

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СТАЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО РАЗРУШЕНИЯ

Иванов А.П.
Пронько А.М.

Донбасский государственный технический университет

Введение. Постановка проблемы

Определение прочности стали в эксплуатируемых конструкциях представляет собой трудноразрешимую задачу, решение которой традиционными способами не всегда возможно. Как известно [1, 2], относительно надежный результат может быть получен на основании испытаний образцов, взятых из конструкций [3]. Однако это не всегда возможно, т.к. может привести к потере эксплуатационных свойств конструкций.

Как альтернатива предлагается метод «среза резьбы». Особенности метода подробно освещены в работе [4]. Этот метод позволяет получить прочностные характеристики металла путем среза резьбы (разрушения) в локальных областях, что в большинстве случаев не приводит к разрушению конструкции или нарушению ее эксплуатационных свойств.

В данной работе рассматриваются результаты проведенных исследований прочностных характеристик металла после горячего и холодного деформирования, а также распределение прочности металла в зоне сварного шва и в околосшовной зоне.

Цель работы

Целью настоящей работы является определение прочностных характеристик стали в прокате после горячего и холодного деформирования, а также в районе сварного шва и околосшовной зоне.

Основная часть

Сущность метода «среза резьбы» заключается в сверлении отверстия в конструкции, нарезании резьбы и последующего среза резьбы винтом из высокопрочной стали с помощью

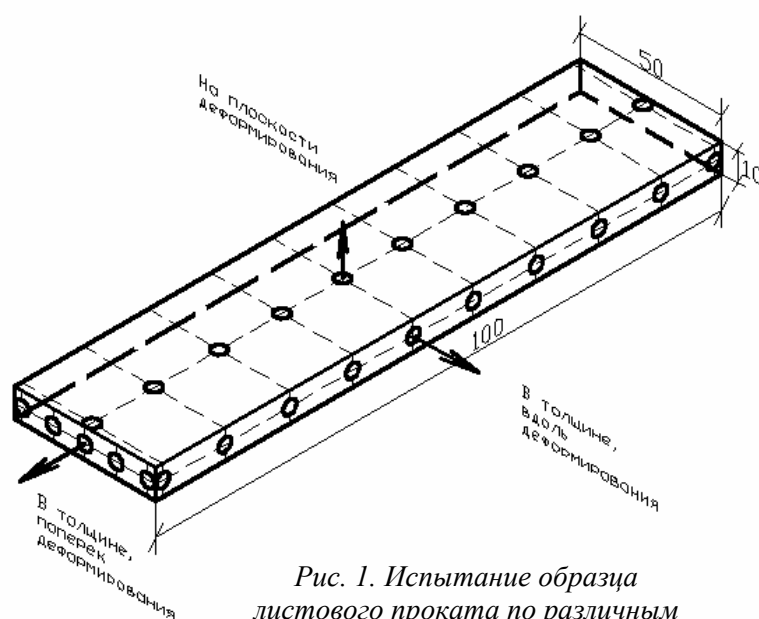


Рис. 1. Испытание образца листового проката по различным направлениям деформирования

специально изготовленной установки [4]. Для изучения свойств металла вдоль и поперек прокатки был взят стальной лист размером 100×50 мм и толщиной 10 мм (рис. 1). Эксперимент проводился испытательным винтом с высотой режущей части в два шага (1,6 мм) с внешним диаметром 4,85 мм.

Полученные результаты были обработаны, сделаны выводы о значимости прочности по разным плоскостям деформирования.

Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты определения прочности стали

Направления испытания	Средняя прочность, \bar{C}_P , кН/см ²	Среднее квадратическое отклонение, σ_{C_P} , кН/см ²	Коэффициент вариации, ν , %	Ошибка средней прочности, S_{C_P} , кН/см ²
На плоскости деформирования	26,6	0,85	3,19	0,283
В толщине, вдоль деформирования	30,7	0,23	7,49	0,076
В толщине, поперек деформирования	30,1	0,61	2,02	0,203

С целью выявления влияния остаточных деформаций на достоверность определения прочности металла в конструкциях была выполнена серия испытаний деформированного металла.

Основным критерием оценки степени деформирования была принята величина удлинения образца за пределом текучести. После снятия нагрузки величина деформирования оценивалась по величине относительного удлинения.

Испытания металла производилось на стандартных плоских образцах по ГОСТ 1497-84* [3]. Методика эксперимента заключалась в следующем:

- образец нагружался до напряжений, превышающих предел текучести, с различной степенью деформирования, шаг увеличения остаточных деформаций составлял 2–2,5 %;
- в нагруженном состоянии определялась прочность методом «среза резьбы»;
- образец разгружался и определялась прочность металла после разгрузки.

Были проведены испытания с доведением до пластического деформирования 32 образцов. Испытания производились на разрывной машине ГРМ-100М. Каждый образец испытывался на прочность методом «среза резьбы» дважды: в исходном состоянии и после механического деформирования.

В результате пластического деформирования металла относительное удлинение образцов было в пределах от 0,86 % до 18,1 %, прочность металла по отношению к исходному состоянию возросла от 1,3 % до 8,7 %.

Было установлено, что при деформировании металла с величиной относительной деформации до 6 % отклонение прочности металла от исходного состояния носит случайный характер. При более высокой степени деформирования прочность металла зависит от величины пластической деформации. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты испытания стали на холодное пластическое деформирование

№ п/п	Средняя прочность металла до испытания C_P^0 , кН/см ²	Средняя прочность металла после загрузки \bar{C}_P^K , кН/см ²	Приращение в результатах испытания, $C_P^K - C_P^0$, кН/см ²	$\Delta C_P = \frac{C_P^K - C_P^0}{C_P^0}$, %	Остаточное относительное удлинение δ , %
1	25,3	25,3	0	0	0,86
2	25,4	25,1	-0,3	-1,18	3,03

№ п/п	Средняя прочность металла до испытания C_P^0 , кН/см ²	Средняя прочность металла после загрузки \bar{C}_P^K , кН/см ²	Приращение в результатах испытания, $C_P^K - C_P^0$, кН/см ²	$\Delta C_P = \frac{C_P^K - C_P^0}{C_P^0}$, %	Остаточное относительное удлинение δ , %
3	24,6	24,0	-0,6	-2,49	5,5
4	25,0	25,7	0,7	2,8	6,43
5	25,7	26,9	1,2	4,67	8,5
6	25,4	27,1	1,7	6,69	13,43
7	25,8	27,9	2,1	8,14	16,71
8	25,6	28,2	2,6	10,15	18,14

Было установлено, что прочность металла в зонах с остаточными деформациями отличается от прочности металла в конструкции. Другими словами, определение прочности металла необходимо проводить в местах, где исключено наличие остаточных деформаций.

Исследования распределения прочности стали в зоне сварного шва и околошовной зоне в проводились на пластинах. Пластины соединялись встык сварным швом с применением полуавтоматической и ручной сварки.

Поверхность пластин разбивалась сеткой (около шва – гуще, в отдалении от шва – реже). Около шва линии наносились через 25 мм относительно центра шва, а далее – через 50 мм и 100 мм. На каждой линии было выполнено 9 отверстий. Испытания на прочность проводились с обеих сторон пластин (рис. 2, 3).

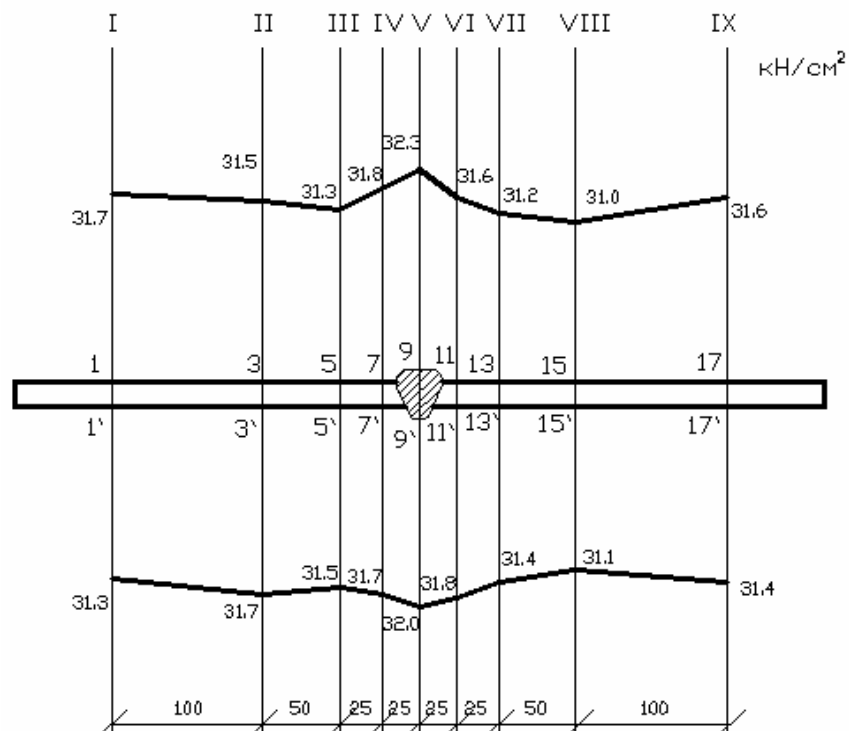


Рис. 2. Схема расположения отверстий и результаты определения прочности стали при ручной сварке

После определения прочности металла соединенных пластин были изготовлены стандартные образцы для проведения испытаний на растяжение. Образцы были испытаны на разрывной машине. Разрыв образцов происходил в тех местах, где по результатам испытаний методом «среза резьбы» были установлены пониженные характеристики металла. Характер разрушения образцов приведен на рис. 4.

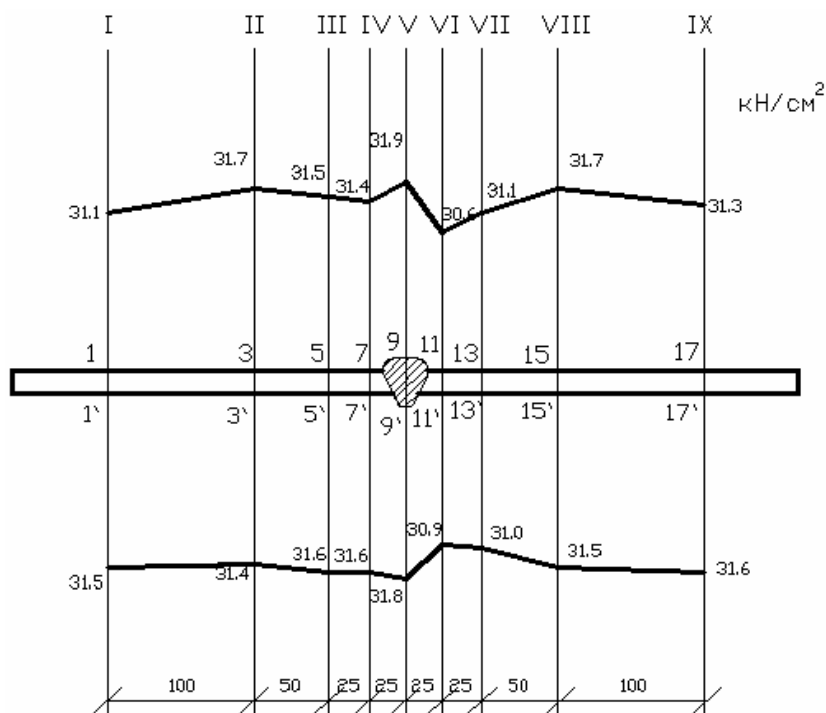


Рис. 3. Схема расположения отверстий и результаты определения прочности стали при полуавтоматической сварке

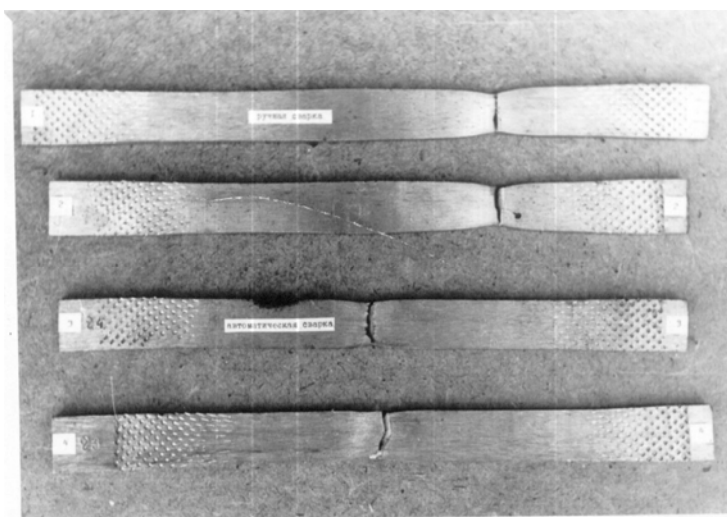


Рис. 4. Разрушение образцов при испытании на разрыв.

Выводы

1. Метод «среза резьбы» позволяет определить прочность стали в локальных областях конструкции с возможностью неоднократного воспроизведения результатов. Применение других методов для решения таких задач невозможно.
2. Метод «среза резьбы» позволяет определить прочность стали практически в любых эксплуатируемых конструкциях (за исключением разве что сосудов, работающих под давлением, корпусов атомных реакторов и т.п.) без изъятия образцов для последующих испытаний.
3. Прочность металла, в конечном счете, зависит от состояния и места испытания его в элементе конструкции.
4. Полный ответ о виде материала и его прочностных характеристиках можно получить при комплексном исследовании, совмещая результаты, полученные с помощью неразрушающих методов на физической основе и метода «среза резьбы», а также проведения химического анализа металла конструкции.

Литература

1. Долговечность стальных конструкций в условиях реконструкции / Е.В. Горохов, Я. Брудка, М. Лубинский и др.: Под ред. Е.В. Горохова. – М.: Стройиздат, 1984. – 428 с.
2. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) / УкрНИИпроектстальконструкция – М.: Стройиздат, 1989. – 159 с.
3. ГОСТ 1497-84* (СТ СЭВ 417-77) Металлы. Методы испытаний на растяжения. Взамен ГОСТ 1497-73. Введен с 01.01.86 – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 86 с.
4. Иванов А.П. Оценка прочности стали в эксплуатируемых конструкциях // Будівельні металеві конструкції: сьогодні та перспективи розвитку: Зб. доповідей V Міжнар. наук.-техн. конф. – К.: вид-во «Сталь», 2006. – С. 244–246.