

Если ординаты  $H_{p,t}$ , снятые с кривых на рисунке 3, разделить на установленное по рисунку 1 значение  $H_{1\%}$ , то получаем искомое значение ординаты кривой редукции  $\Psi(H_{1\%,t})$ .

#### Вывод

В результате выполненного исследования получены значения слоев дождевых осадков разной обеспеченности и разной продолжительности ( $H_{p,t}$ ). Эти данные можно использовать в расчетах расходов дождевых паводков на водосборах в окрестностях г. Минска.

УДК 620.4539.37

### **Методика расчета динамического предела текучести при одноосном растяжении материалов инерционной нагрузкой**

Качанов И.В., Степашко М.В., Шарий В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Использование материалов в условиях ударных нагрузок, а также разработка новых технологических процессов, основанных на применении импульсного нагружения, требуют знания динамических характеристик материала, в частности предела текучести  $\sigma_T$  и постоянной пластичности  $k$  в условиях нагружения при температуре штамповки. Однако использование предела текучести, полученного при статических испытаниях  $\sigma_{T,ст.}$  приводит к существенным ошибкам в расчетах, так как в ряде случаев динамический предел текучести  $\sigma_{T,д.}$  в 2-3 раза превышает статический. К тому же, известно, что предел текучести не может быть использован в расчетах как некоторая константа, так как его значение зависит от скорости нагружения. Для целого ряда материалов величина  $\sigma_{T,д.}$  вообще не определена, что весьма осложняет расчеты технологических процессов [1, 2].

В данной работе предлагается методика расчета динамического предела текучести при скоростном растяжении образца инерционной нагрузкой. Для создания указанной инерционной нагрузки предварительно нагретые образцы деформировались по схеме ударного выдавливания на установках импульсного действия [1, 2].

Поскольку в процессе деформирования скорость пуансона имеет затухающий характер, то это приводит к замедленному движению (с отрицательным ускорением) стержневой части на выходе из очка матрицы. Результатом такого движения является формирование инерционной растягивающей нагрузки, под действием которой происходит шейкообразование или разрушение изделия по схеме одноосного растяжения [3].

Для проведения расчета используем кинематически возможное разрывное поле скоростей, состоящее из жестких однородных блоков 0,1,2,3.(рис. 1). Процесс растяжения можно представить как мгновенную задержку верхней части профиля силами сопротивления деформации, возникающими при выдавливании заготовки через очко матрицы. Тогда зона «1» после отрыва продолжает движение со скоростью  $v_{01}$ .

Мощность внешних активных сил, определяемая как произведение удельного усилия растяжения  $q_{дин}$  на параметры поля  $a$ ,  $b$  и на скорость  $v_{01}$  отрывающейся части образца

$$W_a = q_{a\dot{\epsilon}t} \cdot 2ab \cdot v_{01} , \quad (1)$$

расходуется на преодоление внутренних реактивных сил, создающих сопротивление пластической деформации при растяжении, где  $q_{дин}$  - динамическое удельное усилие растяжения.

Уравнение мощности внутренних реактивных сил имеет вид:

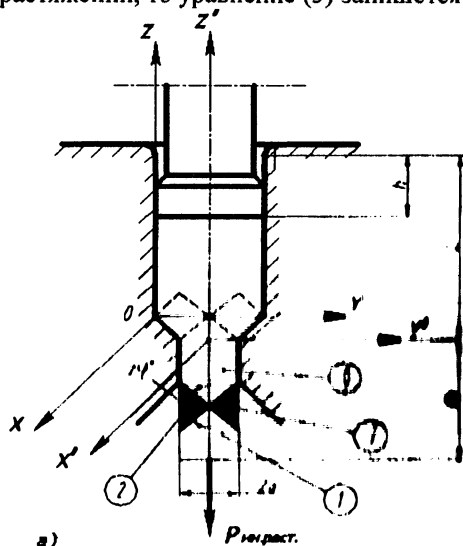
$$W'_{a\dot{\epsilon} \delta \cdot \delta} = W'_{\delta\dot{\alpha}\dot{\epsilon}\delta} + W'_{a\dot{\epsilon}t \cdot \delta} , \quad (2)$$

где  $W'_{разр.}$  - мощность сил собственного сопротивления скольжения на поверхностях разрыва скорости;  
 $W'_{дин. р.}$  - мощность динамического воздействия на поверхностях разрыва скорости.

Величина удельных усилий, затраченных на динамическое растяжение образца, находится из равенства мощностей внешних и внутренних сил при учете, что  $v_{01}$  - скорость движения блока 1. Тогда, учитывая сказанное, получим

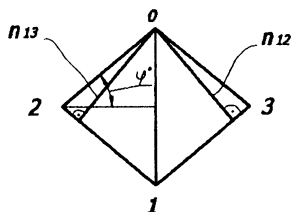
$$q_{\text{дин}} = \frac{4}{3} \sqrt{3} \cdot K + \frac{1}{3} \rho \cdot v^2, \quad (3)$$

где  $q_{\text{дин}}$  - удельное усилие растяжения при динамическом нестационарном течении,  $\rho$  - плотность материала,  $v$  - скорость течения материала. Если учесть, что динамическое удельное усилие  $q_{\text{дин}}$  представляет собой динамическое напряжение  $\sigma_{\text{дин}}$  при скоростном растяжении, то уравнение (3) запишется



а)

Годограф скоростей



б)

Рисунок 1. Схема нагружения образцов, принятая для анализа процесса одноосного растяжения инерционной нагрузкой. Кинематически возможное поле линий скольжения (а) и его годограф скоростей (б)

$$q_{a\dot{e}i} = \sigma_{a\dot{e}i} = \frac{4}{3}\sqrt{3}k + \frac{1}{3}\rho v^2 = \frac{4}{3}\sigma_{\dot{\nu}0} + \frac{1}{3}\rho v^2, \quad (4)$$

где  $\sigma_{\dot{\nu}0} = \sqrt{3}k$  - статический предел текучести, определяемый по критериальной зависимости Губера – Мизеса.

При определении динамического предела текучести  $\sigma_{т.д.}$  примем во внимание выводы, изложенные в [4]. Автор этой работы отмечает, что при ударном растяжении материалов, нагретых до температуры штамповки, динамический предел текучести  $\sigma_{т.д.}$  достаточно близок к динамическому пределу прочности  $\sigma_{в.д.}$  и при испытаниях практически не выявляется. Учитывая сказанное, при определении величины  $\sigma_{в.д.}$  будем исходить из условия, что  $\sigma_{т.д.} = \sigma_{в.д.}$ , т.е., устанавливая по (4) величину  $\sigma_{дин} = \sigma_{в.д.}$ , считаем, что полученные результаты без большой погрешности можно использовать для определения динамического предела текучести  $\sigma_{т.д.}$  исследуемых материалов.

#### Выводы

1. Из уравнения баланса мощностей внешних и внутренних сил получена зависимость для определения динамических напряжений  $\sigma_{дин.}$  в образце при одноосном растяжении выдавливаемого стержня силами инерции.
2. Будучи полученной для условий одноосного растяжения, величина  $\sigma_{дин.}$  может быть использована для определения динамического предела текучести  $\sigma_{т.д.}$  и постоянной пластичности  $k$  исследуемых материалов.

#### Литература

1. Качанов, И.В. Скоростное горячее выдавливание стержневых изделий. /Под ред. Л.А. Исаевича – Мн.: УП «Технопринт», 2002.- 327с.- ISBN 985 – 464 – 225 – 9.
2. Волошенко-Климовицкий, Ю.А. Динамический предел текучести. – М.: «Наука», 1965. – 179с.
3. Исаевич, Л.А., Качанов, И.В., Кондратьев В.Ф. Экспресс-метод динамических испытаний материалов на одноосное растяжение //Инженер-механик. 2002 - №2(15). – с.9 – 12.
4. Жученко, А.Н. Влияние сил инерции на процесс высокоскоростного выдавливания поковок //Высокоскоростная объемная штамповка. – М.: Машиностроение, 1969. – с.59 – 84.

По своим возможностям данная технология превосходит кислородную резку и вполне конкурентно способна с лазерной резкой в диапазоне толщины от 4 до 20 мм (качество реза определяется по DIN EN ISO 9013) обеспечивая вырезку деталей не требующую последующей дополнительной механической обработки.

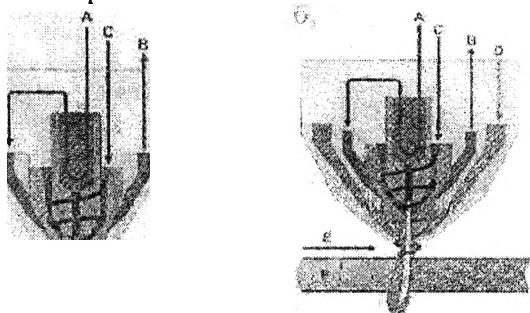


Рис. 1. Схема плазматрона плазменной резки: а — традиционная; б — узкоструйная; А, В — поток охлаждающей жидкости; С — плазмообразующий газ; D — вихревой газ

Отличительной особенностью «узкоструйной» плазменной резки является использование дополнительного вихревого газа (Рис. 1б), который повышает стабилизацию и обжатие струи плазмы. Одновременно, наличие дополнительного колпачка вихревого газа улучшает защиту рабочего сопла и катода.

Применение современных инверторных источников тока с компьютерным управлением параметрами тока и газов, современной конструкции плазматронов с катодами с гафниевой или вольфрамовой вставкой обеспечивает:

- вырезку деталей из любых электропроводных металлов;
- вырезку деталей толщиной до 10 мм с качеством лазерной резки;
- вырезку деталей толщиной до 160 мм;
- отсутствие грата на кромках деталей;
- хорошую поверхность реза;
- малый угол скоса кромок;
- уменьшение тепловых деформаций;

- качественную вырезку деталей с острыми кромками и отверстий с малыми диаметрами;
- нанесение разметки и маркировки;
- высокую стойкость расходных материалов.

Применение в качестве плазмообразующего газа кислорода позволяет повысить скорость резки углеродистых сталей на 15-20%, улучшить качество поверхности реза и обеспечить защиту кромок деталей от азотирования.

Использование в качестве плазмообразующего газа смеси аргона и водорода позволяют получать высококачественную резку нержавеющей сталей и алюминиевых сплавов.

Реализация технологии резки над водой (разрезаемый лист располагается на высоте 30-50 мм под уровнем воды) уменьшает выделение в окружающую среду газов и, как следствие, позволяет уменьшить мощность необходимых вентиляционных установок. Принципиальная схема современной стационарной установки для плазменной резки дана на рис. 2.

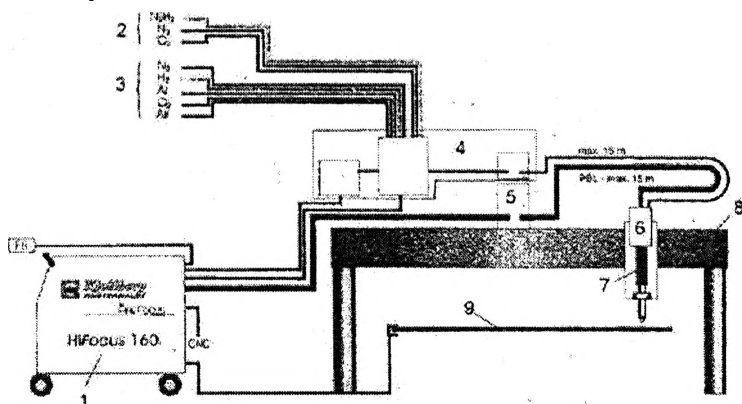


Рис. 2. Схема современной механизированной установки для плазменной резки. 1 – источник тока; 2 – вихревые газы; 3 – плазмообразующий газ; 4 – газовая консоль; 5 – устройство промежуточного поджига; 6 – устройство подключения плазматрона; 7 – плазматрон; 8 – портал машины тепловой резки; 9 – разрезаемый лист (заготовка)

Расстояние от источника тока до рабочей зоны может составлять до 50 метров. Применение специального устройства

для подсоединения плазматрона на поперечной каретке и быстросъёмной головки плазматрона улучшают условия эксплуатации машин для тепловой резки и существенно сокращают потерю времени при замене быстроизнашивающихся деталей.

В таблице 1 приведены основные технические характеристики ряда современных установок для плазменной резки. Как видно из таблицы современные установки обеспечивают резку, практически, всего диапазона толщин металлов, используемых в судостроении.

Таблица 1

Тип установки	Режущий ток	Толщина разрезаемого Me	Скорость резки	Плазмообразующий газ	Вес	Габаритные размеры LxVxH
	A	мм	мм/м			
HiFocus SOi	20-80	0,5-20,0	450-600	Воздух O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> Ar, H <sub>2</sub>	161	970x510x970
HiFocus 130	20-130	0,5-25,0	850		251	960 x 540 x 1050
HiFocus 160i	20-160	0,5-50,0	1400		196	960 x 540 x 1050
FincFocus	80 -300	5,0-80,0	2000		566	1320x844 x 1470
HT2000	50-200	1,0-50,0	1400		364	1040x710 x900
HPRI30	30-130	0,5-38,0	1045		317	1079x568x967
HPR260	30-260	0,5-64,0	2170		567	1190x820x

\* скорость резки дана для конструкционной стали толщиной 20мм

Современная технология плазменной резки базируется, как правило, на обобщении экспериментов, применительно к конкретным задачам промышленности. В связи с этим представляется целесообразное построение математических моделей процесса, позволяющих оценивать и оптимизировать влияние на эффективность резки следующих основных групп факторов:

1. энергетических параметров дуги;
2. типа и расхода плазмообразующих газов;
3. конструкции плазматрона.

Разработка математических моделей процесса плазменной резки позволит также устанавливать оптимальные параметры процесса для резки различных металлов.

## Литература

1. Сайт [www.rjellberg.de](http://www.rjellberg.de)
2. Сайт [www.hypertherm.com](http://www.hypertherm.com)

## Определение времени прохождения волны прорыва через створ гидроузла при размыве и деформации плотины

Карпенчук И.В., Стриганова М.Ю.

Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

Основными гидротехническими сооружениями (ГТС), разрушение которых приводит к гидродинамическим авариям, относятся плотины, водозаборные и водосбросные сооружения, шлюзы. При их аварии катастрофическое затопление заключается в стремительном затоплении местности волной прорыва. Таким образом, при расчете параметров волны прорыва, определение времени опорожнения водохранилища (времени прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины) является важным фактором.

В настоящее время методика определения времени прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины весьма приблизительны и не точны. В предлагаемом расчете времени опорожнения водохранилища принят самый неблагоприятный случай – то есть перелив начинается по всему фронту плотины с учетом того, что длина плотины в динамике размыва будет уменьшаться по высоте и длине. Прохождение волны прорыва через створ разрушенного (разрушаемого), является движением неустановившимся, при котором изменяется напор (водохранилище опорожняется). Коэффициент расхода прорана (бреши) непостоянен, т.к. он зависит от соотношения напора и высоты водослива, а значит, от высоты размываемой плотины, которая изменится от  $H$  (напор в начале разрушения) до 0.

Предлагается следующая методика определения времени прохождения волны прорыва через створ разрушаемой плотины (времени полного опорожнения водохранилища) с учетом изменения формы и размеров бреши в течение времени. Форма зеркала водохранилища может быть произвольной, но пропорциональной площади при последовательном опорожнении. В этом случае

$$\frac{\Omega_{\text{сд}}}{\Omega} = \frac{i^2}{Z^2}, \quad (1)$$