

15 Определение ударной вязкости материала

Цель работы

Определение удельной ударной вязкости стального стандартного образца на маятниковом копре.

Основные теоретические положения

Ударная вязкость — это сложная комплексная характеристика, зависящая от ряда более простых механических свойств. Полученные при статических испытаниях, т. е. под действием очень медленно нарастающей нагрузки, механические характеристики не могут оценить способность материала противостоять ударной нагрузке. Испытания на ударную вязкость относятся к динамическим видам испытаний, которые применяют, чтобы оценить способность металлических материалов переносить ударные нагрузки и выявить их склонность к хрупкому разрушению. Наиболее широко распространены и стандартизованы ударные испытания на изгиб образца с надрезом, в результате которых определяют вязкость разрушения — сопротивление распространению трещин. Эти испытания особенно важны для высокопрочных сплавов, которые могут иметь удовлетворительные характеристики пластичности в обычных испытаниях, но хрупко разрушаться в реальных конструкциях при наличии концентраторов. Скорости деформирования и деформации при динамических испытаниях на несколько порядков больше, чем при статических. Так, в стандартных испытаниях на динамический изгиб скорость деформирования составляет 4 – 7 м/с, а скорость деформации — около 10^{-2} с⁻¹, в то время как при статических испытаниях эти величины изменяются в пределах $10^{-5} \div 10^{-2}$ м/с и $10^{-4} \div 10^{-3}$ с⁻¹ соответственно. Условия испытаний на ударную вязкость при нормальной температуре регламентированы ГОСТ 9454-78 [19]. Распространяется стандарт на сталь и другие металлы и сплавы, склонные к переходу в хрупкое состояние под влиянием понижения температуры, наличия концентраторов напряжения, увеличения абсолютных размеров, скорости деформации и др. В качестве образцов применяют брус-

ки с надрезами посередине (рис. 28). Допускаемые размеры образцов даны в таблице 12.

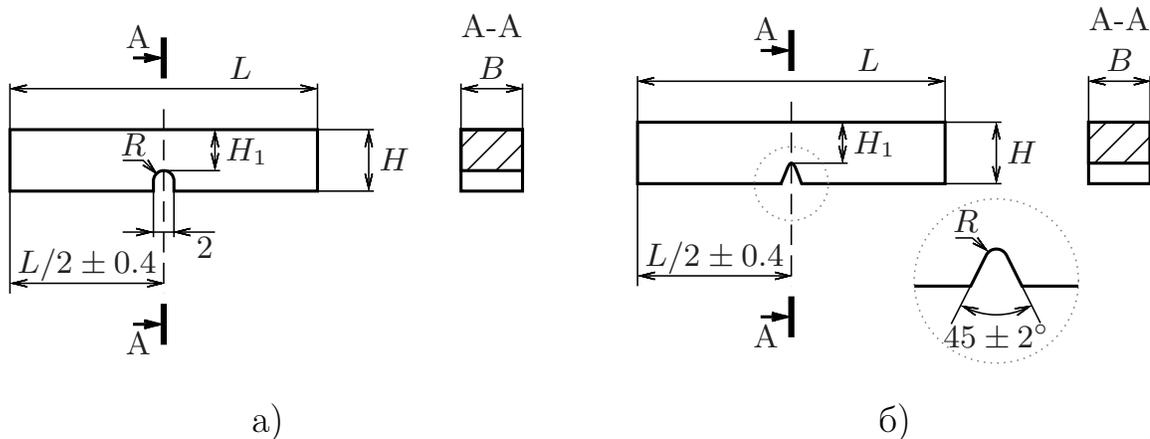


Рис. 28: Образцы с концентратором вида U (а) и V (б) для испытаний на ударный изгиб ГОСТ 9454-78 [19]

Таблица 12: Размеры образцов (мм)

Вид концентратора	Радиус концентратора R	Тип образца	Длина L (пред.откл. ± 0.6)	Ширина B	Высота H (пред.откл. ± 0.1)	Высота рабочего сечения H_1	
U	1 ± 0.07	1	55	10 ± 0.10	10	8 ± 0.1	
		2		7.5 ± 0.10			
		3		5 ± 0.05			
		4		2 ± 0.05	8	6 ± 0.1	
		5		10 ± 0.10	10	7 ± 0.1	
		6		7.5 ± 0.10			
		7		5 ± 0.05			
		8		10 ± 0.10			
		9		7.5 ± 0.10			5 ± 0.1
		10		5 ± 0.05			
V	0.25 ± 0.025	11	55	10 ± 0.10	10	8 ± 0.05	
		12		7.5 ± 0.10			
		13		5 ± 0.05			
		14		2 ± 0.05			8

Испытывают образцы на маятниковых копрах (рисунок 29) с предельной энергией 300 Дж (30 кгс·м). Образец кладут горизонтально в специальный шаблон, обеспечивающий установку надреза строго посередине пролёта между опорами (рисунок 30). Удар наносят со стороны, противоположной надрезу, в плоскости, перпендикулярной к продольной оси образца. Маятник копра закрепляют в исходном верхнем положении на высоте 0.8 – 2.5 м, что соответствует скорости ножа маятника в момент удара 4 – 7 м/с. По шкале фиксируют угол α отклонения маятника. Затем крепящую защёлку вынимают, маятник свободно падает под собственным весом, наносит удар по образцу, изгибает и разрушает его, отклоняясь относительно вертикальной оси копра на угол β . Этот угол тем меньше, чем большая работа A_H затрачена маятником на деформацию и разрушение образца. Величина работы деформации и разрушения определяется разностью потенциальных энергий маятника в начальный (после подъёма на угол α) и конечный (после взлёта на угол β) моменты испытаний

$$A_H = P(H - h), \quad (15.1)$$

где P — вес маятника, H и h — соответственно высота подъёма и взлёта маятника (рисунок 29). Если длина маятника l , то

$$h = l(1 - \cos \beta), \quad H = l(1 - \cos \alpha) \quad (15.2)$$

и, следовательно,

$$A_H = Pl(\cos \beta - \cos \alpha). \quad (15.3)$$

Формула (15.3) служит для расчёта работы A_H по измеренным углам α и β (P и l постоянны для каждого копра). Шкалу копра можно проградуировать в единицах работы, если угол α подъёма маятника фиксированный. Зная полную работу деформации и разрушения A_H , можно рассчитать основную характеристику, получаемую в результате рассматриваемых испытаний, — ударную вязкость. Она измеряется в кгс·м/см² и определяется по формуле

$$a_i = \frac{A_H}{F}, \quad (15.4)$$

где i — номер типа образца в соответствии с таблицей 12, F — площадь поперечного сечения образца в месте надреза до испытания.

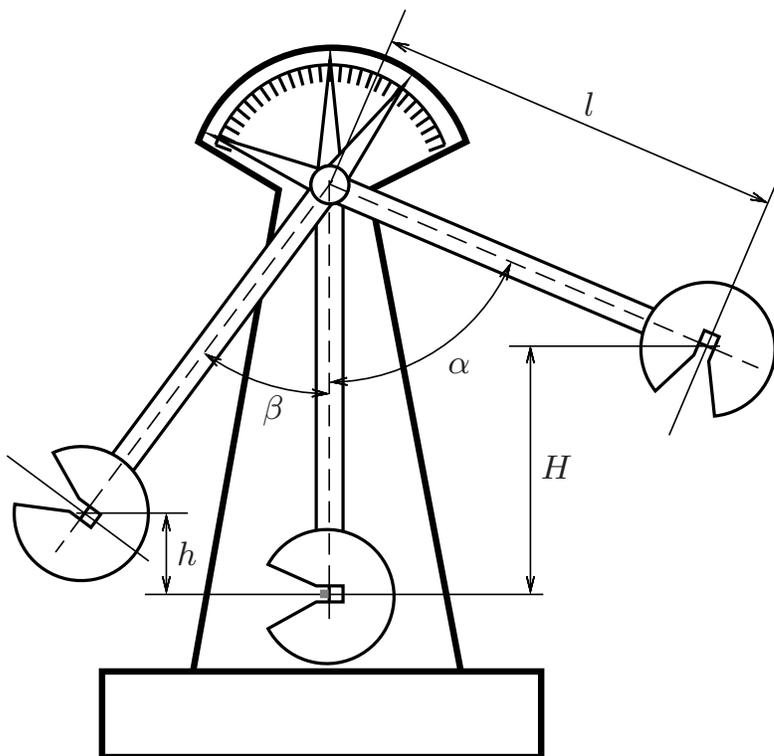


Рис. 29: Схема маятникового копра

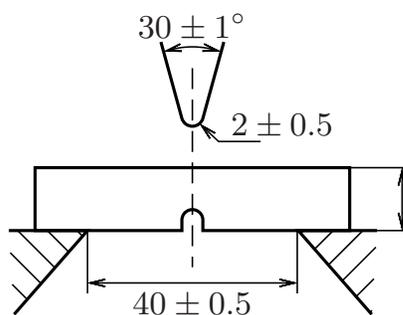


Рис. 30: Расположение образца на опорах маятника

Порядок проведения работы

Перед началом работы под руководством сотрудника лаборатории следует ознакомиться с устройством маятникового копра (модель «МК»), на котором

будут производиться испытания, и мерами безопасности, которые необходимо строго соблюдать, чтобы избежать несчастного случая при падении маятника.

Пометить мелом испытуемые образцы и измерить их размеры.

Установить испытуемый образец на опорах маятникового копра так, чтобы надрез был расположен симметрично относительно опор и обращён в сторону, противоположную удару.

Поднимают маятник на заданную высоту (для каждого образца высота подъёма маятника разная) и фиксируют его в поднятом положении защёлкой. Перед подъёмом маятника его стрелку устанавливают против нулевого деления шкалы, а после подъёма маятника определяют этот угол и записывают. После того, как этот угол будет записан, стрелку маятника вновь устанавливают против нулевого деления шкалы.

Убедившись, что в плоскости движения ничего нет, отводят защелку. Маятник свободно падает и, встречая на своем пути образец, разрушает его. Остановить маятник и по шкале зафиксировать угол, образовавшийся между стрелкой маятника и нулевым делением шкалы, равный углу взлёта маятника после разрушения образца.

Отчёт о проделанной работе

Отчёт о проделанной работе должен содержать следующие сведения:

- цель работы;
- расчётные формулы;
- журнал измерений (длина l и вес P маятника, площадь поперечного сечения F образца, полученные экспериментальные данные о значениях углов α и β);
- обработка результатов (расчёт значения ударной вязкости, занесённого в таблицу 13, сравнение с известными данными);
- выводы.

Таблица 13: Форма таблицы для внесения данных.

Материал образца	Номер образца	Размеры сечения	Работа, затраченная на разрушение образца	Удельная ударная вязкость

Технические характеристики маятникового копра типа «МК»

1. Наибольший запас энергии маятника — 5 кгс·м.
2. Расстояние между опорами:
наибольшее — 130 мм;
наименьшее — 30 мм.
3. Цена деления шкалы — 10.
4. Вес маятника — 5,685 кгс.
5. Постоянная копра — 3,041 кгс·м.
6. Длина маятника — 0,535 м.
7. Расстояние от оси подвеса до центра удара маятника — 0,537 м.
8. Внецентренность удара — 3,87 мм.

Углы подъёма маятника, в градусах	130	107	90	69
Теоретический запас энергии, в кгс·м	5,0	4,0	3,0	2,0
Фактический запас энергии, в кгс·м	5,016	3,95	3,067	1,95

Вопросы и задания для самоконтроля

1. В каких случаях применяют динамические испытания?
2. Что называется удельной ударной вязкостью?
3. Для чего делают надрез на образце?
4. Как определяют работу, затраченную на разрушение образца?
5. Как учесть потери энергии на трение в подшипниках и сопротивление воздуха?