

# КУРС ЛЕКЦИЙ-ПРЕЗЕНТАЦИЙ

по дисциплине

## **«Проектирование сварных конструкций»**

лекция №15

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:

к.т.н., ст. преп. кафедры «ОиТСП»

БЕНДИК Татьяна Ивановна

# СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ

## **Тема 9. Расчетная и конструкционная прочность сварных соединений.**

- Понятия расчетной и конструкционной прочности.
- Причины несовпадения расчетной и конструкционной прочности.
- Принципы исследования расчетной и конструкционной прочности.
- Понятие о вероятностных методах расчетной прочности.
- Пути сближения расчетной и конструкционной прочности.

Под **несущей способностью** обычно понимают *способность конструкции сопротивляться наступлению предельных состояний*. Например, появление течи от коррозии непосредственно не связано с прочностью, но является предельным состоянием, определяющим несущую способность конструкции.

**Факторы, способные оказать существенное влияние на несущую способность сварной конструкции:**

- действующие нагрузки и вызываемые ими напряжения;
- характер приложения нагрузок, статический или динамический (пульсирующий симметричный, случайный);
- концентрация действующих напряжений: неравномерность приложения нагрузки, наличие дефектов;
- собственные остаточные напряжения;
- температура эксплуатации;
- среда и порождаемые ею физические и химические процессы на поверхности;
- время эксплуатации.

**Влияние всех вышеперечисленных факторов сказывается на состоянии материала через изменение его свойств: прочности, пластичности, коррозионной стойкости и т.д.**

В конкретных условиях эксплуатации указанные факторы выступают в сложном взаимодействии и определяют **конструкционную прочность** изделия – как установленную в результате эксплуатации или испытания при конкретных свойствах материала, значении и характере действия нагрузок, температуре, среде, технологии изготовления, способность конструкции сопротивляться наступлению тех предельных состояний, от которых зависят ее служебные свойства.

Ограничение числа факторов, учитываемых в расчетах, вызвано рядом причин:

- недостаточность современных знаний для построения универсального расчетного аппарата;
- сложность теории, одновременно учитывающей влияние большого количества факторов;
- высокая стоимость и длительность испытаний для создания и применения такой теории;
- стремление обеспечить доступность расчетов для лиц с базовой инженерной подготовкой.

Это приводит к необходимости введения такого понятия как расчетная прочность.

**Расчетная прочность** – это установленная в результате расчета путем использования экспериментальных характеристик материала и аппарата теории способность конструкции сопротивляться наступлению тех предельных состояний, от которых зависят ее служебные свойства.

#### **Причины несовпадения расчетной и конструктивной прочности:**

- 1) Однофакторность методов инженерных расчетов, не позволяющая вести комплексный учет многочисленных совместно влияющих факторов вследствие сложности построения теории. Например, расчет на статическую прочность по предельному состоянию наступления предела текучести предусматривает сравнение среднего напряжения с пределом текучести металла без учета концентрации напряжения.
- 2) Временное исключение из рассмотрения слабоизученных факторов, которые впоследствии оказываются в ранге основных. Например, разная способность воспринимать напряженное состояние в местах наличия дефектов у пластичных и высокопрочных материалов.
- 3) Неправильный выбор предельных состояний и критериев для оценки прочности конструкции. Например, использование при оценке несущей способности конструкции только силовых критериев, а не сочетания их с деформационными, что особенно ощутимо в местах концентрации напряжений.
- 4) Вероятностная природа формирования конструкционной прочности. Например, для различных случаев возможно неблагоприятное сочетание факторов, определяющих конструкционную прочность.
- 5) Вероятностный характер появления и распределения дефектов в сварных конструкциях, что трудно учесть заранее. Например, «внезапное» появление дефекта в конструкции, невозможность обнаружения дефекта современными способами дефектоскопии, простая невнимательность в обнаружении дефекта.

Сопоставляя между собой расчетную и конструкционную прочность, необходимо иметь в виду один из важнейших факторов, влияющих на несущую способность конструкции, — фактор рассеяния механических свойств металлов, геометрических размеров и действующих нагрузок. Конструкционная прочность, объективно отражающая влияние рассеяния, всегда по своей природе является величиной, изменяющейся в довольно широких пределах. Обычно пользуются сравнением некоторых средних значений фактической конструкционной прочности и расчетной.

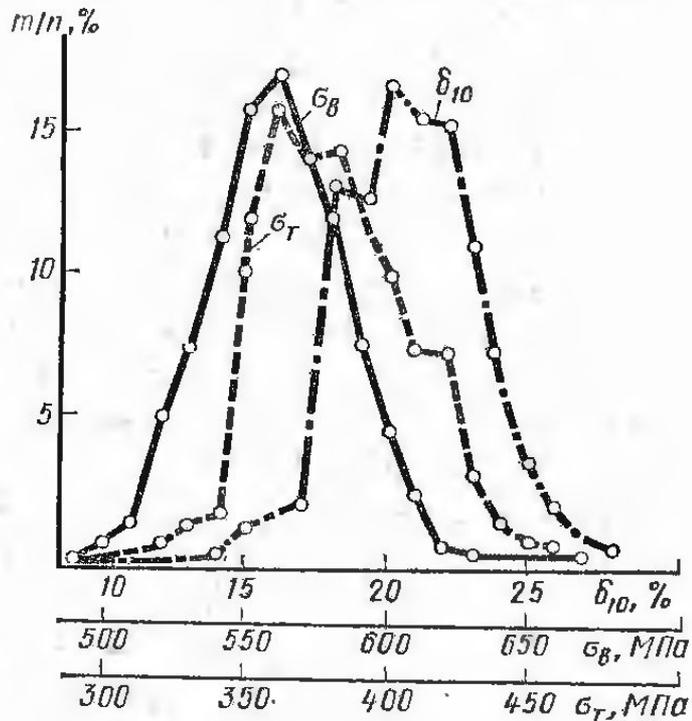


Рис. 11.3. Кривые распределения механических свойств стали 15ХСНД (число случаев  $n = 1358$ )

Такие характеристики металла, как  $\sigma_T$ ,  $\sigma_B$ ,  $\delta$  отличаются от образца к образцу даже в пределах одного листа металла, а тем более в различных листах. Характер наблюдаемых рассеяний показан на рис. 11.3. Такие диаграммы строят по результатам испытаний большого числа образцов. По вертикальной оси можно при этом откладывать либо число появлений результата  $m$ , либо частность  $m/n$  — относительную частоту появления результата или в процентах. Величина  $n$  означает полное число испытанных образцов. Эмпирическая диаграмма частот называется гистограммой.

Среднее значение случайной величины, например для временного сопротивления вычисляется по формуле

$$\bar{\sigma}_B = \sum_{i=1}^{i=k} \sigma_{Bi} \frac{m_i}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=k} \sigma_{Bi} m_i = \sum_{i=1}^{i=k} \sigma_{Bi} p_i,$$

где  $p_i = m_i/n$  — частота.

В качестве количественной характеристики распределения случайных величин кроме среднего значения, используют дисперсию  $D$  и среднее квадратическое отклонение  $S$

$$D = \sum_{i=1}^{i=k} (\sigma_{Bi} - \bar{\sigma}_B)^2 p_i;$$

$$S = \sqrt{D}.$$

Если прочности основного металла и сварного соединения имеют рассеяние (кривые 1 и 2 на рис. 11.5), то обычная оценка неравнопрочности сварного соединения по отношению  $\eta = \bar{\sigma}'_B / \bar{\sigma}_B \leq 1$  не учитывает величины рассеяния.

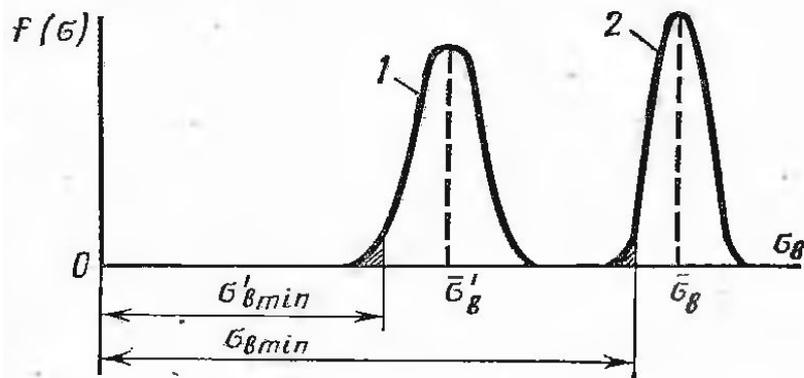


Рис. 11.5. Кривые рассеяния временного сопротивления для сварного соединения (1) и основного металла (2)

**Если** в основу сравнения положить равную вероятность разрушения, то неравнопрочность должна оцениваться отношением

$$\eta = \sigma'_{B \min} / \sigma_{B \min}.$$

Разной вероятности разрушения будет соответствовать разный коэффициент неравнопрочности. Чтобы устранить такую неопределенность, целесообразно пользоваться стандартным отклонением, а именно  $3S$ .

$$\eta = \bar{\sigma}'_B - 3S_{\text{св.соед}} / (\bar{\sigma}_B - 3S_{\text{осн.м}}).$$

Вероятностные методы в расчетах на прочность находят все большее применение для оценки надежности деталей и конструкций.

*Надежность — это свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки.*

Применительно к расчетам на прочность, когда необходимо, чтобы не наступило то или иное предельное состояние, под *надежностью* следует понимать *вероятность ненаступления предельных состояний, ограничивающих нормальную работу изделия.*

## Пути сближения расчетной и конструкционной прочности

Для более точного совпадения расчетной и конструкционной прочности необходимо выполнение ряда условий:

- 1) Правильный выбор предельных состояний, по которым производится определение прочности.
- 2) В пределах каждого из рассматриваемых предельных состояний выбор таких показателей, которые наилучшим образом подходят для количественного выражения величины прочности.
- 3) Применение такого аппарата теории, который бы позволял вычислить запасы прочности или вероятности разрушимости на основе использования простейших характеристик металла.
- 4) Учет в случае необходимости дополнительных факторов, которые в используемом расчетном методе не являются основными, например схемы напряженного состояния, неоднородности свойств металла, дефектов, собственных напряжений, температуры, характера действующих нагрузок, среды, статистического рассеяния характеристик металла и др.

Использование коэффициентов запаса при правильно выбранных расчетных предельных состояниях является методом назначения таких условий эксплуатации, при которых возможное неблагоприятное рассеяние факторов, которое не учтено расчетом, не понизит конструкционную прочность изделия до уровня, соответствующего эксплуатационным условиям.

На стадии проектирования помимо выполнения ряда задач, связанных со служебным назначением конструкции, стремятся принять такие решения, которые бы по возможности исключили действие неясных в расчетном и научном плане факторов, например, назначают такие формы конструкции, которые позволяют определить напряжения в них, применяют апробированные материалы и т. д.

Если металл крайне чувствителен к концентрации напряжений, необходимо в расчет вводить трещину, эквивалентную дефекту, который может оказаться невыявленным. При создании новых изделий проводится исследование их несущей способности, получение необходимой для расчета экспериментальной информации о прочности, распределении напряжений и уровне их концентрации.

Разработка технологии предусматривает выполнение условий, которые сформулированы конструктором. С помощью технологических приемов стремятся устранить те факторы, которые трудно учесть расчетом. Например, термическая обработка устраняет неоднородность механических свойств, снимает остаточные напряжения, наличие которых довольно трудно учесть, правкой устраняют несовершенства формы, которые могут вызывать концентрацию напряжений, не предусмотренную расчетом.

Предусматривается система проверки качества выпускаемой продукции, проводится контроль готовых изделий с целью выявления возможных дефектов, которые, как правило, расчетом не учитываются. Нередко, контроль распространяется на все производимые детали. Ответственная продукция подвергается 100%-ным пробным испытаниям при повышенных нагрузках. Эти испытания являются эффективным средством повышения вероятности их неразрушимости и сближения расчетной и конструкционной прочности, но также имеют ограниченные возможности. Объясняется это тем, что характер и размеры дефектов могут изменяться во времени, свойства металлов под влиянием различных факторов также могут претерпеть изменения.

Намечают и проводят профилактические осмотры и ремонт конструкций. В некоторых случаях осуществляют контроль неразрушающими методами с целью обнаружения дефектов, которые могли появиться в процессе эксплуатации. Это делают, например, в мостах, железнодорожных рельсах и ряде других сварных конструкций, которые подвергаются действию переменных нагрузок.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

**КАКИЕ БУДУТ ВОПРОСЫ?**