

Технология контроля металлов  
(поковки и литья, проката: листов,  
труб, рельсов)

# Общие положения

Будем рассматривать методики контроля типовых изделий:

- Поковок, отливок
- Листов
- Труб
- Стержней
- Рельсов

Разработка методики включает:

- Выбор схемы контроля (метода, типа волн, угла ввода...)
- Выбор типа аппаратуры (УЗ прибор, ПЭП, СО, СОП)
- Подготовка изделия к контролю (требования к качеству поверхности)
- Подготовка аппаратуры (проверка аппаратуры, выбор и настройка частоты, чувствительности, скорость развертки и других параметров)
- Правила поиска дефектов (местоположение, размеры, ориентация, др.)
- Оценка результатов контроля (конечный результат- разбраковка изделий).

Методика включает разделы, в которых указана требования к персоналу, оформлению результатов и технике безопасности.

# Выбор схемы контроля

В более чем 80% случаев металлопродукцию проверяют эхо-методом. Другие методы используются, если:

- они дают лучшие результаты;
- эхо-метод использовать трудоемко, затруднено;
- в качестве дополнительного для более полного обнаружения и/или исследования дефектов.

При выборе схемы контроля учитываются следующие факторы:

- преобразователь должен перемещаться по ровной поверхности;
- должна быть прозвучена каждая точка объема изделия, подлежащего контролю;
- каждую точку желательно прозвучать в нескольких направлениях для повышения надежности обнаружения различно ориентированных дефектов.

Большие эхосигналы от несплошности получают, когда излучатель и приемник УЗ волн располагаются так, чтобы получить зеркально отраженные сигналы.

# Подготовка изделия к контролю

Необходимо освободить контролируемый материал от неплотно прилегающих наслоений, под которыми может образоваться прослойка воздуха, не пропускающая ультразвук, а затем сгладить неровности для обеспечения стабильного акустического контакта. С поверхности удаляют отслаивающуюся окалину и краску, сглаживают забоины, задиры, переходы от выпуклости сварного шва к основному металлу, брызги металла, сварочный флюс.

Подготовку поверхности проводят вручную (шабером, металлической щеткой, наждачной шкуркой) или механическим способом (шлифовальной машинкой, на станке).

Качество подготовленной поверхности оценивают по параметрам шероховатости (ГОСТ 2789-73). Оптимальной считается поверхность с шероховатостью  $Rz=20\text{...}40\text{мкм}$  и волнистостью (отношение максимальной стрелы прогиба к длине неровности) не более 0,025. Грубообработанная поверхность ( $Rz40\text{мкм}$ ) обуславливает снижение чувствительности и ее нестабильность. При  $Rz<20\text{ мкм}$  ослабляются фрикционные свойства поверхности и контактная жидкость «выскальзывает» из-под преобразователя.

# Проведение контроля

- Настраивают скорость развертки (масштаб экрана) и глубиномер дефектоскопа (скорость ультразвука и время задержки в призме ПЭП)
- Устанавливают поисковый, контрольный и браковочный уровни, при необходимости настраивают систему ВРЧ
- Выполняют сканирование
- При появлении эхосигнала от возможной несплошности определяют ее максимум и производят идентификацию несплошности (происхождение сигнала, исключение ложных)
- Измеряют амплитуду эхосигнала от несплошности, ее координаты и условные размеры
- Измеренные значения характеристик несплошности сравнивают с нормативными
- Продолжают сканирование, если измеренные характеристики не превышают требования НТД
- Регистрируют несплошность при превышении требований НТД
- Оформляют документацию по результатам контроля

# Контролепригодность

*Изделия, контроль которых методами НК возможен, называют контролепригодными.*

Контроледоступность и контролепригодность ограничена:

- сложной геометрией;
- высоким уровнем структурных шумов (больше половины уровня фиксации);
- не удастся отличить сигналы от несплошности и ложные;
- несплошность не вызывает отражения УЗ

# Контроль поковок и литья

- ГОСТ 24507-80 «Контроль неразрушающий. Поковки из черных металлов. Методы ультразвуковой дефектоскопии»
- ПНАЭ Г-7-014-89 «Ультразвуковой контроль. Ч.1. Контроль основных материалов (полуфабрикатов)»
- ОСТ 5.9675-88 «Контроль неразрушающий. Заготовки металлические. Ультразвуковой метод контроля сплошности»
- ОСТ 108.958.03.96 «Поковки стальные для энергетического оборудования. Методы ультразвукового контроля»
  
- ГОСТ 22727-88 «Сталь толстолистовая. Методы ультразвукового контроля»
- ПНАЭ Г-7-014-89 «Ультразвуковой контроль. Ч.1. Контроль основных материалов (полуфабрикатов)»
- ОСТ 5.9332-80 «Контроль неразрушающий. Прокат листовой металлический. Ультразвуковой метод контроля сплошности»

# Дефекты в заготовках

Дефекты в заготовках, получаемых методами давления (поковках, штамповках, прокате) в основном плоскостные, расположены перпендикулярно к направлению основной деформации:

- расплющенные раковины;
- трещины;
- флокены (очень тонкие трещины, возникающие в результате выделения водорода);
- расслоения;
- неметаллические включения;
- плены;
- закаты.

Считается, что поковка проверена в полном объеме, если каждый элементарный объем металла прозвучен в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Если один из размеров  $l$  поковки превышает другой размер  $d$  в  $m$  и более раз, то контроль прямым преобразователем вдоль большого размера заменяется контролем наклонным преобразователем ( $45^\circ$ - $60^\circ$ ). Прозвучивание проводится вдоль наибольшего размера в двух противоположных направлениях.

$$m = 0,83 \frac{D}{\lambda}$$

где  $D$  – диаметр пьезопластины преобразователя.

*Заготовки контролируют эхо- и ЗТ-методами.*

*Применяют частоты 2÷5 МГц, чувствительность настраивают по плоскодонным отражателям площадью 3÷7 мм<sup>2</sup>.*



# Дефекты. Расслоение

Расслоения - дефекты в виде нарушения сплошности, представляющие собой раскатанные крупные дефекты слитка – глубокие усадочные раковины, усадочную пористость, скопление пузырей или неметаллические включения

*расслоение*



*раскрывшееся расслоение*



# Дефекты. Ликвация

Ликвация- дефекты в виде скопления вредных примесей и неравномерности химического состава, возникающий в результате избирательной кристаллизации при затвердевании.

*ликвация*



# Дефекты. Флокены

Флокены - дефекты в виде внутренних разрывов металлопродукции, образующиеся в результате водородного охрупчивания металла.

*микрошлиф с флокенами*



# Дефекты. Плена

Плена - дефект поверхности, представляющие собой сравнительно тонкие плоские металлические отслоения языкообразной или округлой формы деформированного металла, частично приваренные к основному металлу.

*плена на поверхности трубы*



# Дефекты. Закаты

Закаты – дефект в виде нарушения сплошности поверхности в направлении прокатки. Закат, образовавшийся от заусенца, похож на продольную трещину, а от возвышения - на плену с криволинейным незамкнутым контуром.

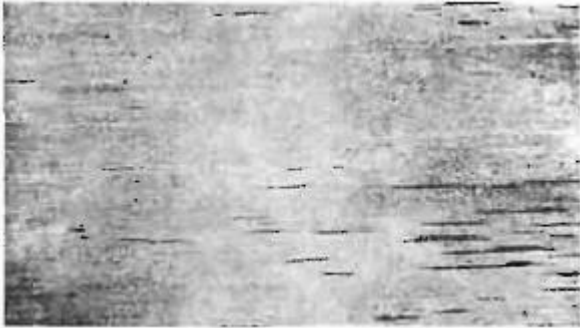
## *закаты*



# Дефекты. Волосовины

Волосовины – дефекты в виде волосовидных нитевидных несплошностей в металле, расположенных вдоль направления деформации и наблюдаемых в форме прерывистых или сплошных нитевидных поверхностных трещин.

## *волосовины*





# Дефекты. Риски

Царапина (риска) - дефект в виде протяженного углубления на поверхности металлопродукции неправильной формы и произвольного направления с наклонными боковыми стенками в виде острого надреза. Выявляется ВИК.

*риски*



# Дефекты. Забоина

Забоина - углубление неправильной формы и переменной глубины, произвольно расположенное на поверхности изделия. Выявляется ВИК.

**забоина**





# Дефекты. Продир

Продир - дефект в виде широкого продольного углубления на поверхности металлоизделия. Выявляется ВИК.

*продир*



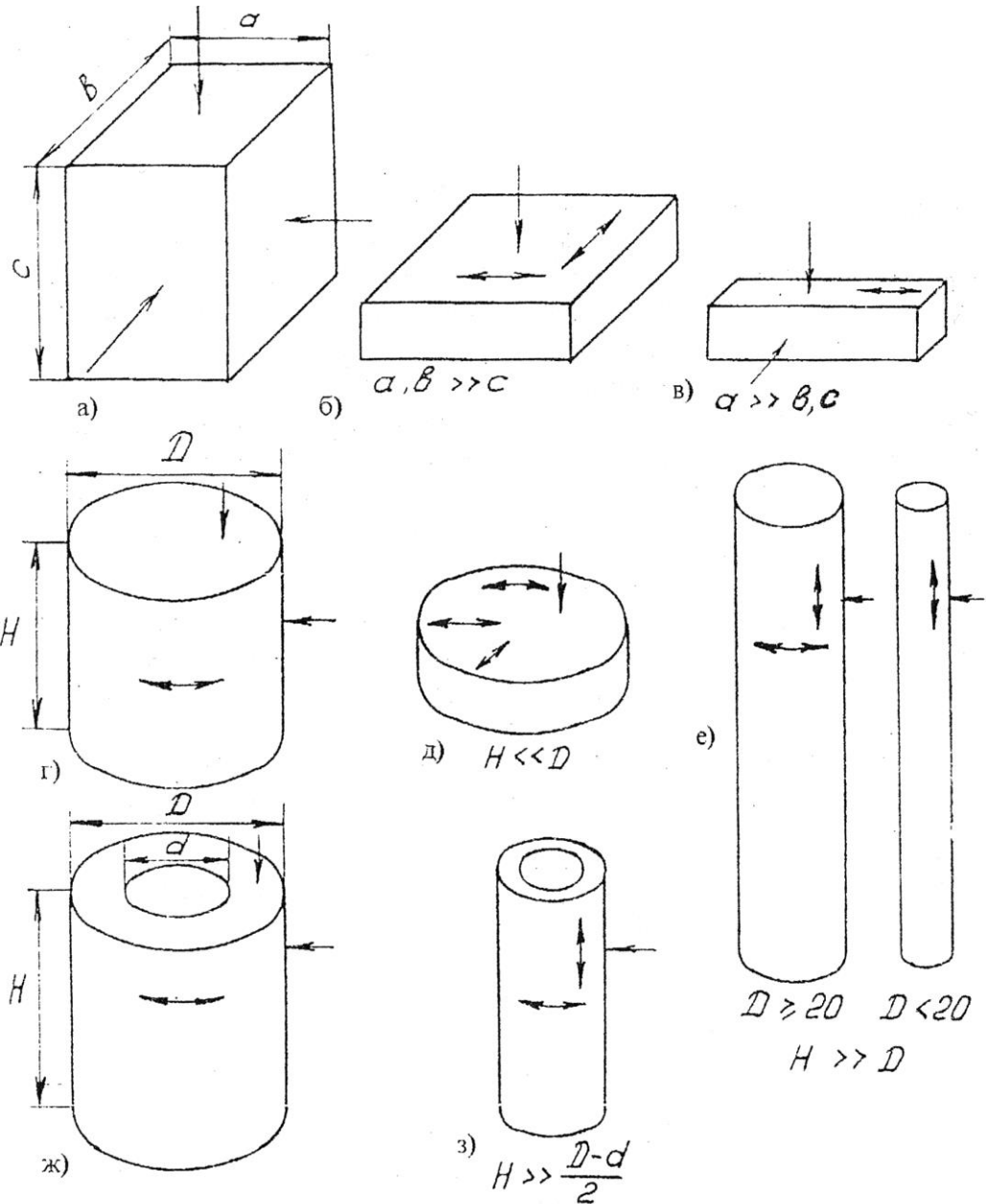
# Дефекты. Вмятина

Вмятина - дефект в виде местного плавного изменения формы поверхности металлоизделия. Выявляется ВИК.

***вмятина***



# Заготовки



Схемы контроля поковок ответственного назначения:

↓ - направления ввода продольных волн, ↔ - направления перемещения наклонного преобразователя

# Литейные дефекты

Отливки в сравнении с заготовками (обработанными давлением, измельчающим структуру) имеют более крупнозернистую структуру. Ультразвуком контролируют отливки из перлитных сталей, прошедшие термообработку типа нормализации. Стальные отливки без термообработки проверяются только теневым методом на грубые дефекты.

Внутренние дефекты в отливках:

- раковины;
  - рыхлоты;
  - трещины;
  - инородные включения
- объемные и могут быть расположены любым образом.

Многие дефекты литья (усадочные рыхлоты и раковины с игольчатой поверхностью) плохо выявляются УЗ.

*Слитки проверяются (частоты 1÷1,8 МГц) эхо- и теневым методом на определение положения усадочной раковины.*



# Литье



# Контроль проката

*Прокатом называются изделия, изготовленные обжатием между валками – прокатки. Прокат имеет мелкозернистую структуру.*

Контроль автоматическими установками.

Применяют иммерсионный или щелевой контакт, а также ЭМАП.

Возникают дефекты подобные дефектам поковок:

- расслоения;
  - деформированные шлаковые включения;
- а также специфические дефекты:
- рванины (надрывы на поверхности);
  - риски (канавки на поверхности);
  - пресс-утяжины (конусообразные несплошности в центральной части);
  - шевроны (разрывы в осевой зоне).

Дефекты обычно вытянуты вдоль направления прокатки.

Методики УЗК различных видов проката (листов, труб, рельсов и др.) существенно отличаются друг от друга и рассматриваются отдельно.

# Прокат



# Контроль листов

*Плиты и листы толщиной  $\geq 3$  мм контролируют продольными волнами в направлении толщины. На автоматических установках контроль ведут эхо-, эхо-сквозным, теневым и многократно-теневым методами.*

*Уровень фиксации при контроле эхо-методом  $\geq 3$  мм<sup>2</sup>.*

Наиболее распространенный реальный дефект стальных листов – полупрозрачное расслоение, обычно содержащее включения из оксида кремния или марганца. Листы толщиной  $\leq 6$  мм контролирую эхо-методом или теневым методом с помощью волн Лэмба.

# Контроль труб

Основные несплошности, возникающие в трубах в процессе прокатки, - продольные, ориентированные вдоль оси трубы:

- трещины;
- риски;
- закаты.

Реже встречаются поперечные дефекты, возможны дефекты, параллельные поверхности типа расслоения.



# Контроль труб

УЗ волны направляют в поперечной плоскости, т.е. перпендикулярно к оси трубы.

Продольные УЗ волны из призмы ПЭП или из иммерсионной жидкости вводят под углом к наружной поверхности трубы. В результате преломления в стенке трубы образуется поперечная волна под углом или нормальная волна, которые отражаются от продольных дефектов.

Реже применяются продольные волны.

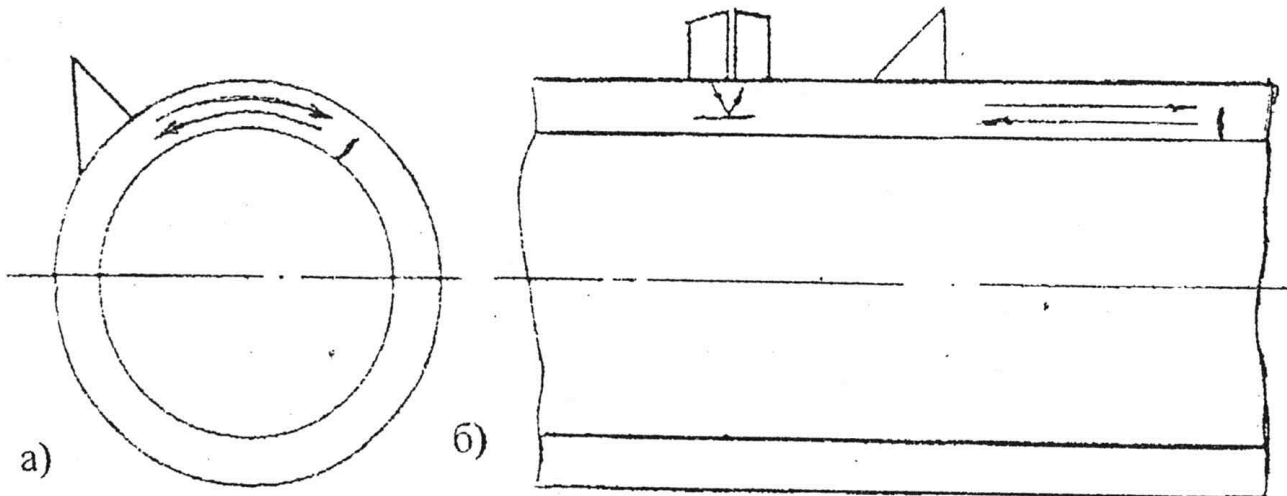


Схема контроля труб

# Контроль рельсов

Основной документ в России – ГОСТ 18576-85.

Выявление в головке, шейке, зоне продолжения шейки в подошву рельсов внутренних дефектов:

- расслоений;
- флокенов;
- раковин;
- сосредоточенных ликваций;
- трещин;
- дефектов электроконтактной сварки.

Несмотря на многократный контроль, рельсы остаются причиной 30% крушений поездов.

*Основная рабочая частота 2,5 МГц.*

