



ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ШАРПИ ДЛЯ КОВКОГО ЧУГУНА

Иброхимов Б.Р.

*Докторант ТГТУ имени Ислама К.А. Узбекистан
(кафедра литейные технологии), ibrohimov.2017@list.ru*

Введение

Испытание по Шарпи это простой метод, используемый для оценки поведения материалов в условиях динамического нагружения. Процедура испытания, а также размер и форма образца описаны в стандарте ГОСТу 9454-78[1], который устанавливает стандартные методы испытания металлических материалов на удар с надрезом. Обычно образцы Шарпи имеют размеры 10 мм по ширине и по высоте и 55 мм в длину. Во многих случаях эти образцы обрабатываются с надрезом по всей длине, который может быть V-образным, U-образным и T-образным. Во время испытания бруски располагаются горизонтально в испытательном приспособлении, а маятник отпускается с заданной высоты. Высота, на которую поднимается маятник после удара по образцу, позволяет испытателю определить количество энергии, поглощенной материалом при разрушении. Как правило, более высокие значения поглощенной энергии указывают на вязкое разрушение, в то время как более низкие значения указывают на хрупкое разрушение, хотя могут быть и исключения из этого соотношения.

История о методе Шарпи

В XIX веке железнодорожная отрасль пережила значительное развитие, что привело к увеличению числа отказов рельсов и осей. Ученые столкнулись с проблемами понимания свойств материалов и определения подходящих методов для их характеристики. Для оценки поведения материалов в условиях динамического нагружения в 1905 году было введено испытание на удар Шарпи. Хотя позже были созданы дополнительные испытания, такие как ударное испытание Изода, со своими стандартами, многие из них постепенно устарели. К 1933 году ASTM разработал стандарт E231 для испытания на удар по Шарпи.

В разгар Второй мировой войны ВМС США провели масштабную экспертизу, чтобы выявить недостатки 3000 кораблей Liberty. Удивительно, но более 1200 из этих судов вышли из строя, причем 200 из них были признаны гибельными. Расследование выявило нестабильность и хрупкость, а также недостаток способности выдерживать нагрузки. В результате правительство США начало расследование и впоследствии предложило включить критерии чувствительности к надрезам в спецификации для сталей, используемых в условиях структурных надрезов, деформации, низких температур или ударных нагрузок.



Испытание на удар Шарпи используется для количественной оценки энергии, поглощённой в процессе разрушения различных материалов, включая сталь и чугун. Это испытание помогает построить кривые зависимости энергии удара от температуры, которые не рассматриваются как неотъемлемые свойства материала, а скорее используются при проектировании. Тем не менее, некоторые спецификации требуют минимального порога энергии удара по Шарпи, особенно в случае ядерных сосудов под давлением и стальных конструкций мостов. Стоит отметить, что требования к ударной вязкости обычно снижаются по мере увеличения размера сечения таблица-1[2].

Таблица-1

№	Толщина стенки	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	KCV ⁻⁴⁰ , Дж/см ²
1	12	0,09	0,39	1,57	0,012	0,003	0,1	0,06	11
2	21,6	0,08	0,32	1,50	0,012	0,002	0,15	0,23	70
3	25,8	0,08	0,30	1,51	0,011	0,003	0,15	0,23	35
4	21,6	0,1	0,36	1,74	0,015	0,001	0,02	0,02	16
5	37,4	0,056	0,17	1,74	0,011	0,0007	0,279	0,366	28

Испытание по методу Шарпи характеризуется высокой скоростью деформации, что делает его подходящим исключительно для приложений баллистического типа. Однако малый размер образцов Шарпи приводит к возникновению сложного напряженного состояния, которое не совсем точно отражает реальные сценарии. Используя соответствующие методы подготовки образцов, можно вызвать это сложное напряженное состояние в образцах Шарпи.

В ходе исследования Martinez, Boeri and Sikora[3] было проведено сравнение двух видов аустемперированного ковкого чугуна и закаленной и отпущенной стали 4140 по их ударным свойствам и свойствам разрушения. Выбор этих материалов основывался на их пределе прочности при растяжении. Исследование включало в себя изучение образцов с надрезом и без надреза по Шарпи, а также образцов с усталостным разрушением до трещины. Для получения аустемперированного ковкого чугуна были проведены две плавки, причем плавка C1 отличалась превосходным металлургическим качеством, 100-процентной конкретностью и числом конкреций 250. Результаты, полученные при испытании на вязкость разрушения, показали относительно меньшее различие между сталью и



ковким чугуном. Однако стоит отметить, что авторы не делали никаких поправок, чтобы учесть различия в режимах разрушения, наблюдаемые между образцами.

Ограничения ударных испытаний по Шарпи

Испытание по Шарпи не лишено недостатков. Одним из таких ограничений является тот факт, что температура перехода, как правило, варьируется в зависимости от размера испытуемого прутка. Кроме того, невозможно установить корреляцию между различными размерами брусков. Однако испытания на разрыв с падением веса дают некоторое облегчение в этом отношении. Более того, испытания на падение веса демонстрируют лучшую корреляцию между образцами для испытаний и реальными деталями, находящимися в эксплуатации. Важно отметить, что данные, полученные в результате испытания по Шарпи, не отражают свойств материала и не должны использоваться в процессе проектирования. Кроме того, небольшие испытательные стержни, используемые в данном испытании, не воспроизводят условия, обычно встречающиеся в большинстве случаев эксплуатации. Более того, напряжённое состояние, создаваемое во время испытания, зачастую более сложное, чем то, которое испытывают компоненты в процессе эксплуатации.

Повышенное количество включений в ковком чугуне может снизить ударную вязкость материала, так как для распространения трещины необходимо достаточное количество матрицы. Испытания по Шарпи определяют общую энергию разрушения, и ферритные ковкие чугуны демонстрируют сопоставимую энергию зарождения трещин при сравнении с низколегированными и нелегированными сталями, несмотря на то, что энергия удара составляет менее пятидесяти процентов от энергии удара стали.

Заключение

Испытания на удар по Шарпи могут не подойти для оценки ударной вязкости чугунов из-за их явных отличий от стали. Необходимы дополнительные исследования для разработки более точных методов оценки ударной вязкости ковкого чугуна и улучшения понимания инженерами проектировщиками последствий результатов испытаний.

Использованные литературы

1. ГОСТ 9454-78 метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах.
2. Штейнберг, М.М. Влияние легирующих элементов на порог хладноломкости железа / М.М. Штейнберг // Термическая обработка металлов. – М.; Свердловск: Машгиз, 1952. С. 188–197.
3. Martinez, R. A., R. E. Boeri, et al. (1998). "Impact and Fracture Properties of ADI, Compared With SAE 4140 Steel." Transactions of the American Foundrymen's Society 106:



4. T. Kobayashi: The effect of notch shapes on the toughness of ductile cast iron. Transactions ISIJ, Vol. 19 (1979), 676.

5. Tohru Nobuki, Minoru Hatate, Toshio Shiota. Impact Properties of Austempered Spheroidal Graphite Cast Irons. Materials Sciences and Applications, 8, 948-958.

6. Иброхимов Б.Р., Худойкулов Ш.Ў. Методы испытания на ударную вязкость. Международная научная и научно-техническая конференция “Ресурсо и энергосберегающие инновационные технологии в литейном производстве” 18-19 май, 2023, Ташкент. 392-395 ст.

7. В.З. Куцова, М.А. Ковзель, А.В. Гренева, П.Ю. Швец, А. Zyska и В.Кoczurkiewicz. Структура и механические свойства хромомарганцевых чугунов в литом состоянии.