

# **"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**

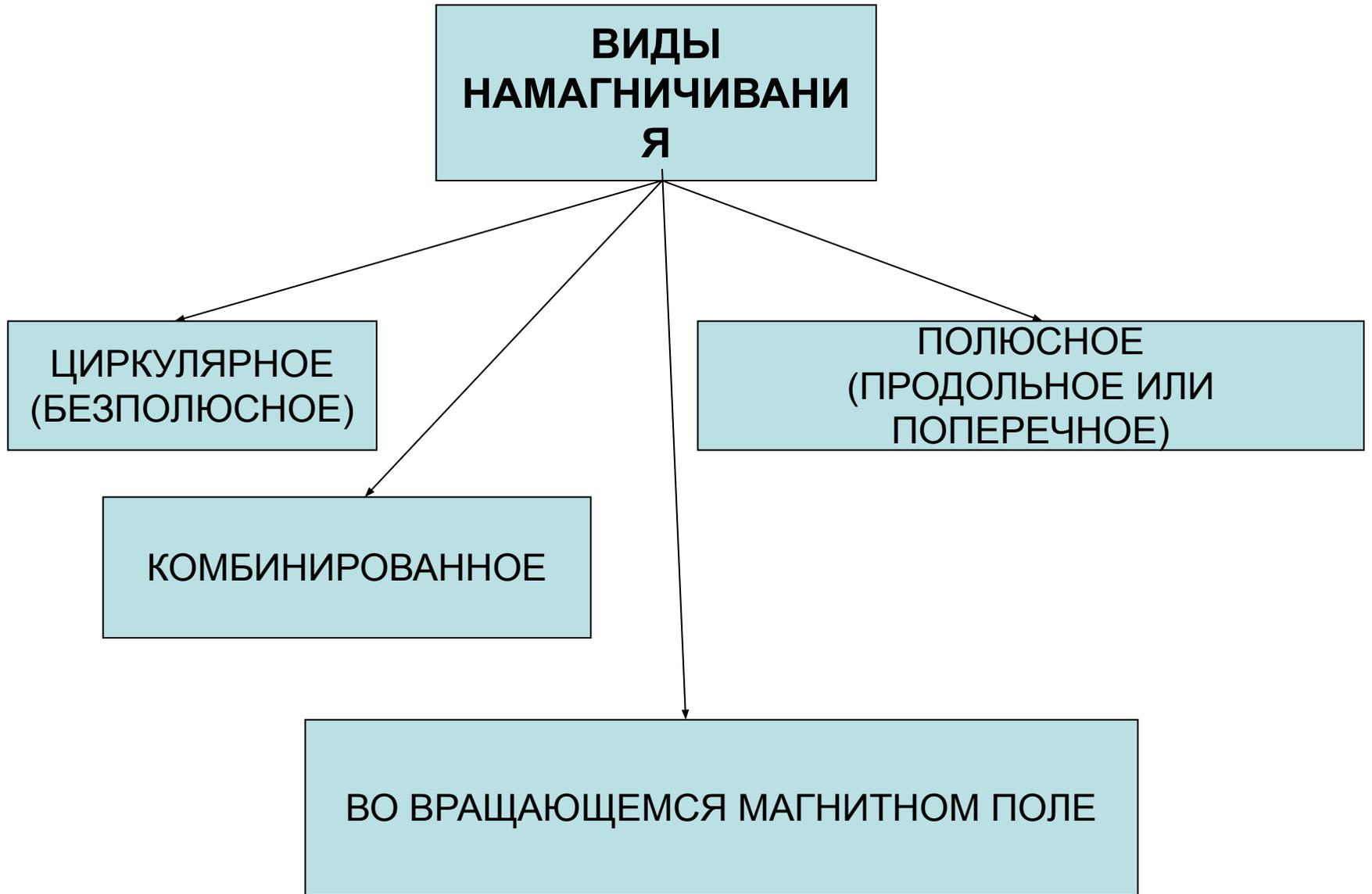
# ВИДЫ НАМАГНИЧИВАНИ Я

ЦИРКУЛЯРНОЕ  
(БЕЗПОЛЮСНОЕ)

КОМБИНИРОВАННОЕ

ПОЛЮСНОЕ  
(ПРОДОЛЬНОЕ ИЛИ  
ПОПЕРЕЧНОЕ)

ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

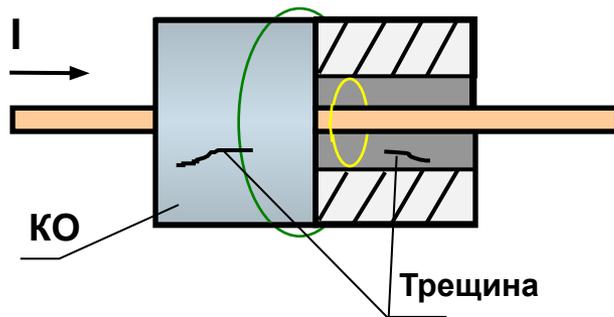


# ЦИРКУЛЯРНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

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

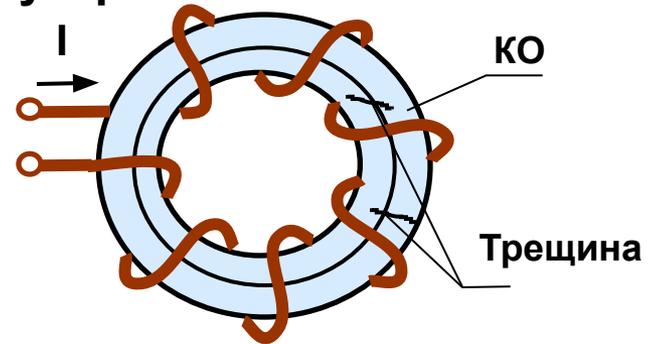
## Способы и схемы

- 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

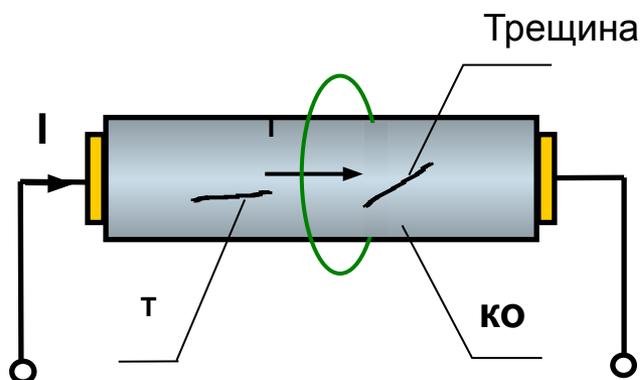


Выявляются трещины на внутренней и на наружной поверхности детали, ориентированные параллельно проводнику с током

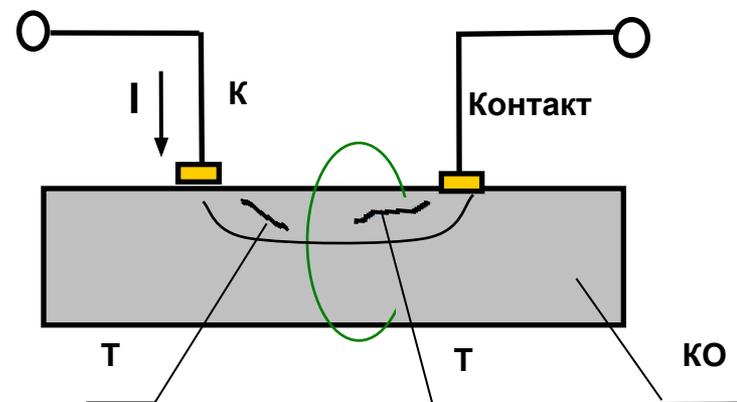
# ЦИРКУЛЯРНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

## Способы и схемы

- Пропускание тока по контролируемой детали



- Пропускание тока по части контролируемой детали

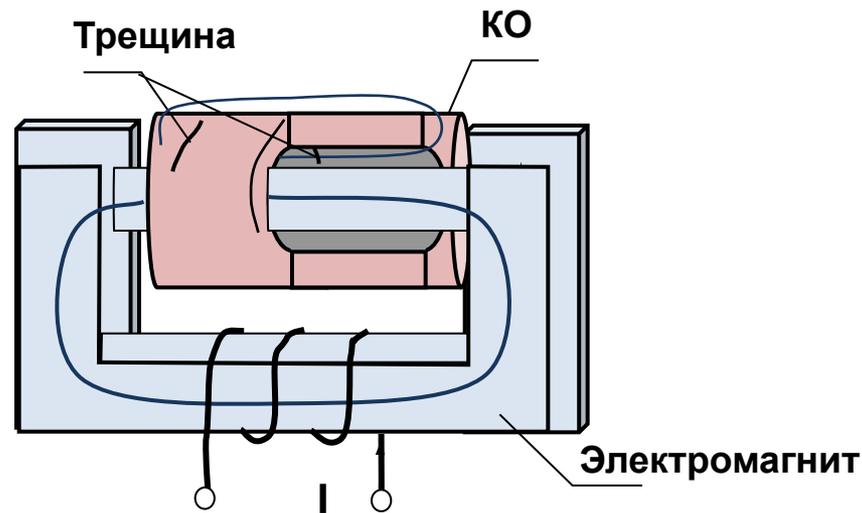


Выявляются продольные и наклонные трещины на наружной поверхности всей детали или между электроконтактами

# 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

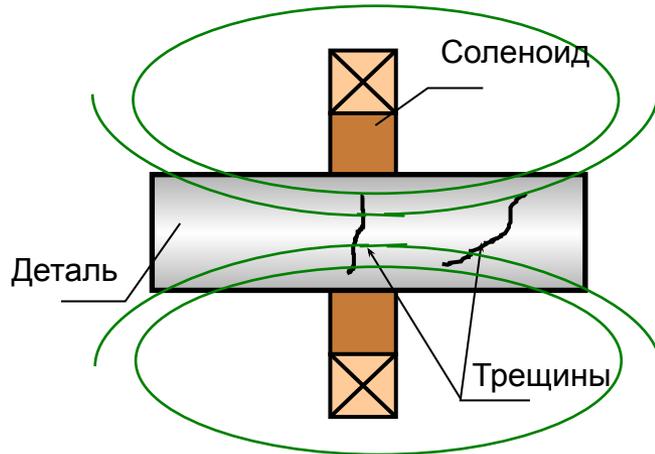
# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

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

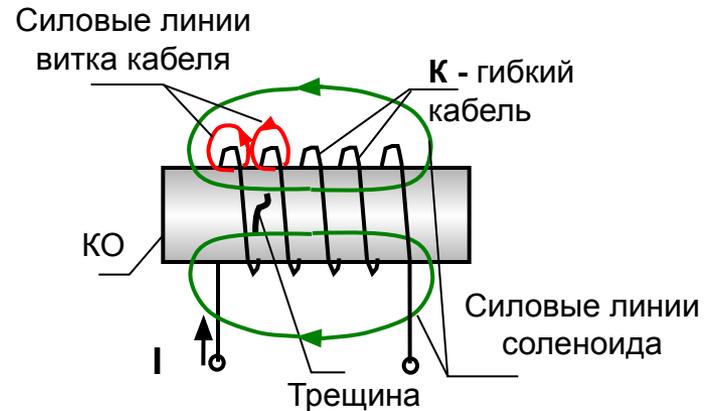
- Полюсное намагничивание называется **продольным** когда направление магнитных силовых линий совпадает с направлением продольной оси КО, когда магнитные силовые линии приложенного поля перпендикулярны продольной оси КО – **поперечным**.

## • Способы и схемы

- **Соленоидом в виде катушки**



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

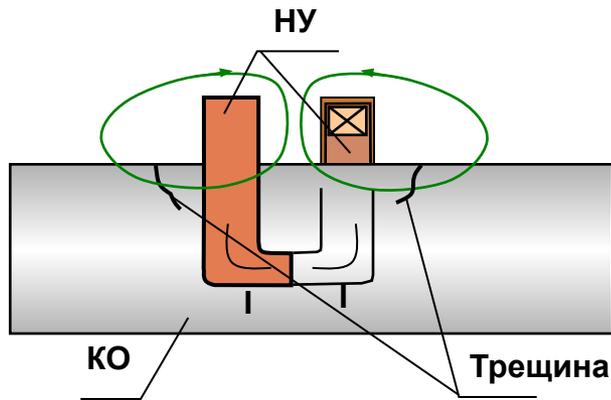


Выявляются поперечные и наклонные трещины

# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

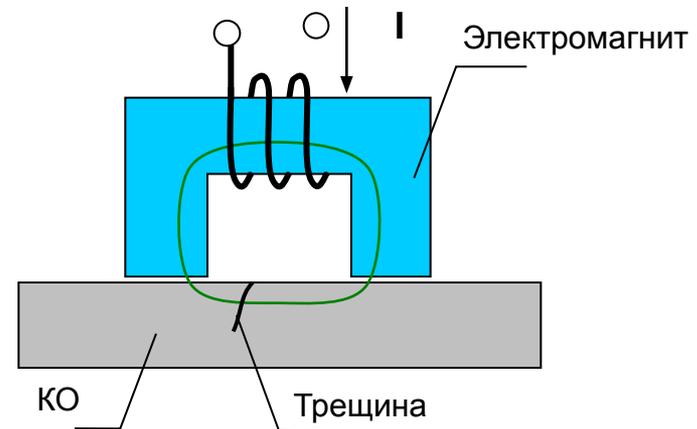
## Способы и схемы

- 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

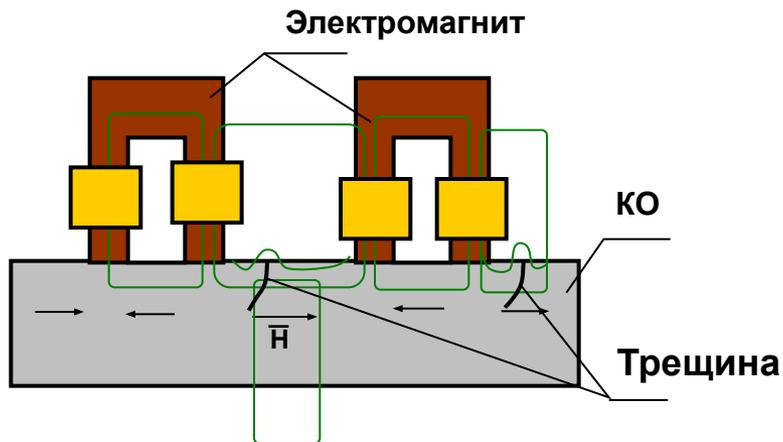


Намагничивается часть детали под полюсами и между ними. Выявляются трещины, расположенные между полюсами магнита перпендикулярно к плоскости магнита и к вектору напряженности магнитного поля

# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

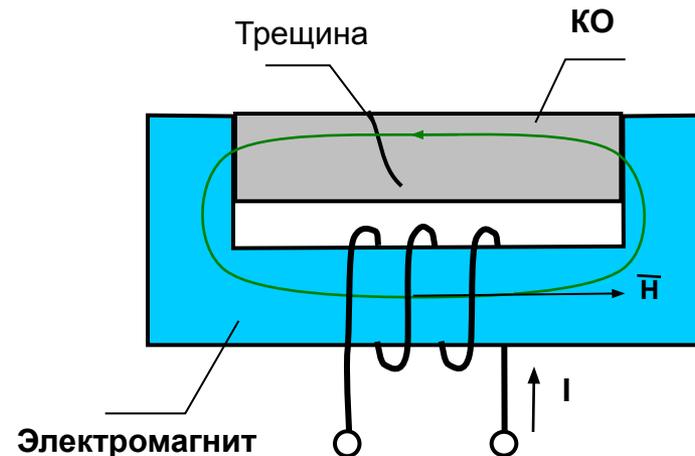
## Способы и схемы

- **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**

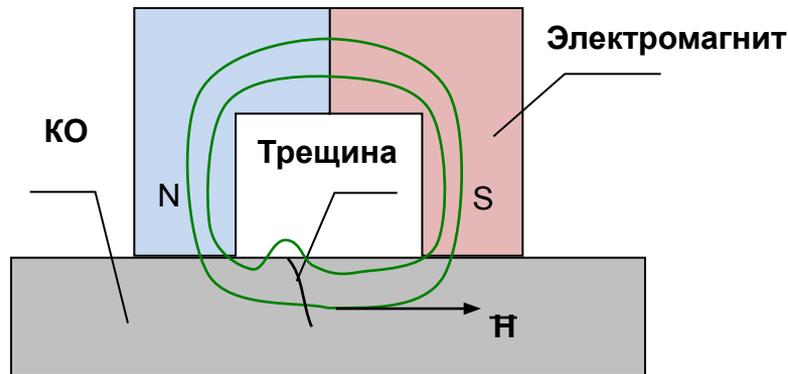


Намагничивается деталь по всей длине.  
Выявляются поперечные и наклонные трещины

# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

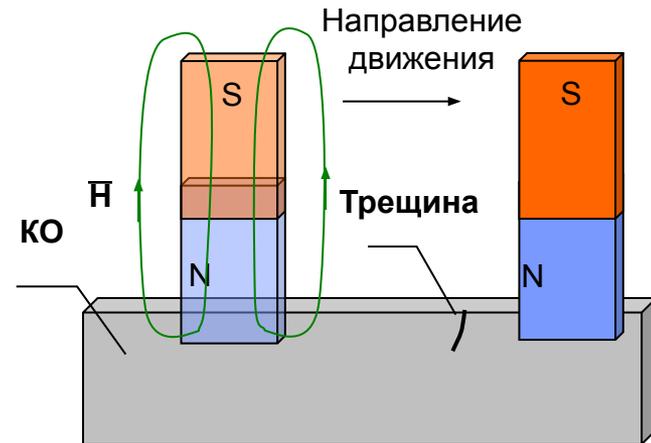
## Способы и схемы

- **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**

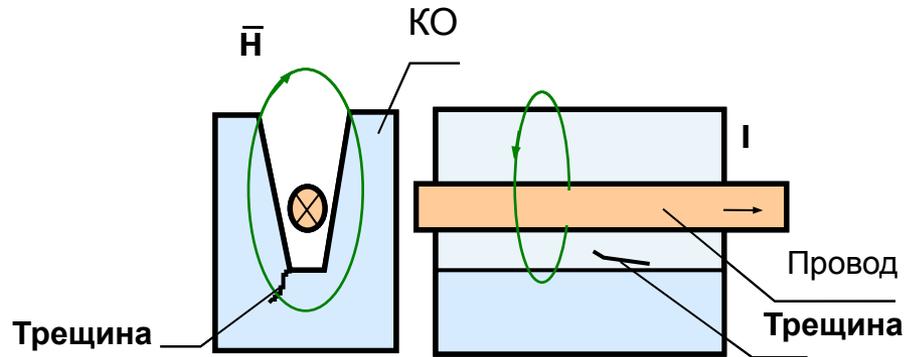


Намагничивание осуществляется перемещением полюса магнита по детали. Выявляются трещины, ориентированные перпендикулярно к направлению движения магнита

# ПОЛЮСНОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

## Способы и схемы

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

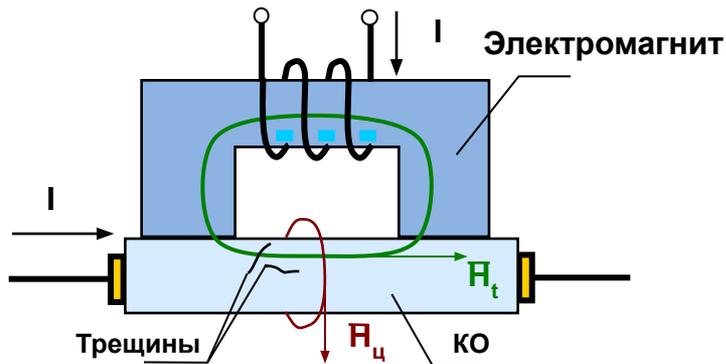


Выявляются трещины, ориентированные параллельно кабелю и под углом к нему не более  $30^\circ$

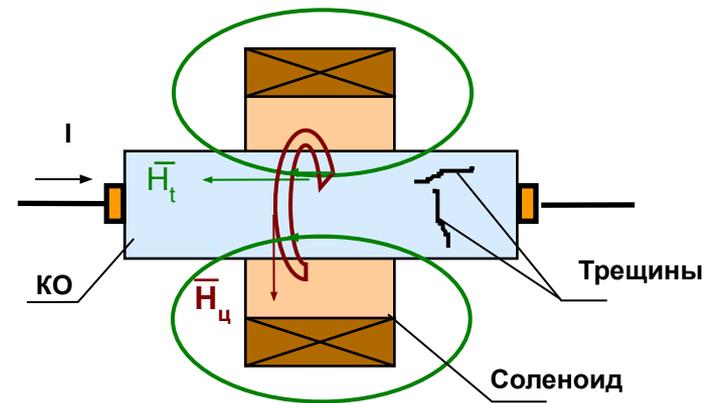
# КОМБИНИРОВАННОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

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

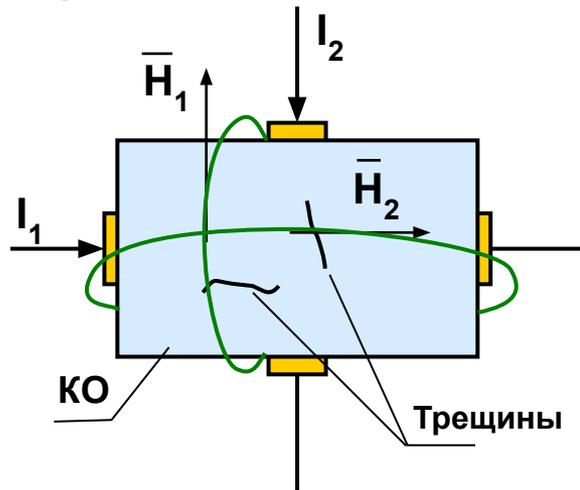


По электромагниту или по соленоиду и по детали одновременно протекают переменные токи, сдвинутые по фазе на  $90^\circ$ . При этом вектор напряженности магнитного поля в течение периода меняет свое направление поочередно то на продольное  $H_t$ , то на циркулярное  $H_c$ , обеспечивая выявление трещин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

# КОМБИНИРОВАННОЕ НАМАГНИЧИВАНИЕ

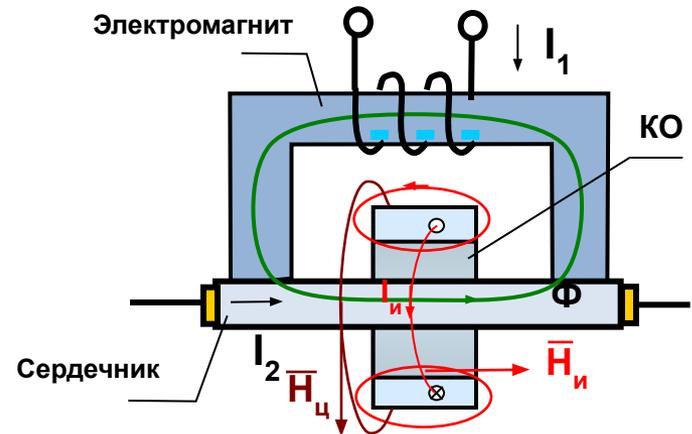
## Способы и схемы

- Пропусканием тока по детали в двух взаимно перпендикулярных направлениях



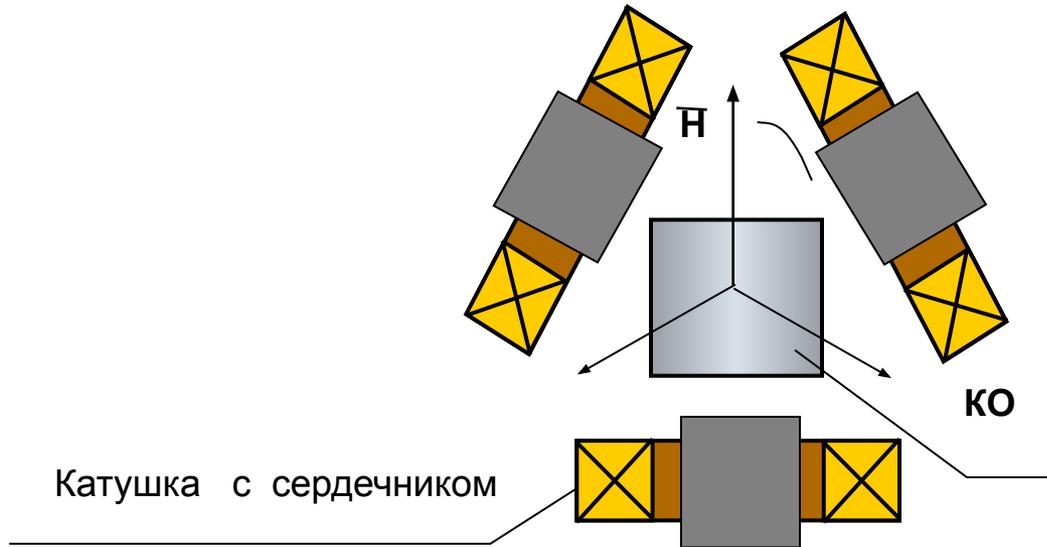
Токи  $I_1$  и  $I_2$  сдвинуты по фазе на  $90^\circ$

- 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

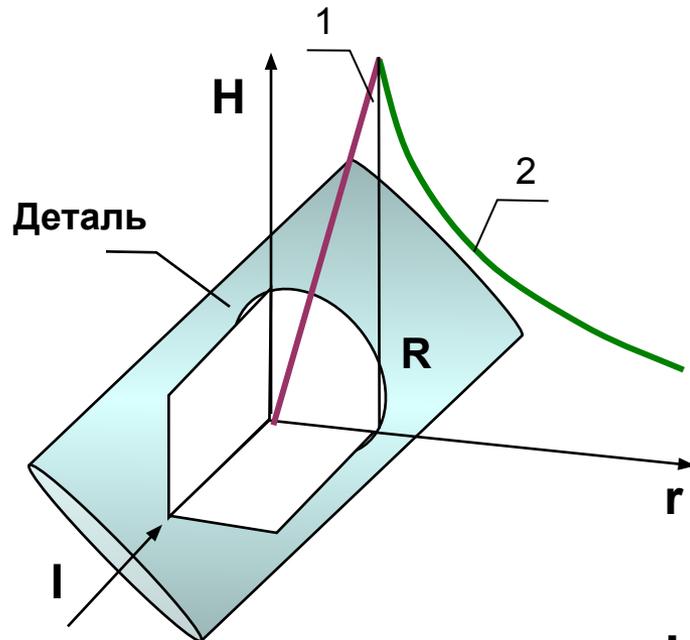


Катушки питаются от трехфазной сети переменного тока, при этом результирующий вектор напряженности магнитного поля непрерывно вращается

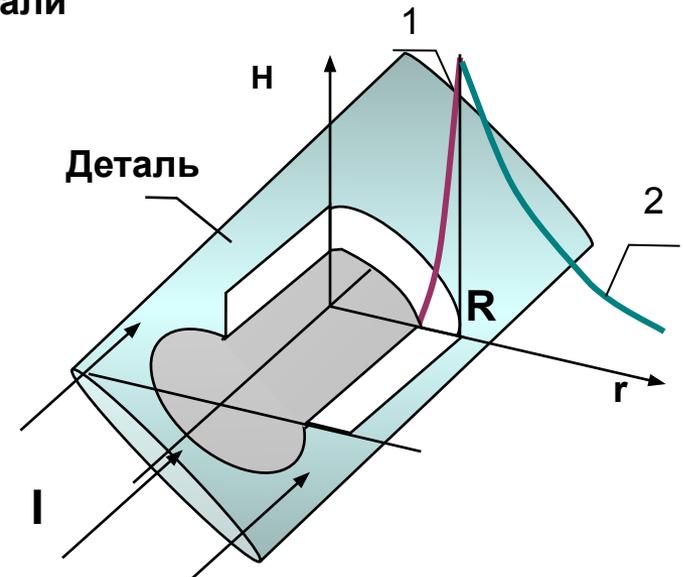
# ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯРНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

## 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.

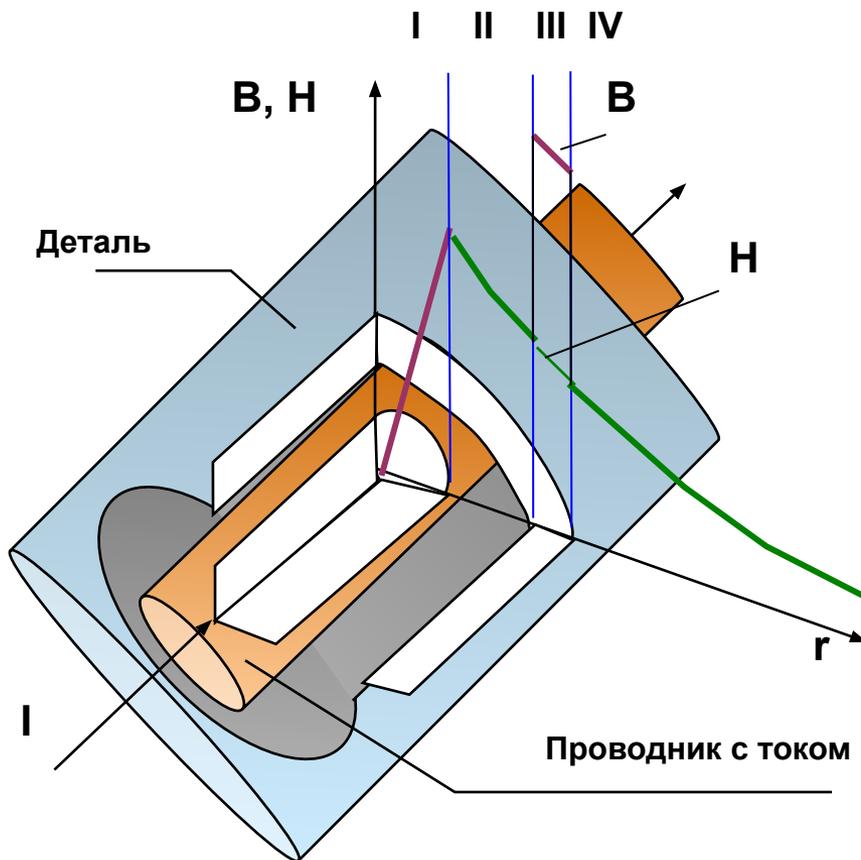
Кривая 1 - распределение (изменение) магнитного поля внутри детали

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);

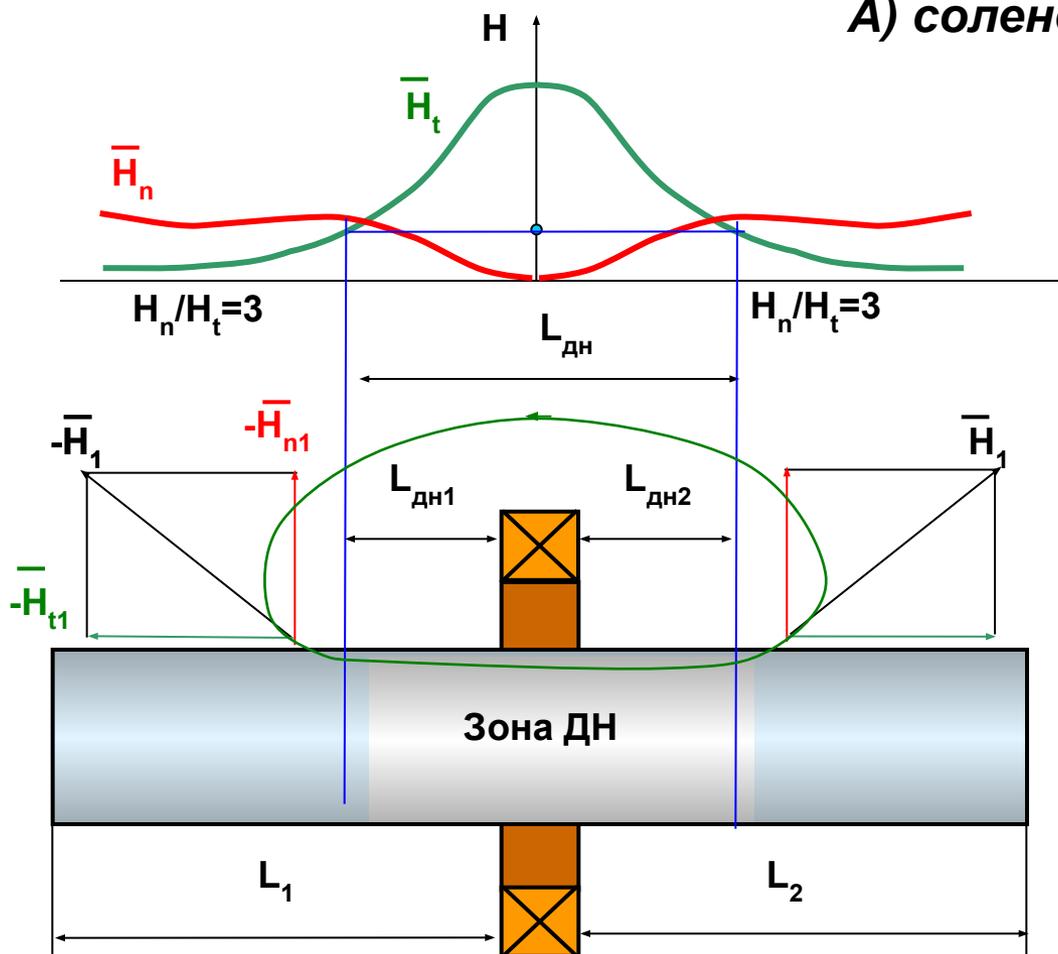
**IV** – в воздухе на поверхности металла и по мере удаления от него действуют те же законы, что и на участке II.

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

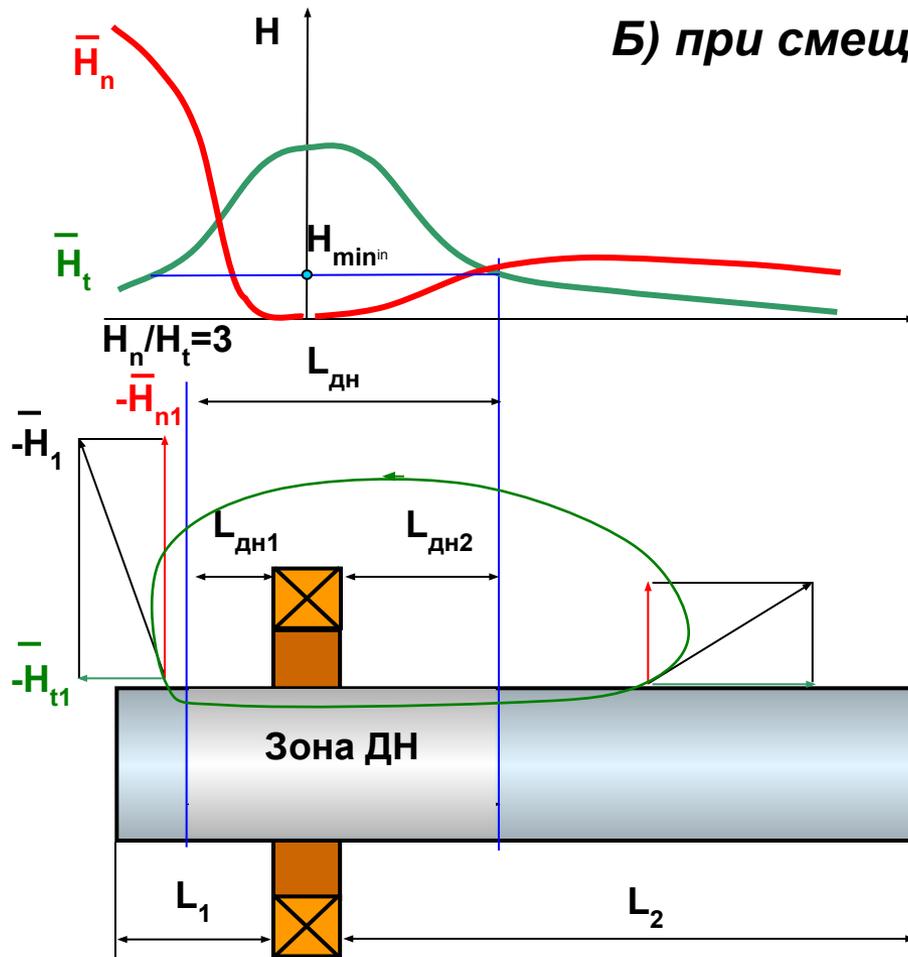


При положении соленоида по центру детали и при расстояниях от торцов детали до корпуса соленоида  $L_1$  и  $L_2$ , превышающих общую длину зоны ДН, длина зоны ДН с обеих сторон от соленоида одинакова  $L_{ДН1} = L_{ДН2}$

# 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*

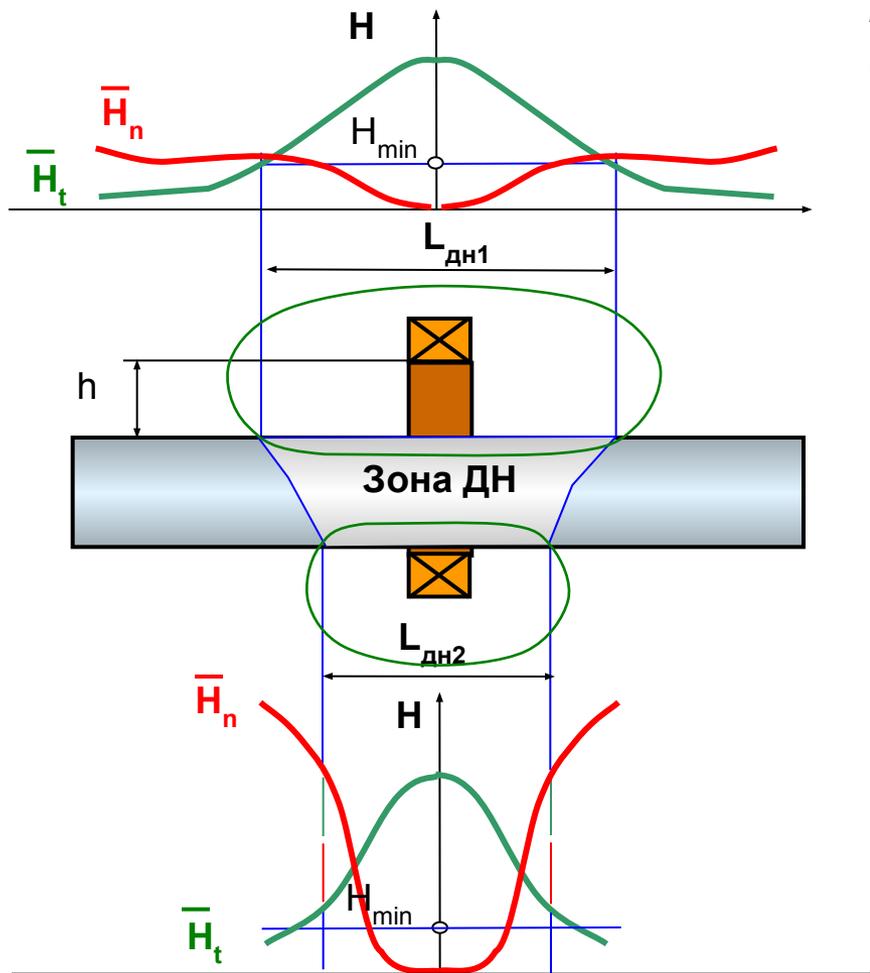


При смещении соленоида к торцу детали расстояния  $L_{\text{дн}1}$  и  $L_{\text{дн}2}$  до границ зоны ДН с обеих сторон от корпуса соленоида существенно различны.

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***

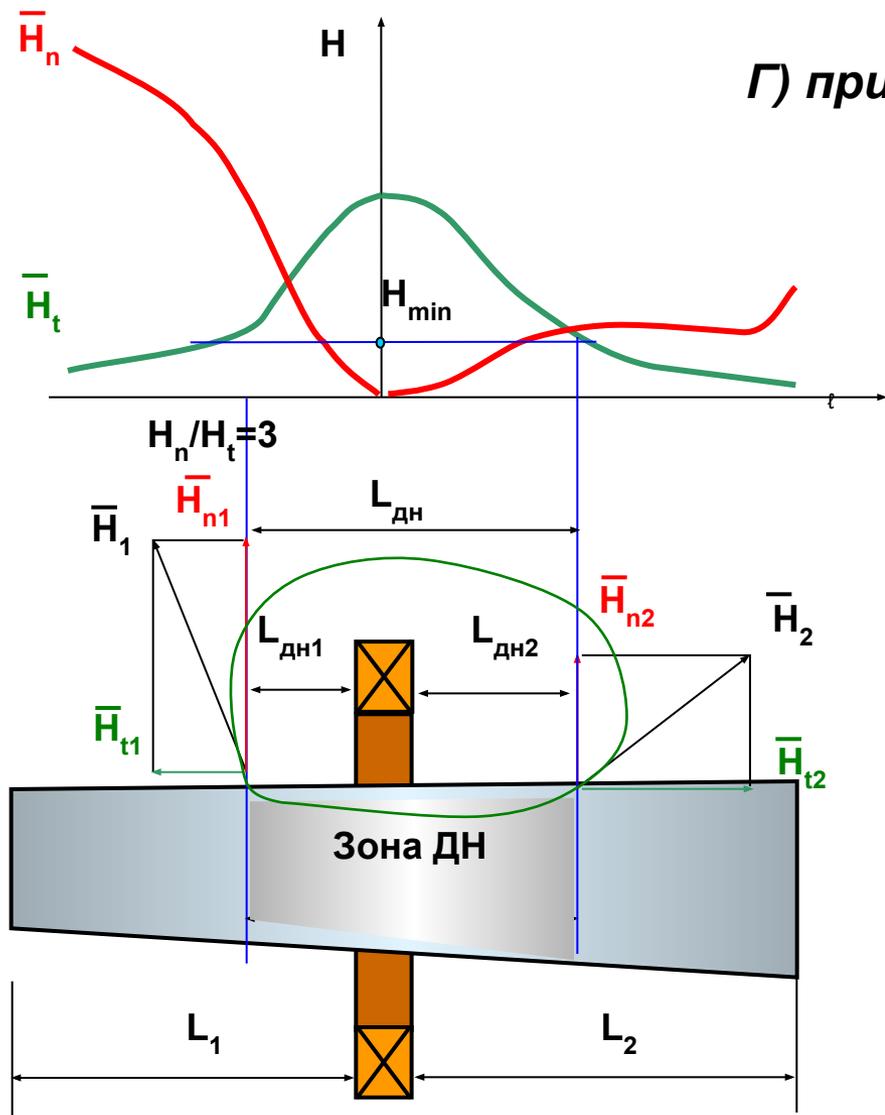
При смещении детали относительно центра соленоида длина зоны ДН со стороны, удаленной от корпуса соленоида, больше, чем со стороны, примыкающей к нему

$$L_{дн1} > L_{дн2}$$

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



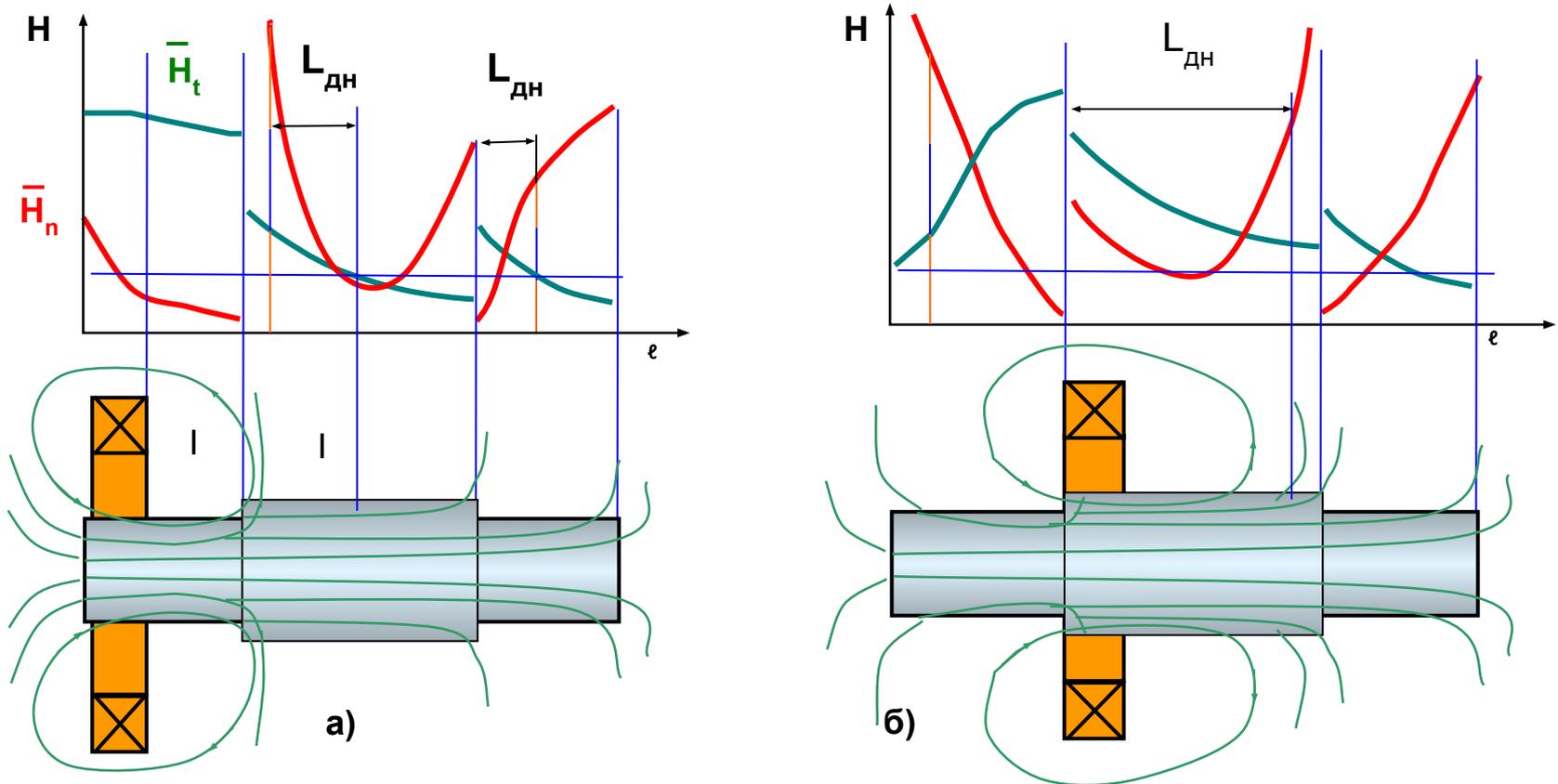
*Г) при намагничивании конических деталей*

При намагничивании конических деталей расстояние  $L_{ДН1}$  до границы зоны ДН со стороны большего диаметра меньше чем  $L_{ДН2}$ . Нанесение суспензии и осмотр детали следует вести со стороны меньшего размера.

# ОСОБЕННОСТИ ПОЛЮСНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ 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**

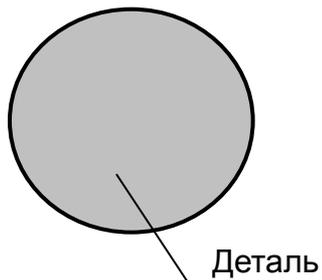
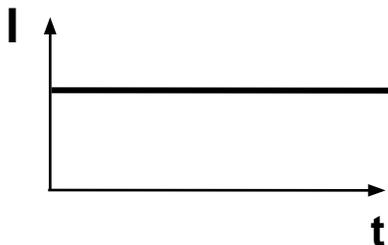


При намагничивании деталей с переменным сечением наиболее благоприятные условия для выявления дефектов создаются на участке I меньшего сечения, примыкающем к соленоиду (б). Весь участок находится в пределах зоны ДН

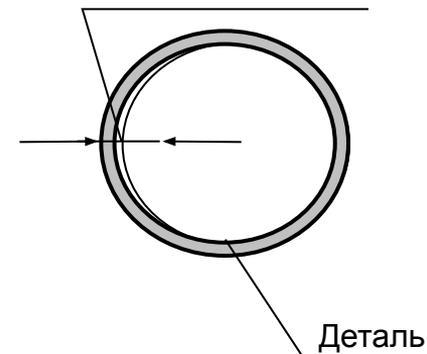
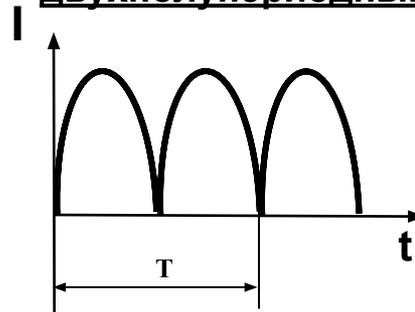
На участке II из-за возрастания нормальной составляющей напряженности магнитного поля уменьшается тангенциальная составляющая, при этом зона ДН уменьшается. Для увеличения зоны ДН участок большего сечения необходимо контролировать как самостоятельную деталь (б)

# Особенности намагничивания деталей постоянным, переменным и импульсным полями

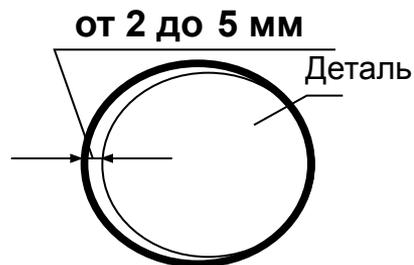
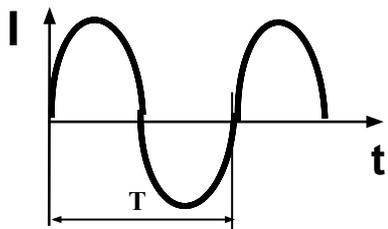
## • вид тока - постоянный



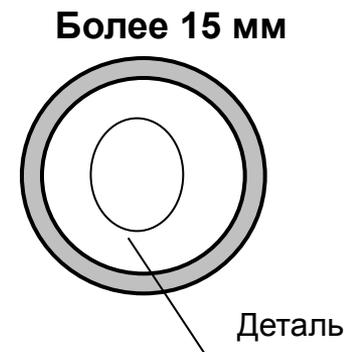
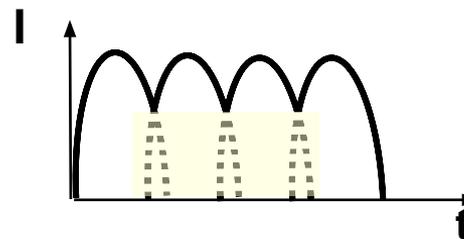
## • вид тока - выпрямленный двухполупериодный



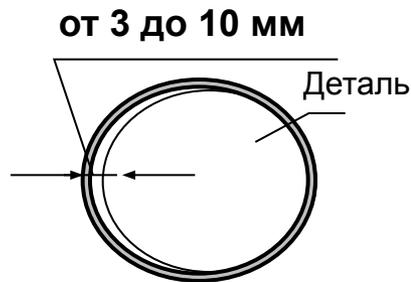
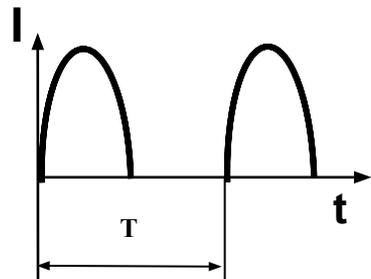
## • вид тока - переменный



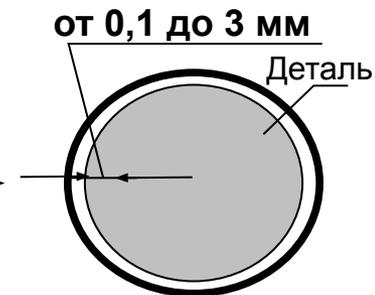
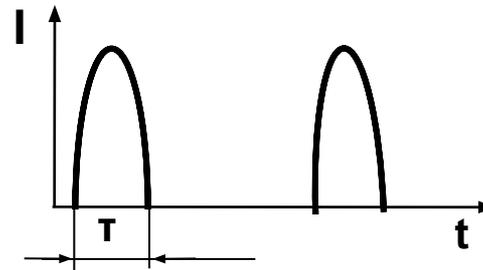
## • вид тока - выпрямленный 3-х фазный



## • вид тока - выпрямленный однополупериодный

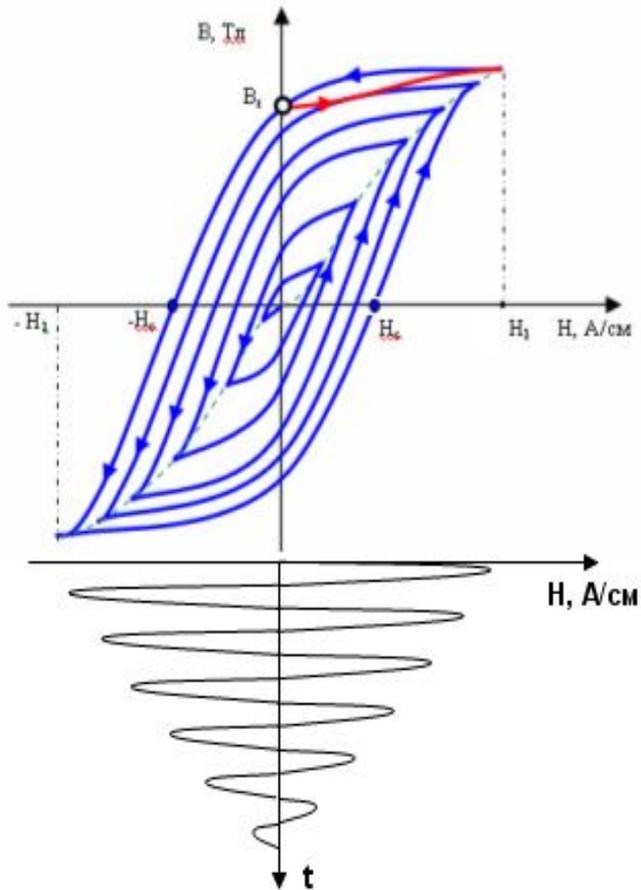


## • вид тока - импульсный

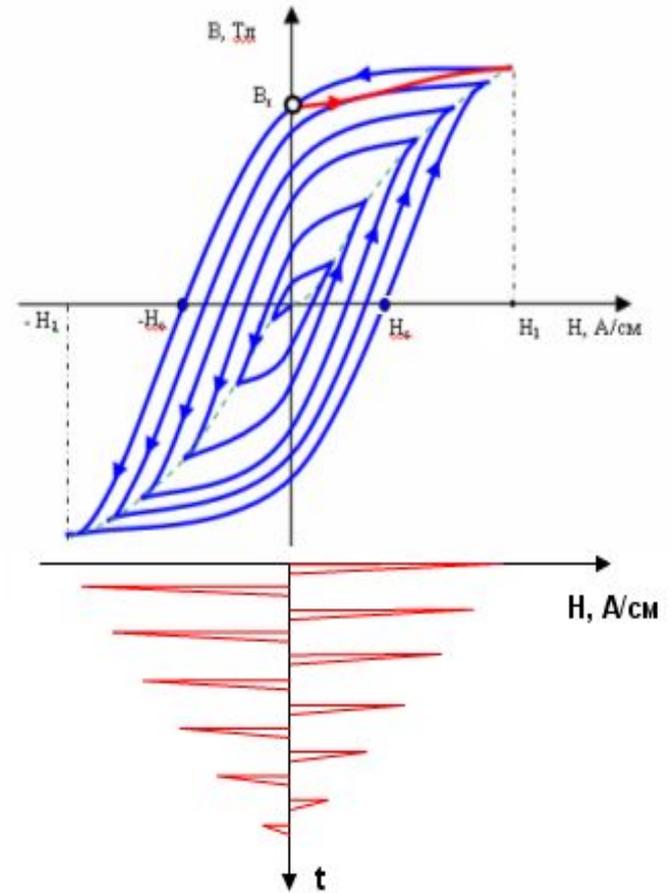


# РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

- Размагничивание ферромагнитного материала убывающим переменным магнитным полем



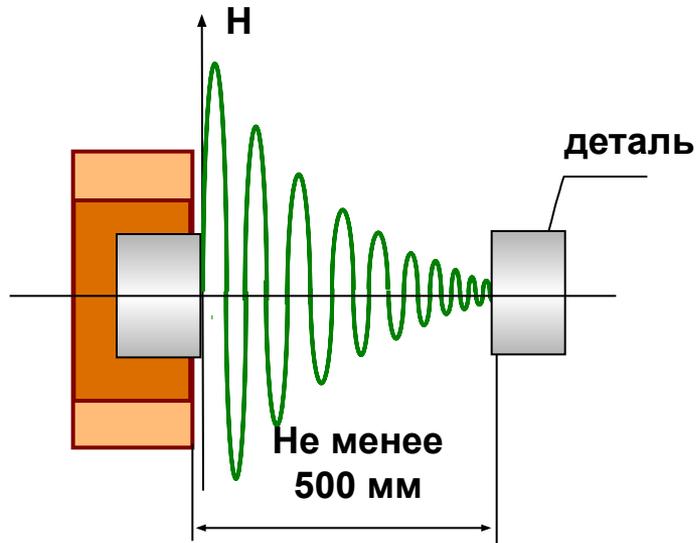
- Размагничивание импульсами разной полярности с уменьшением их амплитуды



# РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

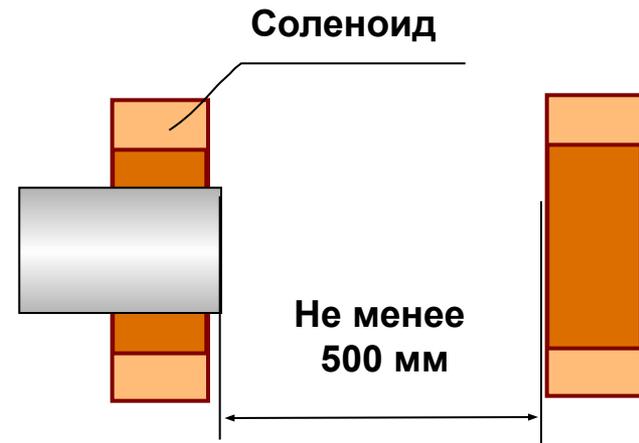
## Способы и схемы

- Удаление детали от соленоида
- Удаление соленоида от детали



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

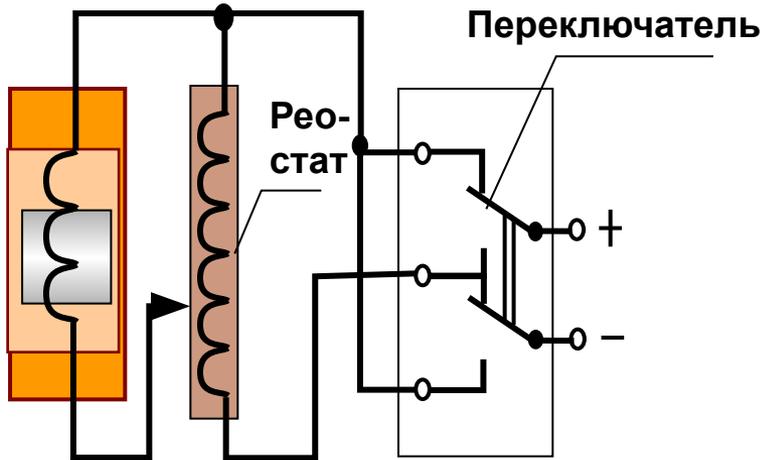
### Демагнитизаторы



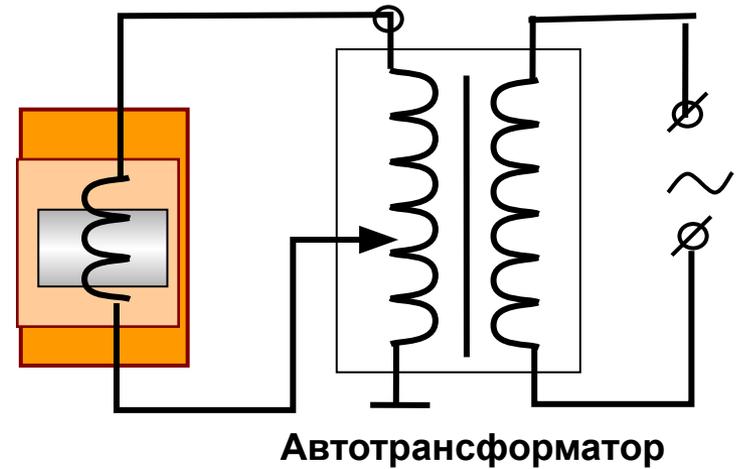
Размагничивание осуществляется удалением соленоида переменного тока от детали, например, МД-12ПШ

# РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

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



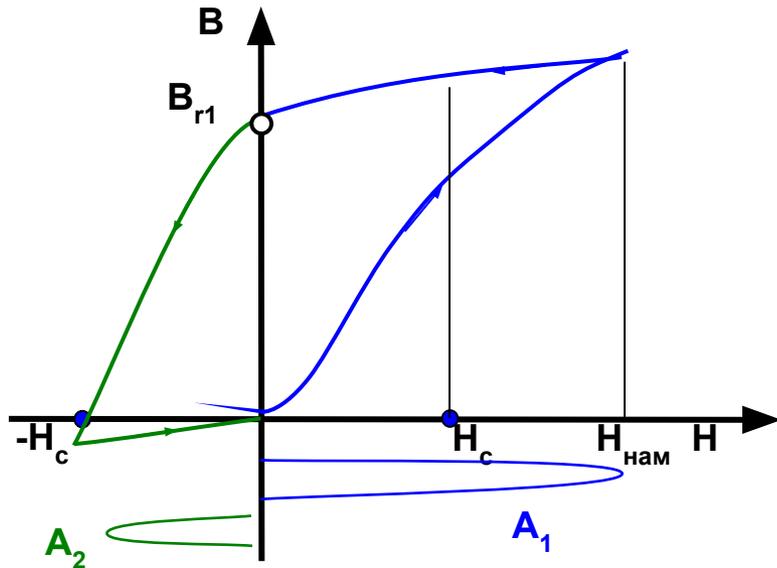
Размагничивание осуществляется переключением полярности постоянного тока в намагничивающем устройстве с уменьшением его значения с помощью реостата для размагничивания деталей, намагниченных в постоянном поле



Размагничивание осуществляется уменьшением амплитуды переменного тока в соленоиде с помощью автотрансформатора

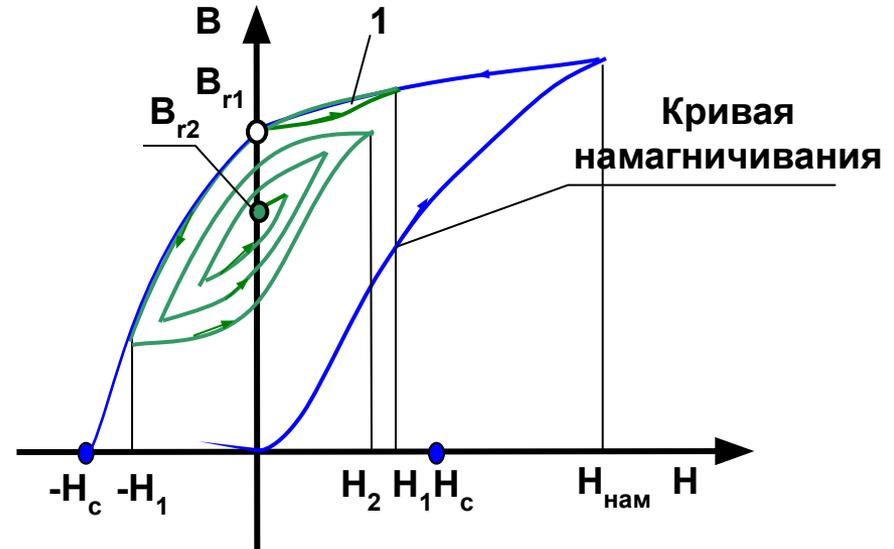
# РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

- 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