

# **"МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ "**

Раздел 5: Намагничивание и размагничивание деталей при магнитном методе контроля

## **СОДЕРЖАНИЕ:**

- 1.Виды намагничивания**
- 2.Способы и схемы циркулярного намагничивания**
- 3.Способы и схемы полюсного намагничивания**
- 4.Способы и схемы комбинированного намагничивания**
- 5.Намагничивание во вращающемся магнитном поле**
- 6.Особенности циркулярного намагничивания**
- 7.Особенности полюсного намагничивания**
- 8.Размагничивание деталей**

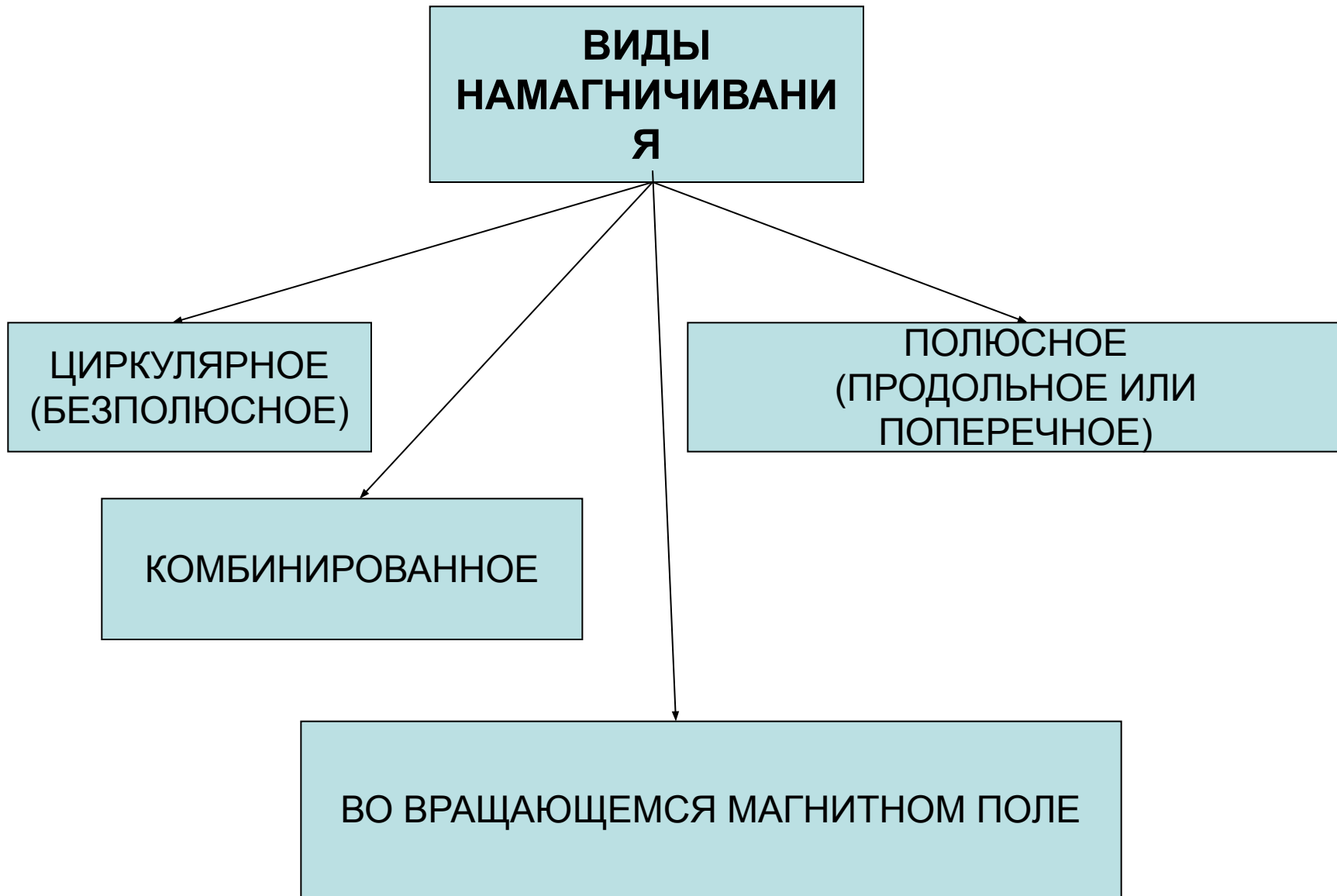
# ВИДЫ НАМАГНИЧИВАНИ Я

ЦИРКУЛЯРНОЕ  
(БЕЗПОЛЮСНОЕ)

КОМБИНИРОВАННОЕ

ПОЛЮСНОЕ  
(ПРОДОЛЬНОЕ ИЛИ  
ПОПЕРЕЧНОЕ)

ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

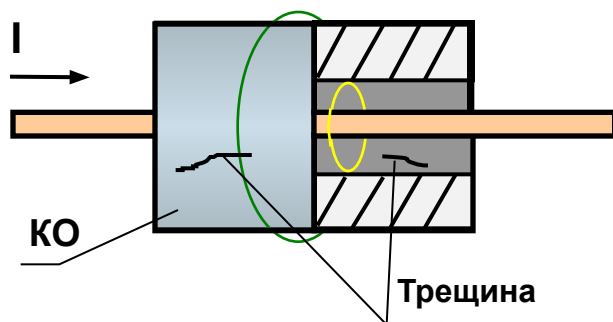


# ЦИРКУЛЯРНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

**Циркулярное намагничивание** - намагничивание КО при котором магнитные силовые линии замыкаются внутри детали

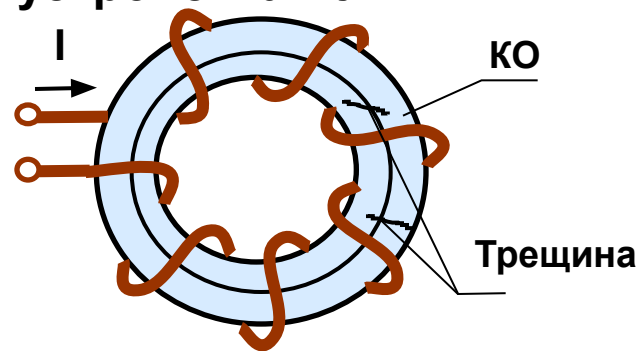
## Способы и схемы

- Пропускание тока по проводнику, помещенному в отверстие контролируемой детали



Выявляются продольные трещины на внутренней и на наружной поверхности детали, ориентированные параллельно проводнику с током

- Пропускание тока по тороидальной обмотке намагничивающего устройства НУ

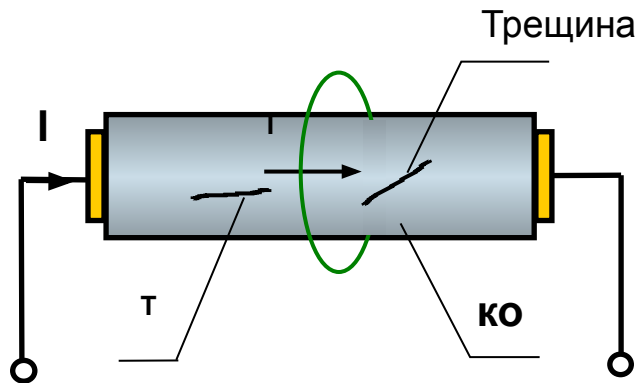


Выявляются трещины на внутренней и на наружной поверхности детали, ориентированные параллельно проводнику с током

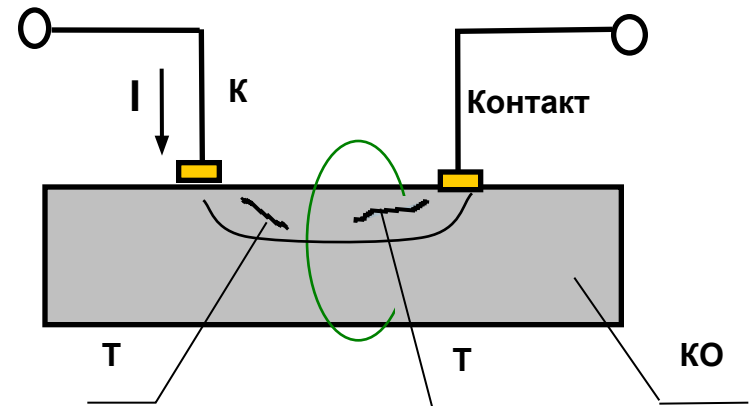
# ЦИРКУЛЯРНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

## Способы и схемы

- Пропускание тока по контролируемой детали



- Пропускание тока по части контролируемой детали

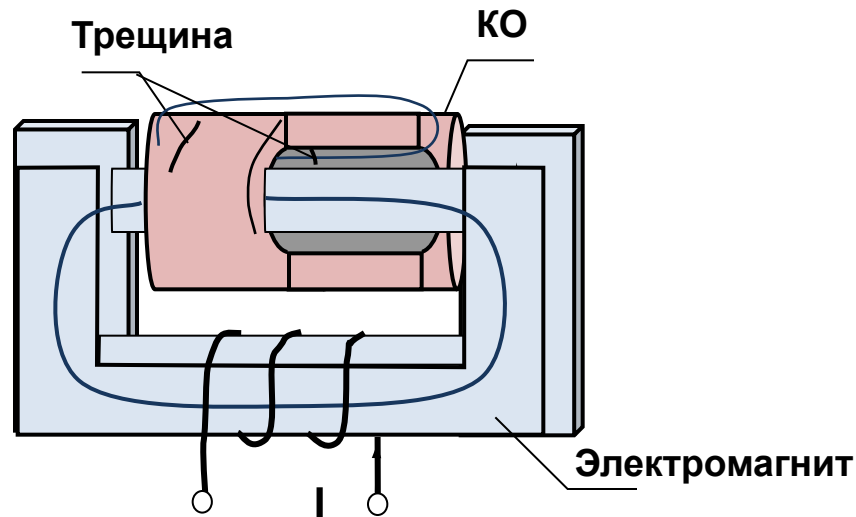


Выявляются продольные и наклонные трещины на наружной поверхности всей детали или между электроконтактами

# ЦИРКУЛЯРНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

## Способы и схемы

- Возбуждение индукционного тока



Такое намагничивание обеспечивает выявление поперечных трещин, как на наружной, так и на внутренней поверхности детали в виде полого цилиндра или кольца

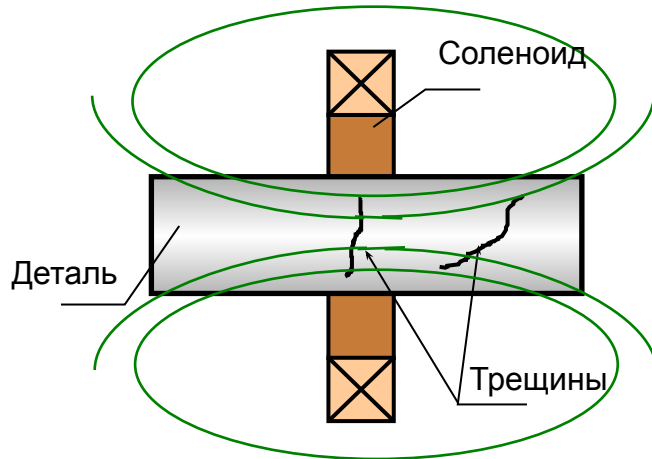
# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

**Полюсное намагничивание** - намагничивание КО, при котором магнитные силовые линии пересекают его поверхность

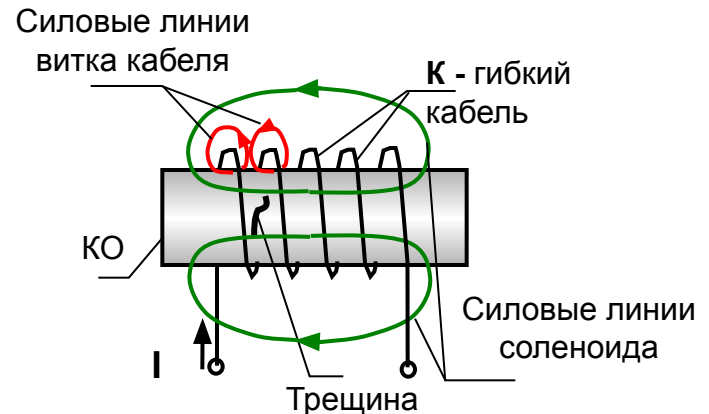
- Полюсное намагничивание называется **продольным** когда направление магнитных силовых линий совпадает с направлением продольной оси КО, когда магнитные силовые линии приложенного поля перпендикулярны продольной оси КО – **поперечным**.

## • Способы и схемы

- **Соленоидом в виде катушки**



- **Соленоидом в виде кабеля, навитого на деталь**

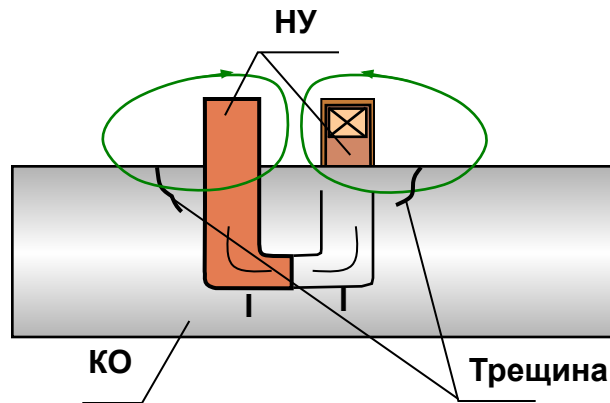


Выявляются поперечные и наклонные трещины

# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

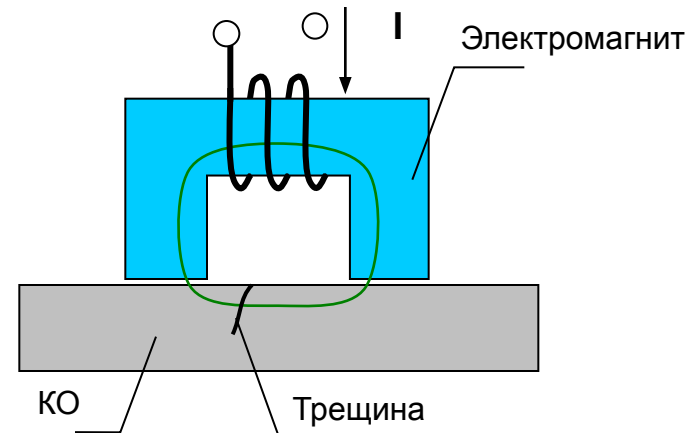
## Способы и схемы

- Седлообразным намагничивающим устройством



Намагничиваются сегменты детали, находящиеся под дугами и с наружных сторон от них. **Между дугами находится зона, в которой дефекты не выявляются.** Нижняя часть детали не намагничивается. Выявляются поперечные и наклонные трещины

- Переносным электромагнитом

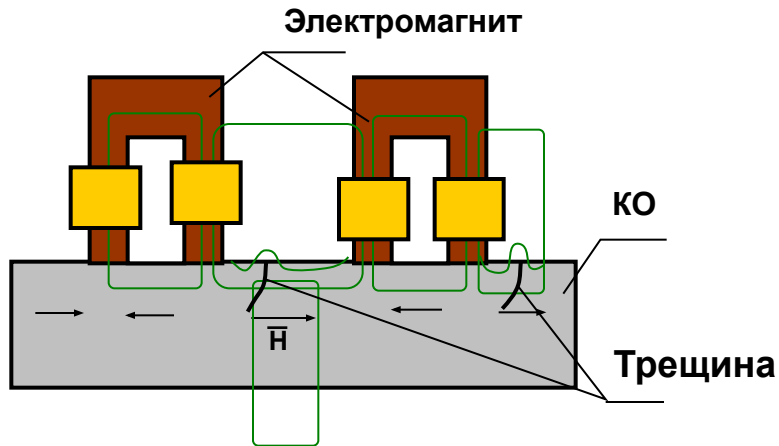


Намагничивается часть детали под полюсами и между ними. Выявляются трещины, расположенные между полюсами магнита перпендикулярно к плоскости магнита и к вектору напряженности магнитного поля

# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

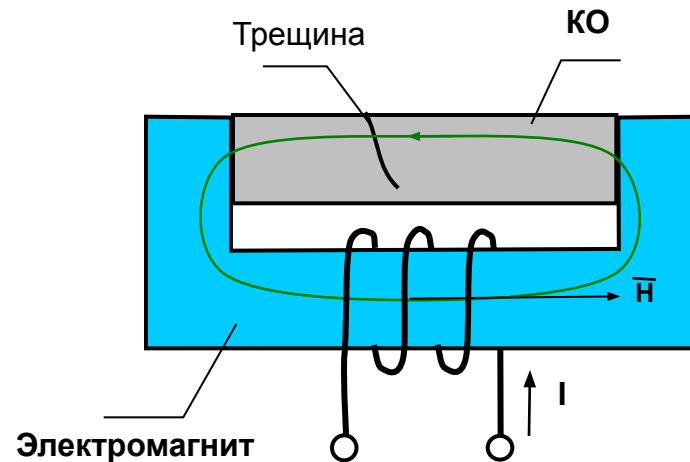
## Способы и схемы

- **Двумя электромагнитами переменного тока**



Намагничиваются части детали между полюсами электромагнитов, рядом с ними и между электромагнитами. Выявляются поперечные и наклонные трещины в промежутке между магнитами и с внешних сторон от них

- **В стационарном электромагните**



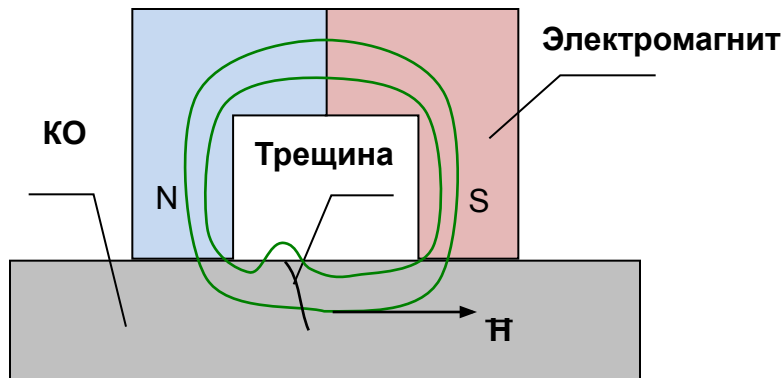
Намагничивается деталь по всей длине.  
Выявляются поперечные и наклонные трещины



# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

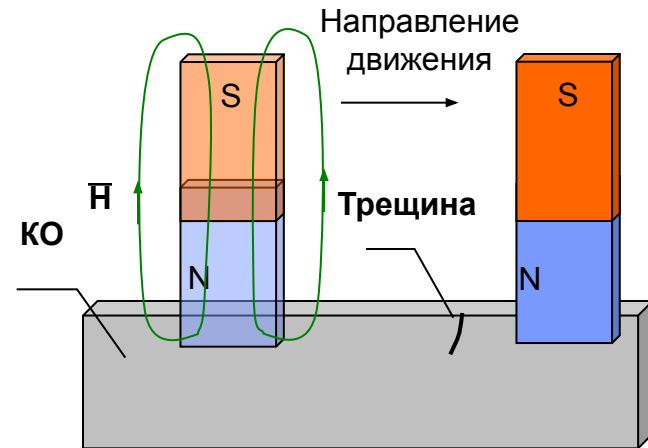
## Способы и схемы

- **Постоянный магнит**



Намагничивается часть детали между полюсами. Выявляются поверхностные трещины, расположенные между полюсами магнита перпендикулярные к силовым линиям магнитного поля и вектору напряженности магнитного поля

- **Способ магнитного контакта**

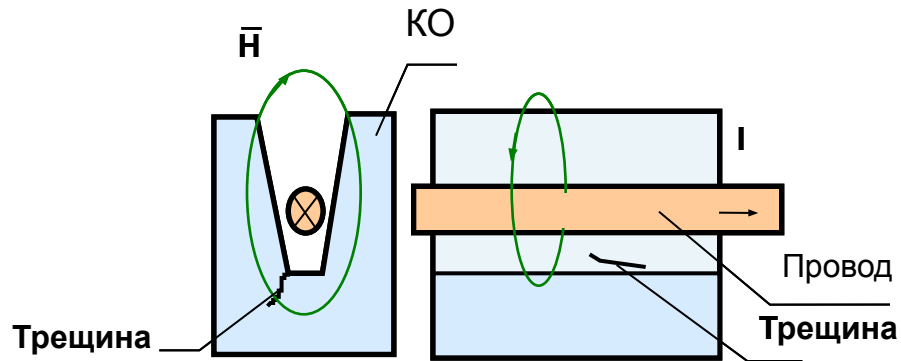


Намагничивание осуществляется перемещением полюса магнита по детали. Выявляются трещины, ориентированные перпендикулярно к направлению движения магнита

# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

## Способы и схемы

- Пропускание тока по проводнику (проводу), проложенному вдоль детали

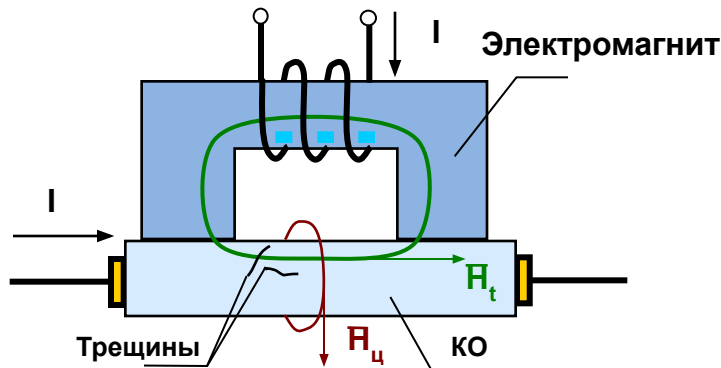


Выявляются трещины, ориентированные параллельно кабелю и под углом к нему не более  $30^\circ$

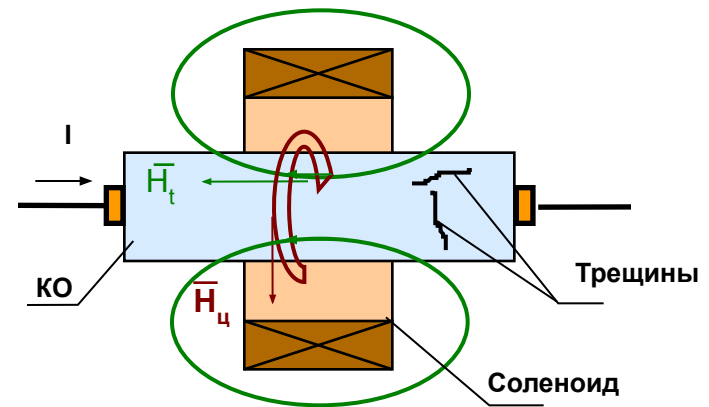
# КОМБИНИРОВАННОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

Комбинированный вид намагничивания осуществляется намагничиванием детали двумя или несколькими полями, при одновременном воздействии которых результирующий вектор напряженности магнитного поля меняет свое направление, обеспечивая трещин различной ориентации.

- Пропускание тока по детали и по электромагниту



- Пропускание тока по детали и по соленоиду

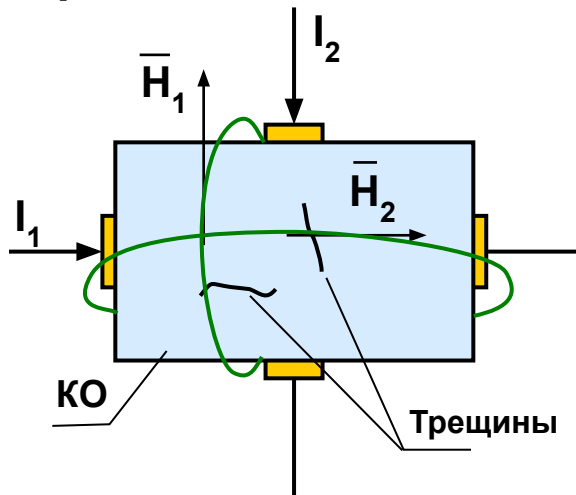


По электромагниту или по соленоиду и по детали одновременно протекают переменные токи, сдвинутые по фазе на  $90^\circ$ . При этом вектор напряженности магнитного поля в течение периода меняет свое направление поочередно то на продольное  $H_t$ , то на циркулярное  $H_c$ , обеспечивая выявление трещин любого направления

# КОМБИНИРОВАННОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

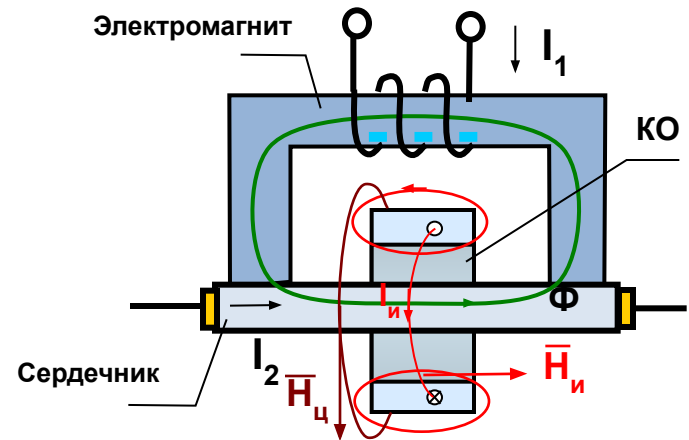
## Способы и схемы

- Пропусканием тока по детали в двух взаимно перпендикулярных направлениях



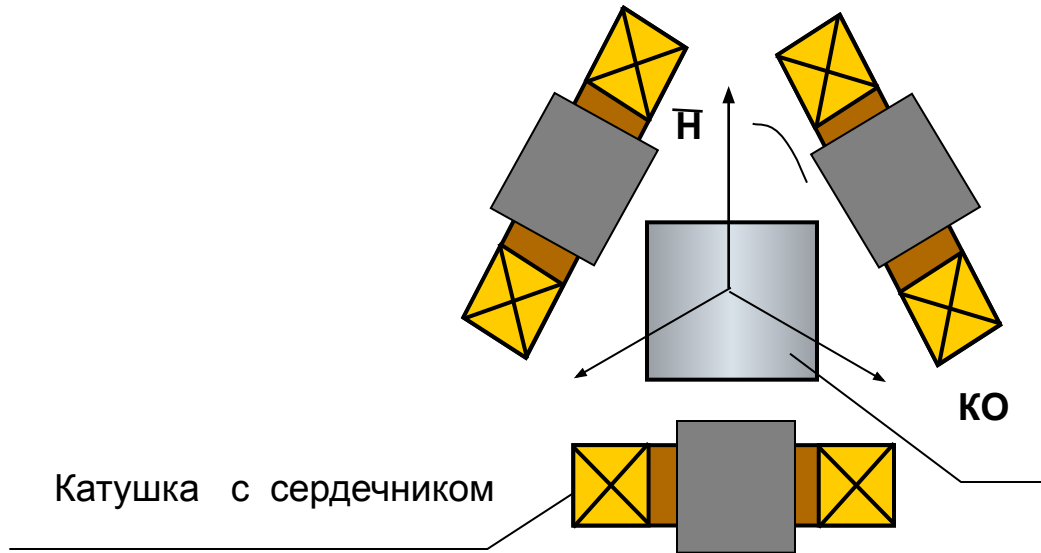
Токи  $I_1$  и  $I_2$  сдвинуты по фазе на  $90^\circ$

- Индуцирование тока в детали и пропускание тока по проводнику, вставленному в отверстие детали



Переменный ток  $I_1$  электромагнита, создает магнитный поток  $\Phi$  в сердечнике, который одновременно является проводником тока  $I_2$ , создающего циркулярное намагничивание детали ( $\vec{H}_c$ ). Индуцированный ток  $I_i$  обеспечивает продольное намагничивание ( $\vec{H}_i$ ) внутренней и наружной поверхностей КО

# НАМАГНИЧИВАНИЕ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

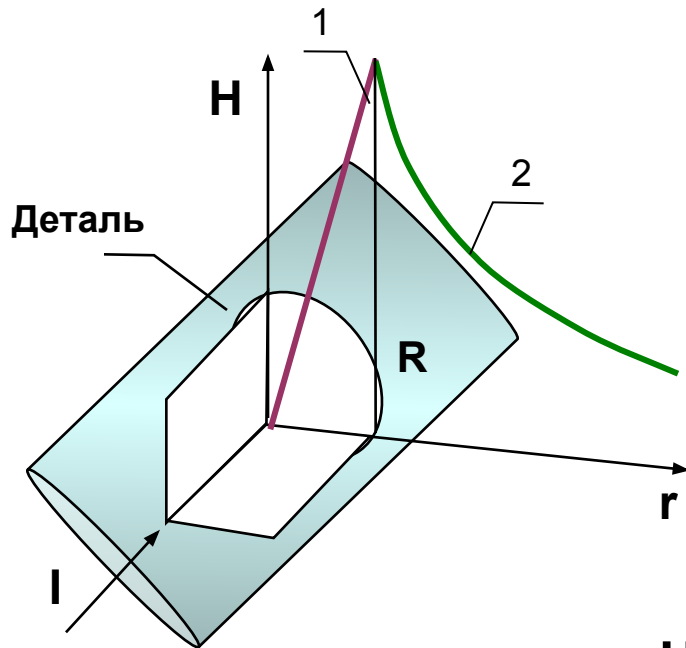


Катушки питаются от трехфазной сети переменного тока, при этом результирующий вектор напряженности магнитного поля непрерывно вращается

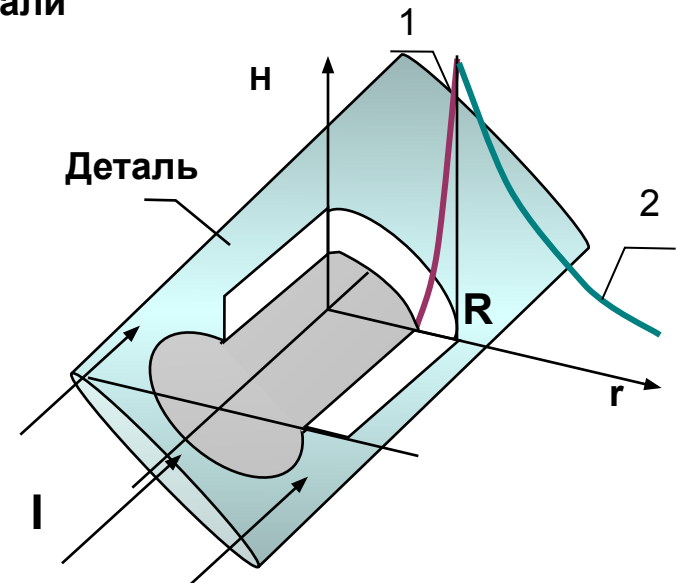
# ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯРНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ДЕТАЛИ ПРИ ПРОПУСКАНИИ ТОКА ПО ДЕТАЛИ

- Намагничивание пропусканием тока по детали в виде сплошного цилиндра



- Намагничивание колец и полых цилиндров пропусканием тока по детали



В отверстии детали (проводника) магнитное поле практически отсутствует.

$$H = I/2\pi R ,$$

где I - сила тока, R – радиус детали.

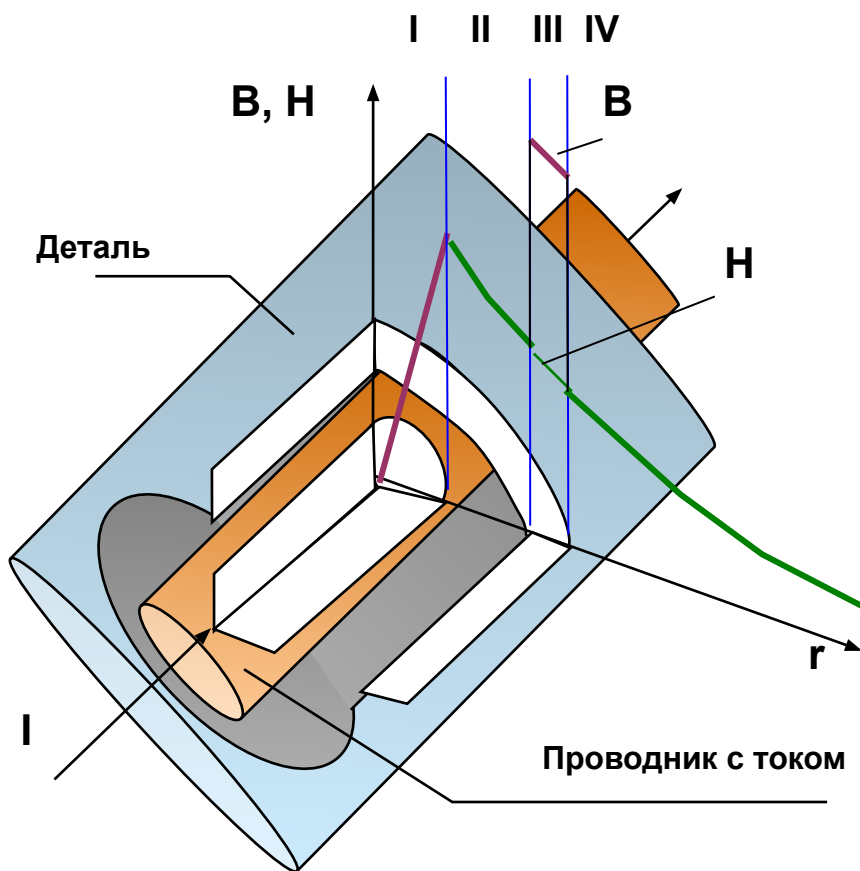
Кривая 1 - распределение (изменение) магнитного поля внутри детали

Кривая 2 - распределение (изменение) магнитного поля снаружи от детали (в воздухе)

# ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯРНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ДЕТАЛИ ПРИ ПРОПУСКЕНИИ ТОКА ПО СТЕРЖНЮ, ВХОДЯЩЕМУ В ОТВЕРСТИЕ КОЛЬЦА

Намагничивание колец и полых цилиндров пропусканием тока по проводнику, вставленному в отверстие детали



**I** – внутри проводника магнитное поле увеличивается от центра к его поверхности;

**II** – в воздушном промежутке напряженность магнитного поля уменьшается по закону  $H = I/2\pi r$ ;

**III** – внутри детали магнитное резко возрастает из-за способности ферромагнитного материала намагничиваться. При этом напряженность магнитного поля, не зависящая от свойств среды, продолжает изменяться по тому же закону (пунктирная зеленая линия);

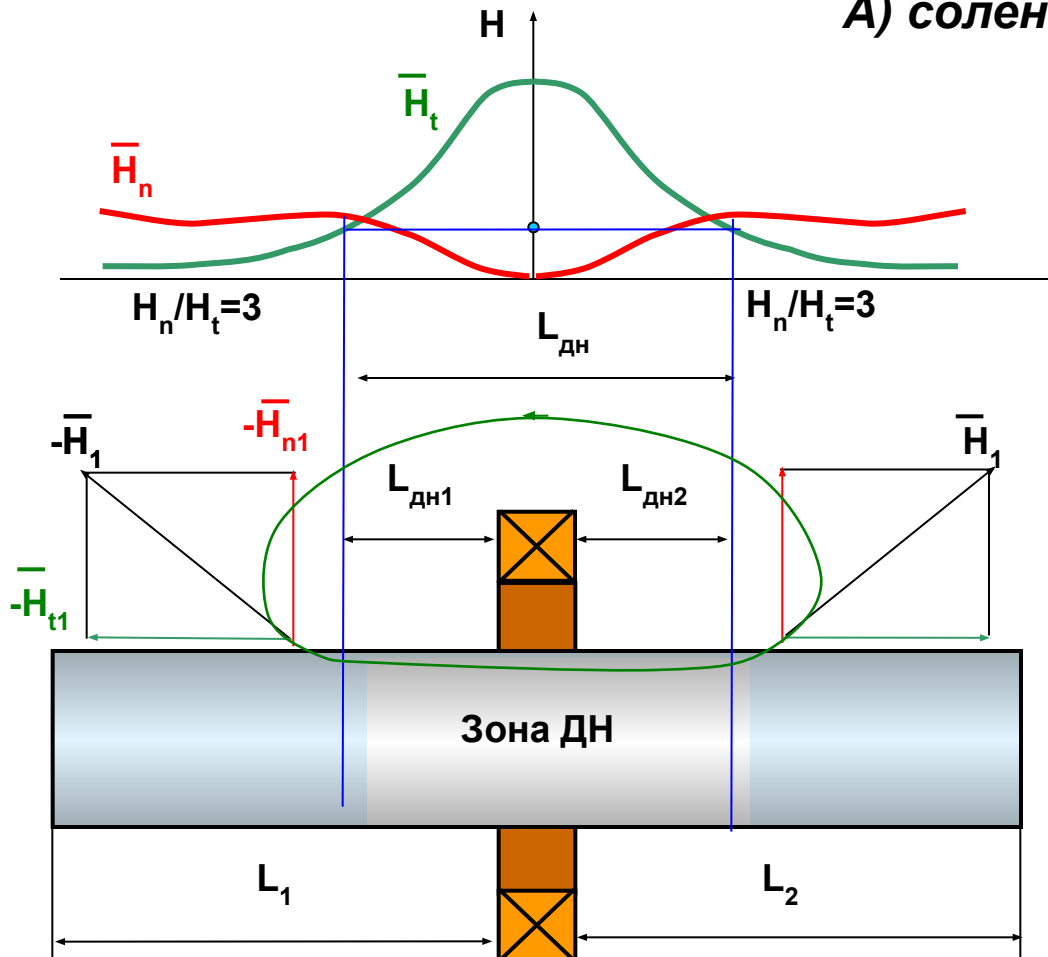
**IV** – в воздухе на поверхности металла и по мере удаления от него действуют те же законы, что и на участке II.

При пропускании тока по проводнику выявляются трещины на внутренней и на наружной поверхностях детали, при этом внутренняя поверхность детали намагничивается сильнее, чем наружная

# ОСОБЕННОСТИ ПОЛЮСНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ( $H_t$  и  $H_n$ ) по поверхности детали в зависимости от формы детали и положения соленоида

## А) соленоид по центру детали



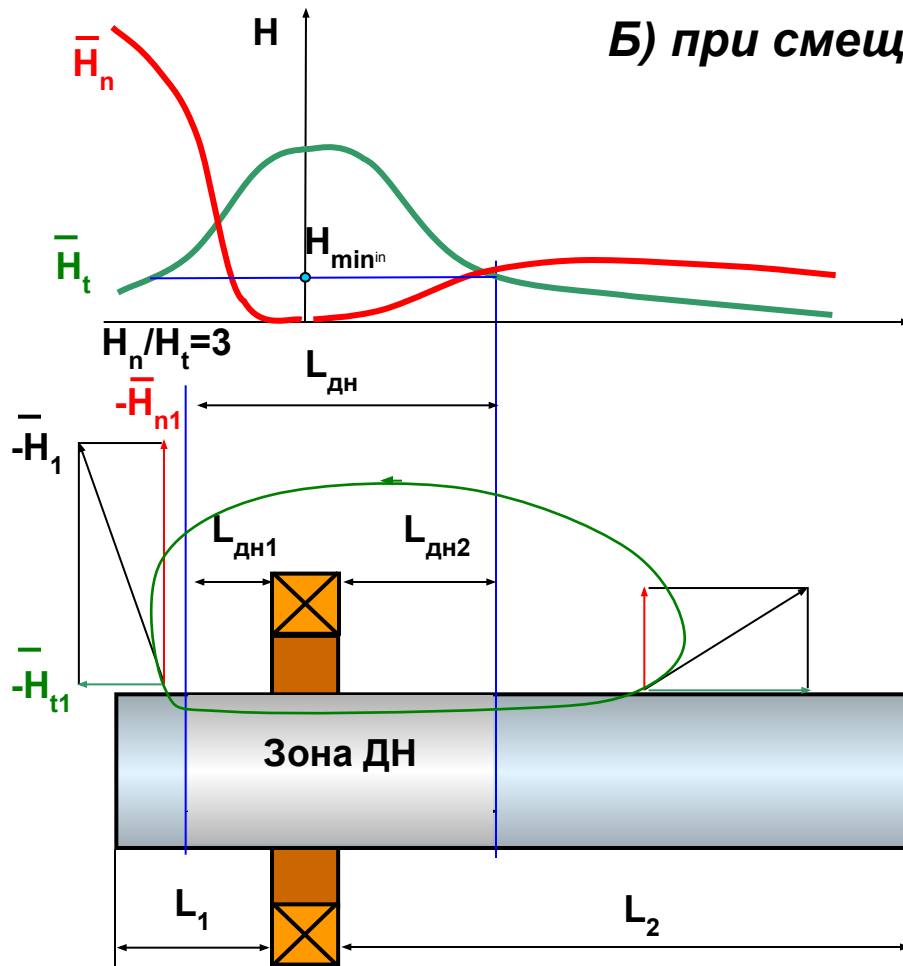
При положении соленоида по центру детали и при расстояниях от торцов детали до корпуса соленоида  $L_1$  и  $L_2$ , превышающих общую длину зоны ДН, длина зоны ДН с обеих сторон от соленоида одинакова  $L_{дн1} = L_{дн2}$



# ОСОБЕННОСТИ ПОЛЮСНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ( $H_t$  и  $H_n$ ) ПО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ ДЕТАЛИ И ПОЛОЖЕНИЯ СОЛЕНОИДА

*Б) при смещении соленоида к торцу детали*

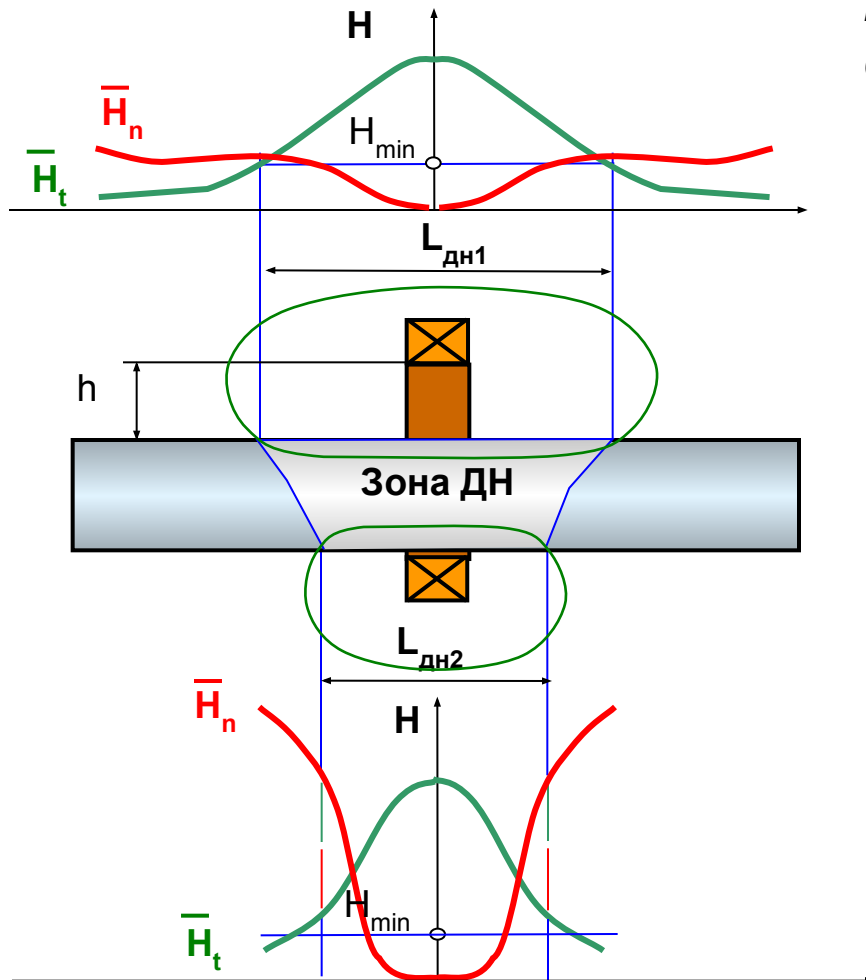


При смещении соленоида к торцу детали расстояния  $L_{\text{дн}1}$  и  $L_{\text{дн}2}$  до границ зоны ДН с обеих сторон от корпуса соленоида существенно различны.

Длина зоны ДН слева ограничивается точкой в которой  $H_n/H_t=3$

# ОСОБЕННОСТИ ПОЛЮСНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ( $H_t$  и  $H_n$ ) ПО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ ДЕТАЛИ И ПОЛОЖЕНИЯ СОЛЕНоиДА



***В) при смещении детали относительно центра соленоида***

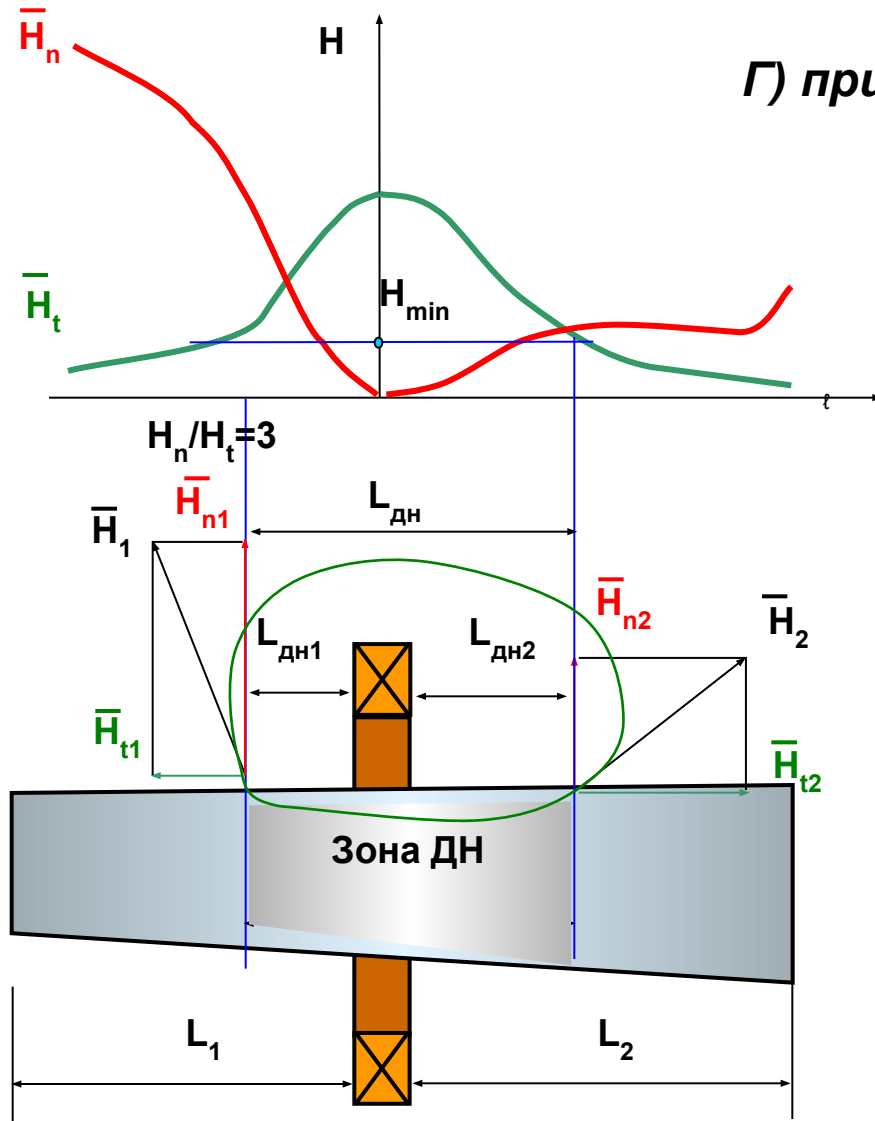
При смещении детали относительно центра соленоида длина зоны ДН со стороны, удаленной от корпуса соленоида, больше, чем со стороны, примыкающей к нему

$$L_{ДН1} > L_{ДН2}$$

Деталь необходимо располагать так, чтобы со стороны нанесения суспензии и осмотра зазор между корпусом соленоида и поверхностью детали был больше, чем с противоположной стороны

# ОСОБЕННОСТИ ПОЛЮСНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ( $H_t$  и  $H_n$ ) ПО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ ДЕТАЛИ И ПОЛОЖЕНИЯ СОЛЕНОИДА



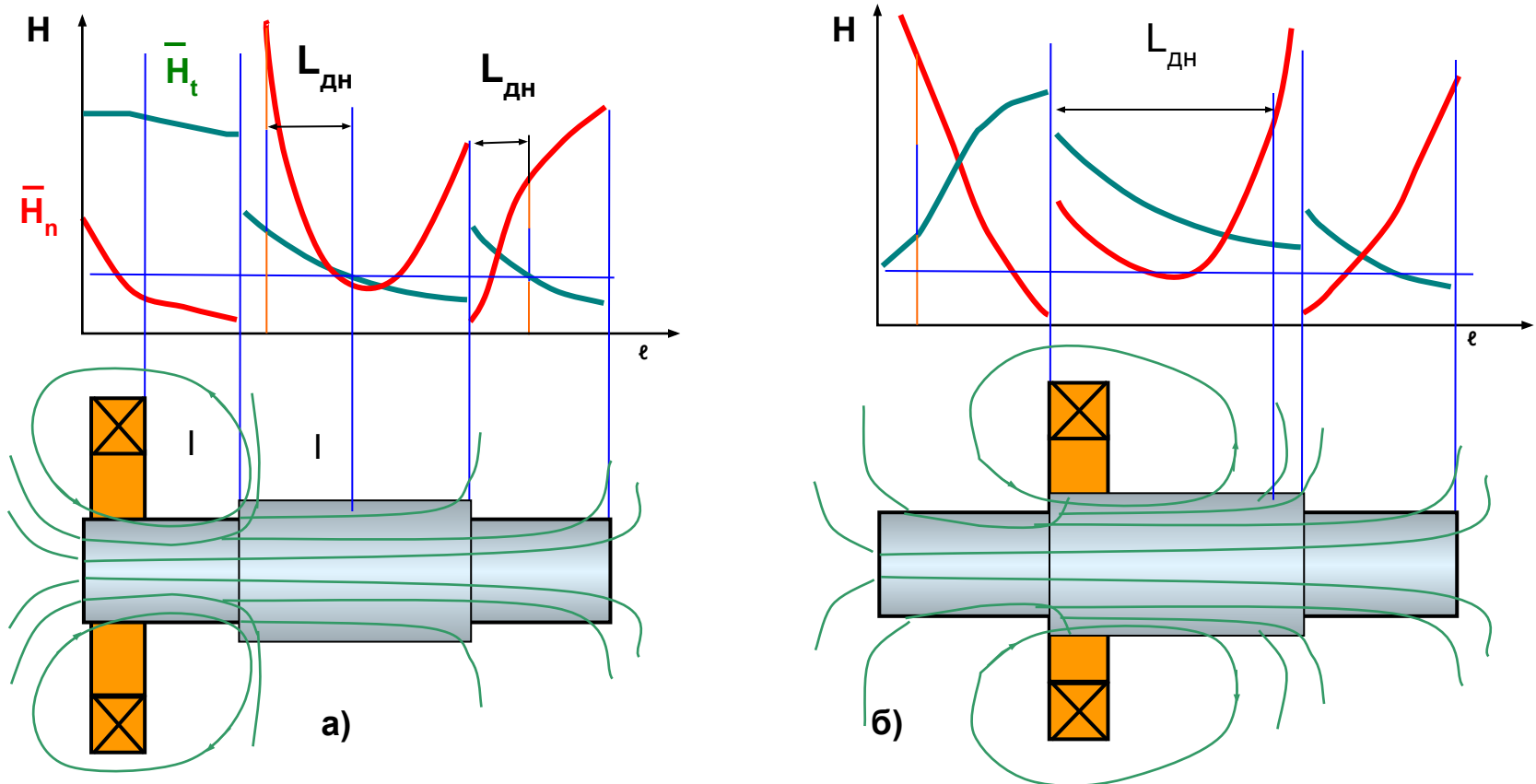
*Г) при намагничивании конических деталей*

При намагничивании конических деталей расстояние  $L_{\text{дн}1}$  до границы зоны ДН со стороны большего диаметра меньше чем  $L_{\text{дн}2}$ . Нанесение суспензии и осмотр детали следует вести со стороны меньшего размера.

# ОСОБЕННОСТИ ПОЛЮСНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ( $H_t$  и  $H_n$ ) ПО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ ДЕТАЛИ И ПОЛОЖЕНИЯ СОЛЕНоиДА

**Д) при намагничивании деталей с переменным сечением**

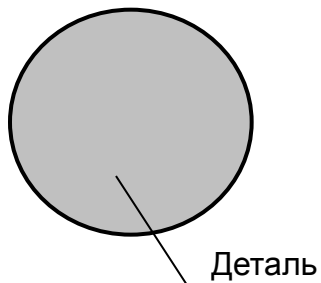
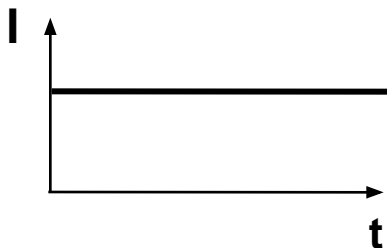


При намагничивании деталей с переменным сечением наиболее благоприятные условия для выявления дефектов создаются на участке I меньшего сечения, примыкающем к соленоиду (б). Весь участок находится в пределах зоны ДН

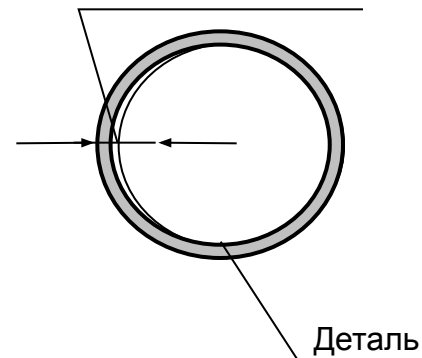
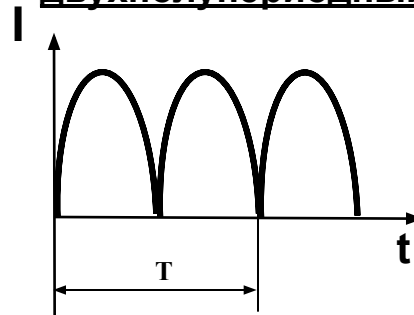
На участке II из-за возрастания нормальной составляющей напряженности магнитного поля уменьшается тангенциальная составляющая, при этом зона ДН уменьшается. Для увеличения зоны ДН участок большего сечения необходимо контролировать как самостоятельную деталь (б)

# Особенности намагничивания деталей постоянным, переменным и импульсным полями

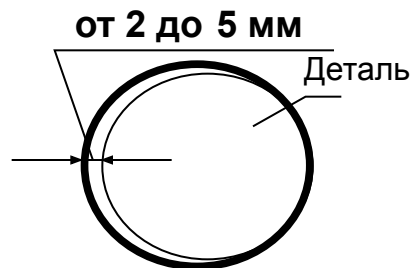
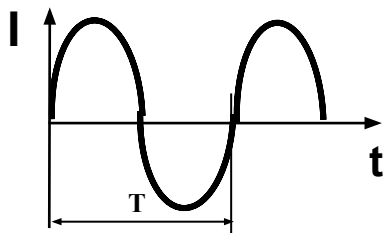
## • вид тока - постоянный



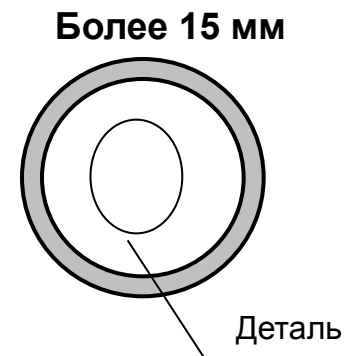
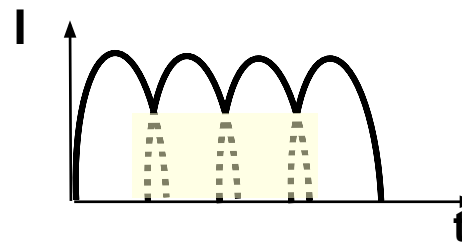
## • вид тока - выпрямленный двухполупериодный



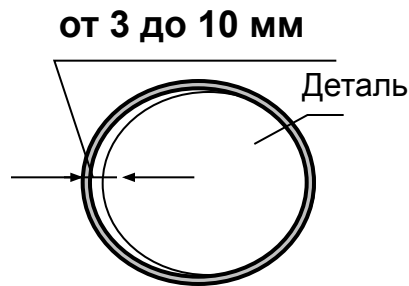
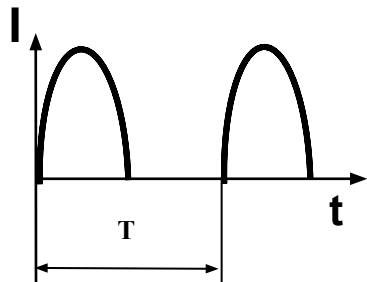
## • вид тока - переменный



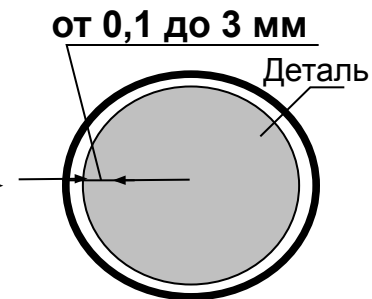
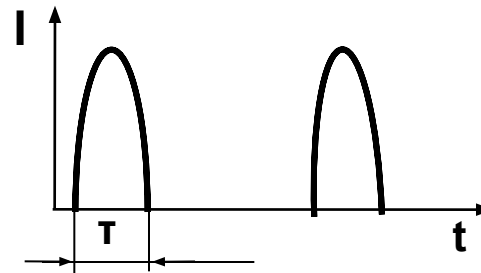
## • вид тока - выпрямленный 3-х фазный



## • вид тока - выпрямленный однополупериодный

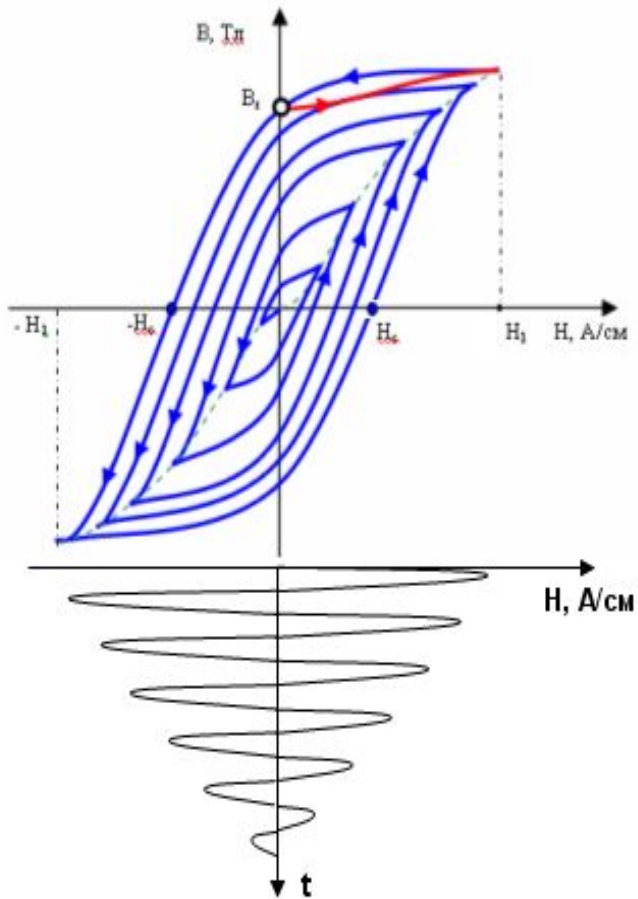


## • вид тока - импульсный

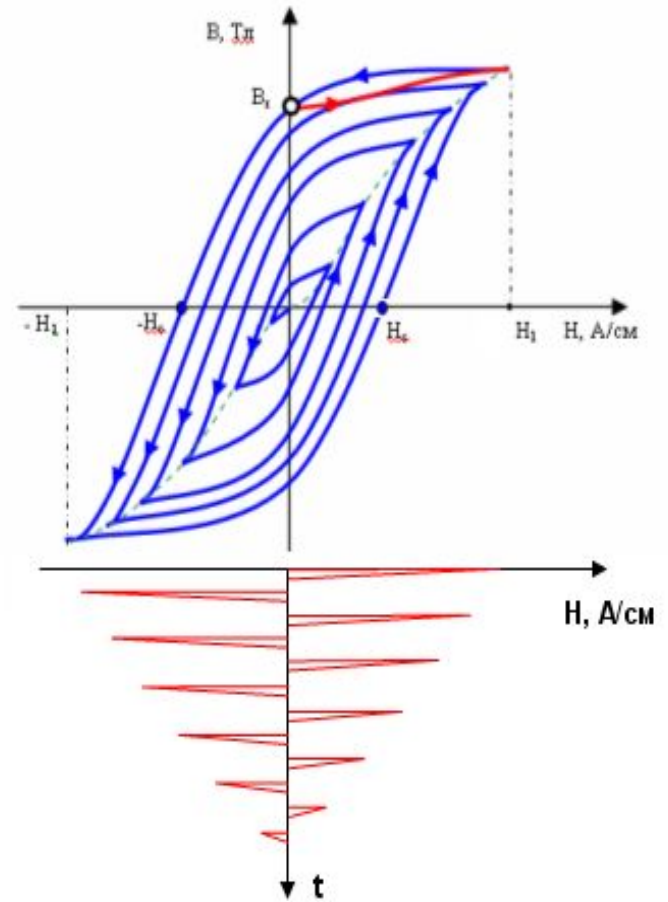


# РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

- Размагничивание ферромагнитного материала убывающим переменным магнитным полем



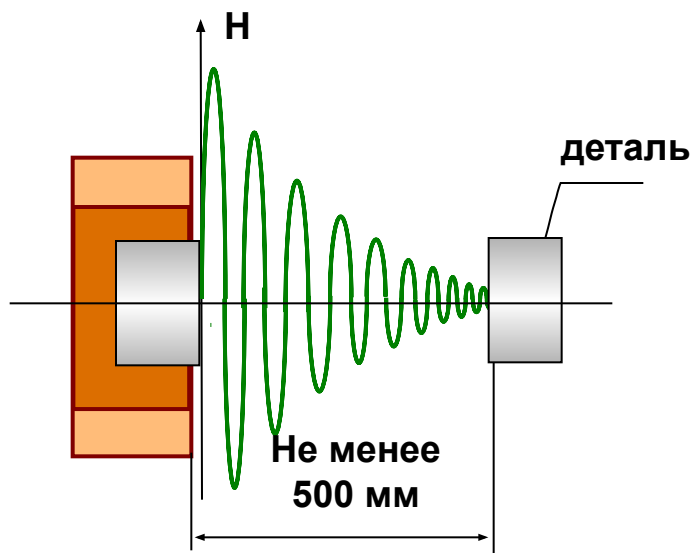
- Размагничивание импульсами разной полярности с уменьшением их амплитуды



# РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

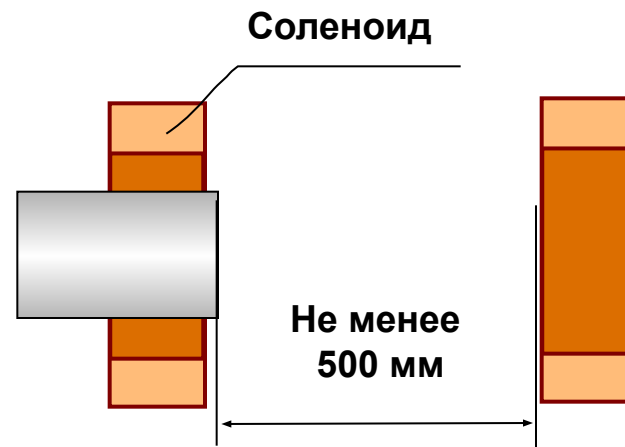
## Способы и схемы

- Удаление детали от соленоида
- Удаление соленоида от детали



Размагничивание осуществляется удалением детали из размагничивающего устройства (соленоида переменного тока)

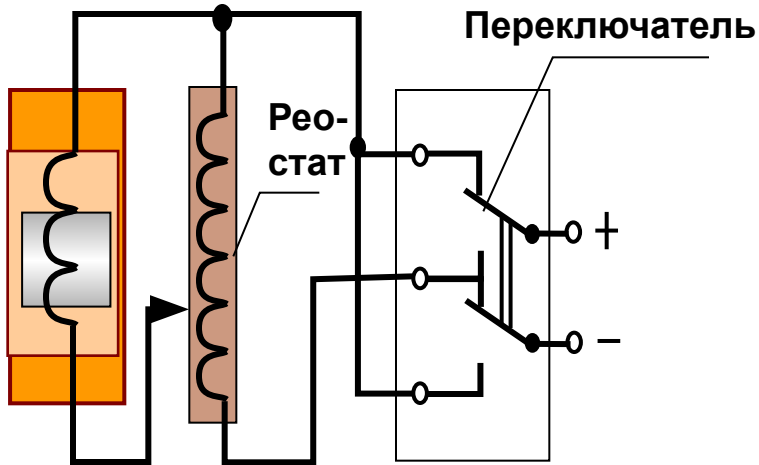
### Демагнитизаторы



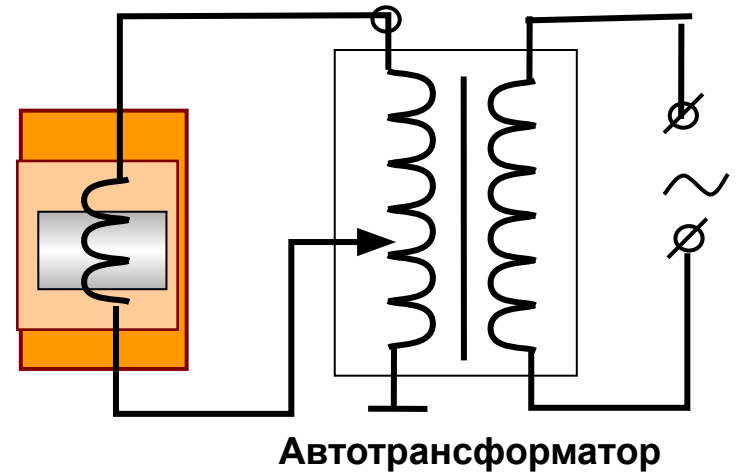
Размагничивание осуществляется удалением соленоида переменного тока от детали, например, МД-12ПШ

# РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

- Коммутация постоянного тока в намагничивающем устройстве
- Способы и схемы уменьшения амплитуды переменного тока



Размагничивание осуществляется переключением полярности постоянного тока в намагничивающем устройстве с уменьшением его значения с помощью реостата для размагничивания деталей, намагниченных в постоянном поле

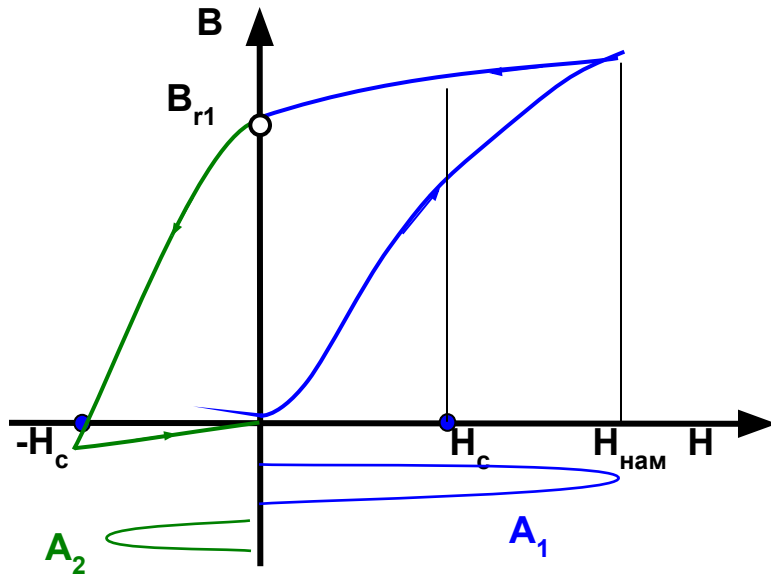


Размагничивание осуществляется уменьшением амплитуды переменного тока в соленоиде с помощью автотрансформатора



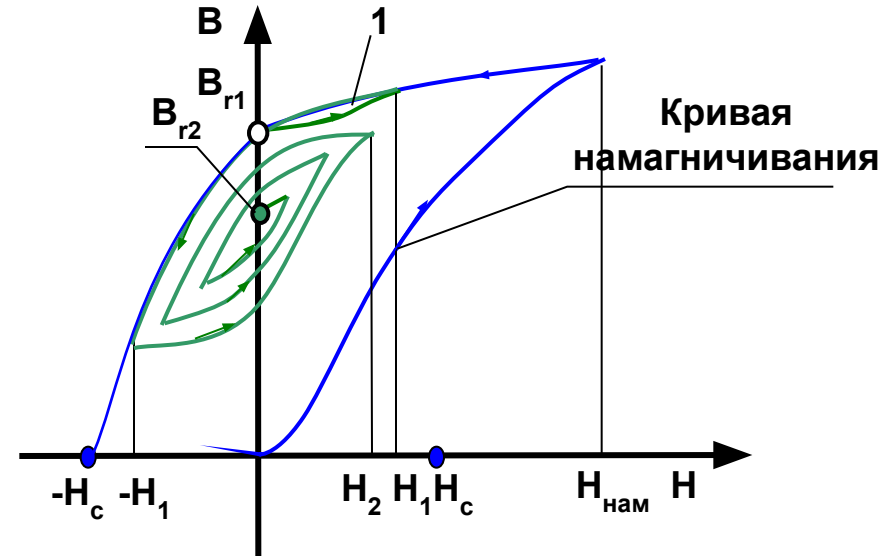
# РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

- Причина случайного размагничивания детали



При намагничивании детали импульсным полем амплитудой  $A_1$  деталь намагнитится до остаточной индукции  $B_{r1}$ . Если после этого к детали приложить импульс обратной полярности, амплитуда которого  $A_2$  равна коэрцитивной силе  $-H_c$ , то деталь размагнитится

- Причина неполного размагничивания детали



Деталь размагничивается не полностью, если амплитуда первого импульса размагничивающегося поля ( 1 ) по амплитуде меньше значения коэрцитивной силы материала. После окончания процесса размагничивания остаточная индукция уменьшится до значения  $B_{r2}$ . Для полного размагничивания в этом случае процесс необходимо провести несколько раз