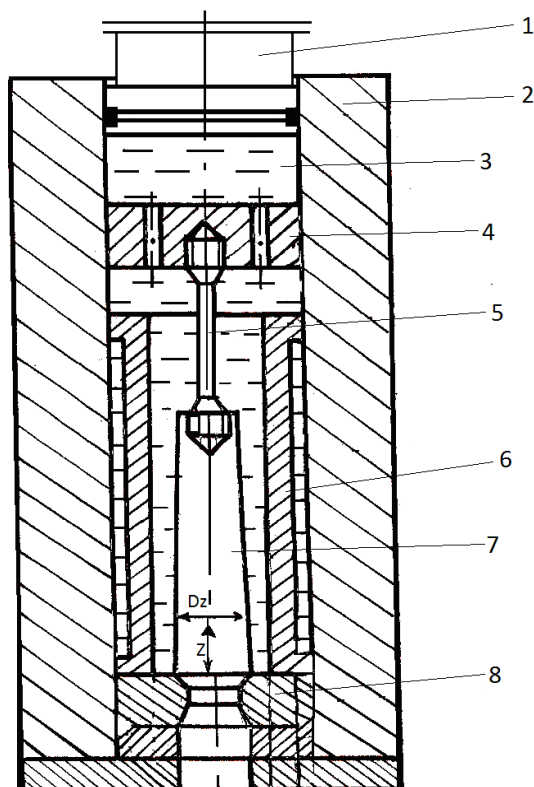


Рисунок 1 - Пластометр высокого давления [1].

Испытания осуществляют с использованием образца на растяжение выполненного по ГОСТ 1497-84 «Методы испытания на растяжение» (рис. 2) [2].

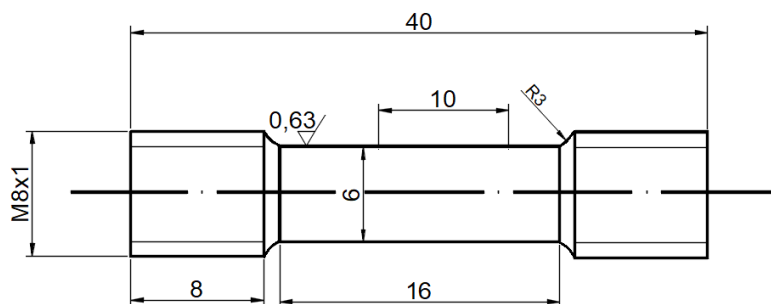
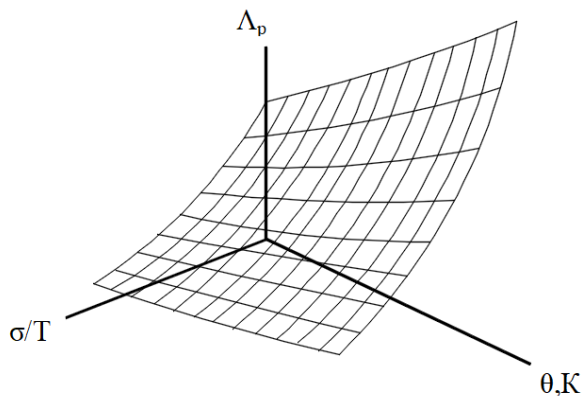


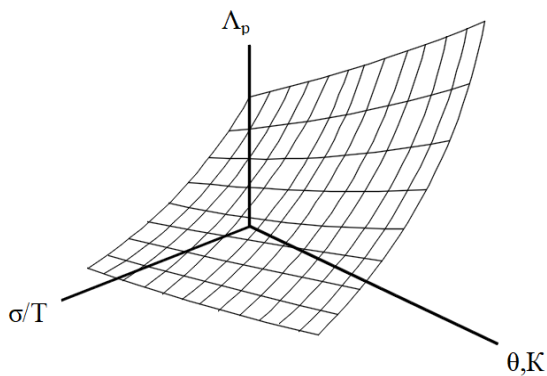
Рисунок 2 - Образец на растяжение [2].

Конструкция вспомогательной заготовки рассчитывается по методике описанной в работе [3].

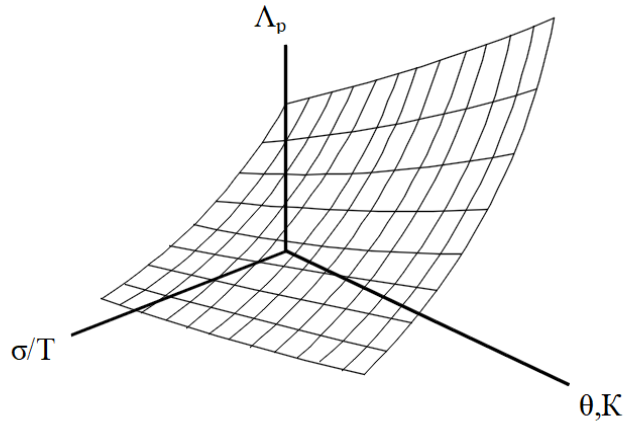
В качестве примера использования пластометра высокого давления представлены диаграммы пластичности сплава 1201 (рис. 3).



а) $\Lambda_{p \max}=8,32$; $T \rightarrow \theta_{\min}=473\text{K}$; $\theta_{\max}=723\text{K}$; $\frac{\sigma}{T}=-1$.



б) $\Lambda_{p \max}=13,97$; $T \rightarrow \theta_{\min}=473\text{K}$; $\theta_{\max}=723\text{K}$; $\frac{\sigma}{T}=-1$.



в) $\Lambda_{p \max}=22,19$; $T \rightarrow \theta_{\min}=473\text{K}$; $\theta_{\max}=723\text{K}$; $\frac{\sigma}{T}=-1$.

Рисунок 3 - Диаграммы $\Lambda_p = \Lambda_p\left(\theta, \xi, \frac{\sigma}{T}\right)$ сплава 1201: а) $\xi=0,01 \text{ c}^{-1}$;

б) $\xi=1 \text{ c}^{-1}$; в) $\xi=10 \text{ c}^{-1}$

Диаграммы $\Lambda_p = \Lambda_p\left(\theta, \xi, \frac{\sigma}{T}\right)$ удовлетворительно аппроксимируются выражением:

$$\Lambda_p = [x_{\text{э}2} - (x_{\text{э}1} - x_{\text{э}2})\xi] \exp \left\{ \left[\lambda_{\text{э}2} - (\lambda_{\text{э}1} - \lambda_{\text{э}2})\xi \right] \frac{\sigma}{T} \right\} \exp \left[\beta_{\text{э}} \left(\frac{\theta_{\min}}{\theta_{\max}} \right)^{y_{\text{э}}} \right]$$

В табл. 1 приведены эмпирические коэффициенты уравнения.

Таблица 1

Эмпирические коэффициенты уравнения

Металл	$x_{\text{э}1}$	$x_{\text{э}2}$	$\lambda_{\text{э}1}$	$\lambda_{\text{э}2}$	$\beta_{\text{э}}$	$y_{\text{э}}$
1201	98,8465	13,5944	-0,3726	-0,3643	5,4184	0,1136

Выводы:

1) Применение пластометра высокого давления позволяет эффективно изучать реологию металлов и сплавов.

2) Исследования сплава 1201 позволило уточнить параметры для построения уравнения предельной пластичности.

Библиографический список

1. Устройство для испытаний образцов на разрыв при высоких гидростатических давлениях: а.с. 777543 СССР кл. G 01 N 3/10/ А.И. Колпашников, В.А. Вялов, А.А. Федоров, А.П. Петров и Ю.Д. Долбинов; заявитель и патентообладатель Московский авиационный технологический институт им. К.Э.Циолковского. - № 2704415/25-28; заявл. 26.12.78; опубл. 07.11.80, Бюл. № 41. – 2 с.

2. ГОСТ 1497-84 «Методы испытания на растяжение».

3. Кучеряев Б.В., Федоров А.А. Методика испытаний при однородной деформации образцов в условиях гидростатических давлений. - Заводская лаборатория, 1986, № 10, с.74-76.