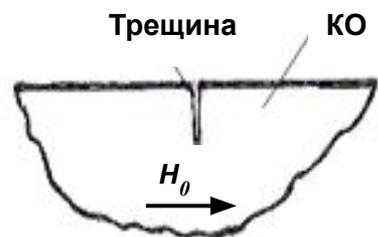
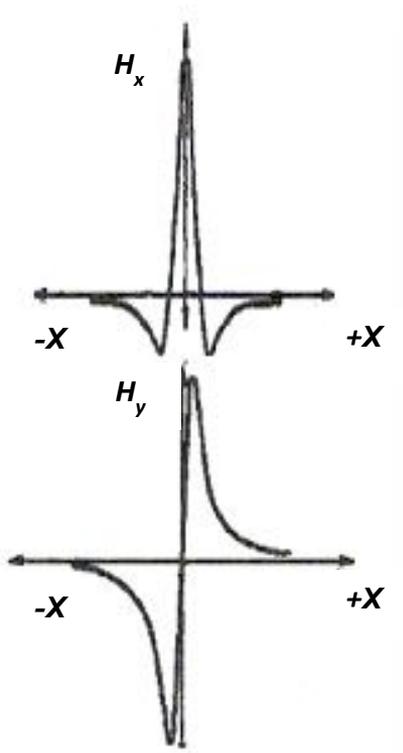
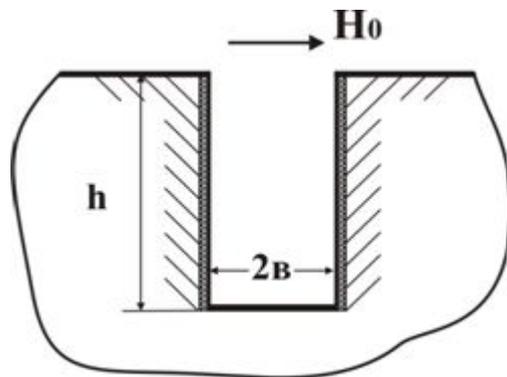


Раздел 7: Физические основы магнитопорошкового метода контроля

Пространственное распределение (топография) поля рассеяния дефектов



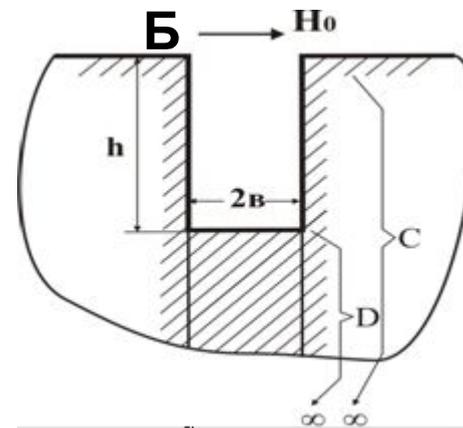
модель А



$$H_x = 2\delta \left[\operatorname{arctg} \frac{h(x + \frac{2b}{2})}{(x + \frac{2b}{2})^2 + y(y+h)} - \operatorname{arctg} \frac{h(x - \frac{2b}{2})}{(x - \frac{2b}{2})^2 + y(y+h)} \right]$$

$$H_y = \delta \ln \frac{[(x + \frac{2b}{2})^2 + y(y+h)] [(x - \frac{2b}{2})^2 + y^2]}{[(x + \frac{2b}{2})^2 + y^2] [(x - \frac{2b}{2})^2 + y(y+h)]}$$

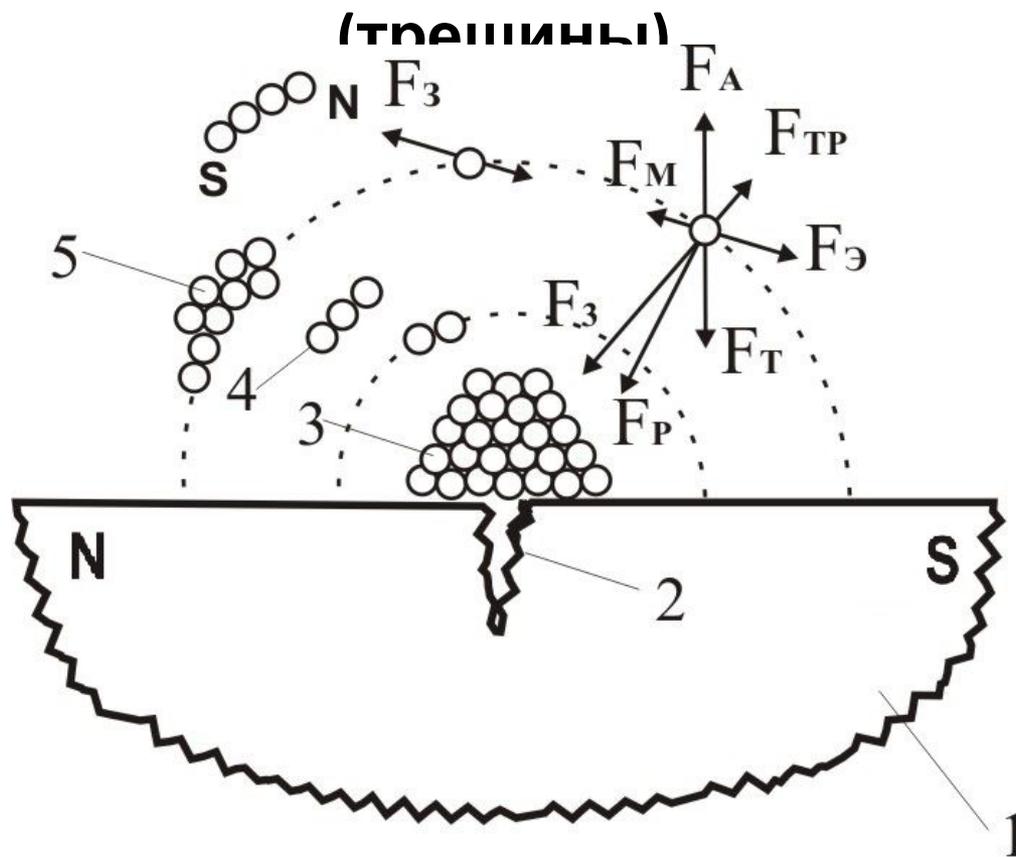
модель Б



$$H_x = \frac{H_s}{\pi} 2b \left[\frac{\overbrace{y}^C}{(x)^2 + (y)^2} - \frac{\overbrace{y+h}^D}{(x)^2 + (y+h)^2} \right]$$

$$H_y = \frac{H_s}{\pi} 2b \left[\frac{x}{(x)^2 + (y)^2} - \frac{x}{(x)^2 + (y+h)^2} \right]$$

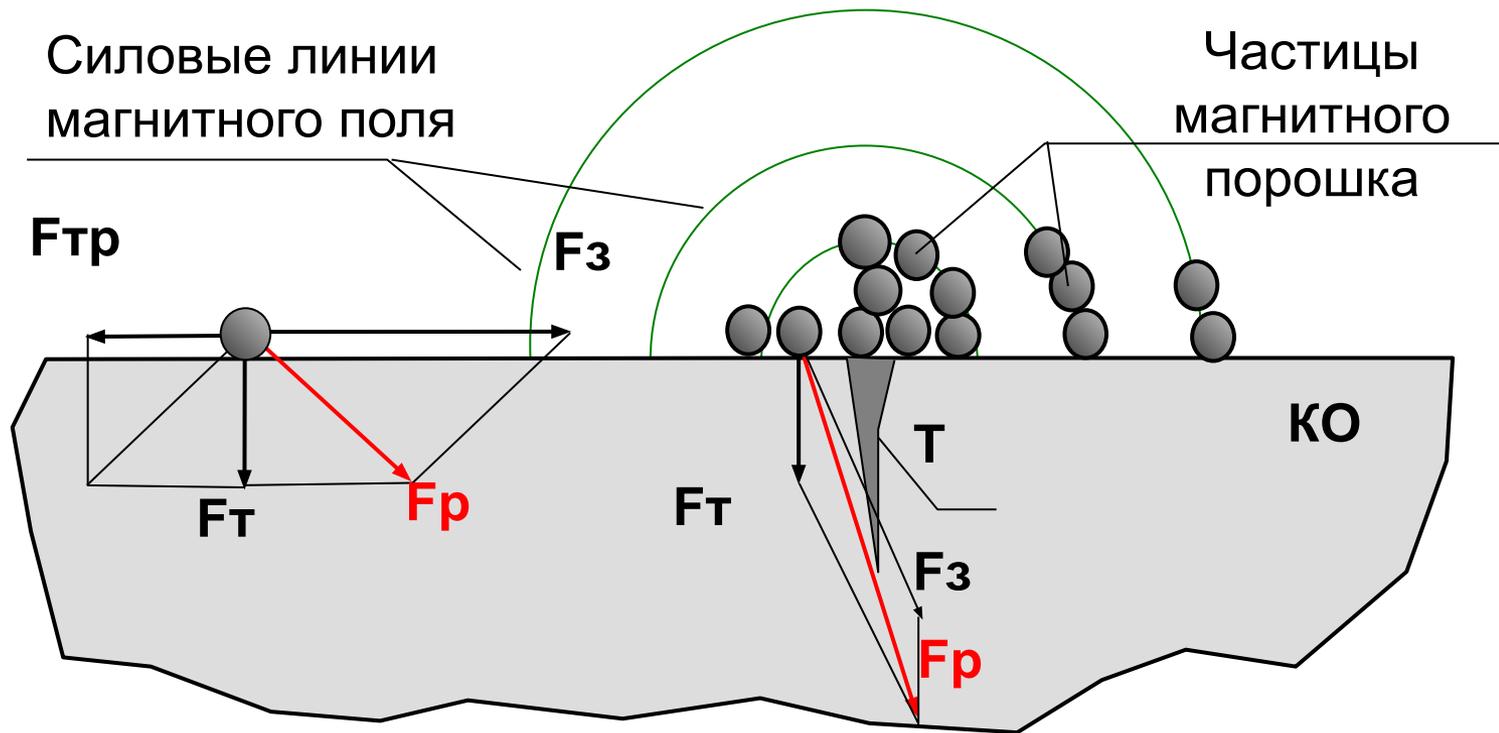
Схема сил, действующих на частицу в магнитном поле рассеяния дефекта



1 - контролируемый объект; 2 - трещина; 3 – скопление магнитного порошка над трещиной; 4, 5 - цепочки из частиц порошка

Физические основы магнитопорошкового метода

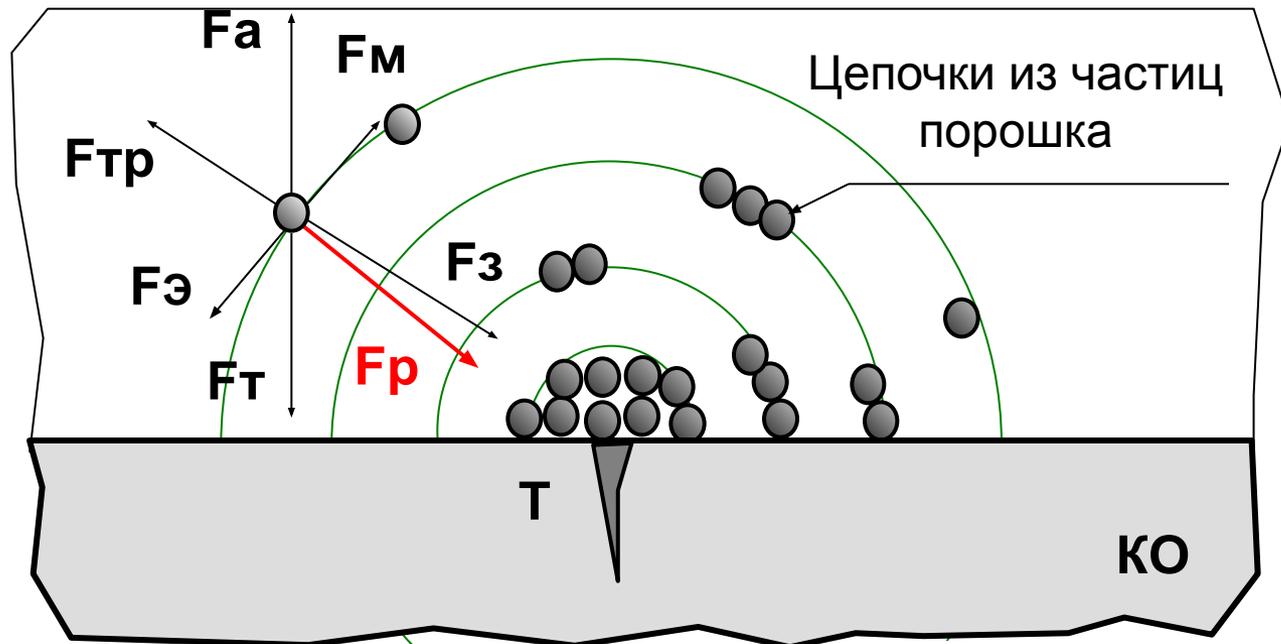
ОБРАЗОВАНИЕ ВАЛИКА ЧАСТИЦ МАГНИТНОГО ПОРОШКА НАД ДЕФЕКТОМ Сухой способ нанесения магнитного порошка



На частицу магнитного порошка вблизи трещины Т действуют: затягивающая сила магнитного поля дефекта F_3 , сила тяжести частицы F_T и сила трения $F_{тр}$. Значение и направление результирующей силы F_p зависит от расстояния от трещины. На некотором расстоянии от трещины она заставляет частицу перемещаться к дефекту, а вблизи ее – притягивает к поверхности металла

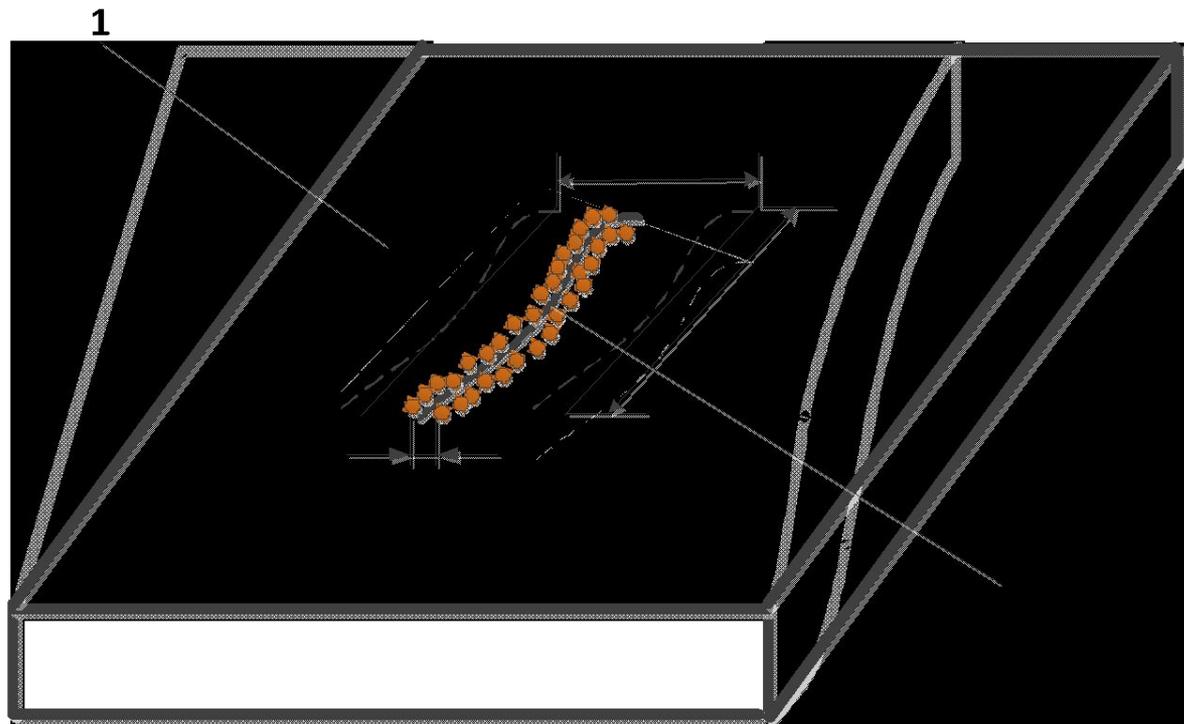
Физические основы магнитопорошкового метода

ОБРАЗОВАНИЕ ВАЛИКА ЧАСТИЦ МАГНИТНОГО ПОРОШКА НАД ДЕФЕКТОМ Мокрый способ нанесения магнитного порошка



Частицы магнитного порошка в суспензии, находятся во взвешенном состоянии, так как на них действует выталкивающая сила F_a . При этом обеспечивается большая подвижность частиц, чем при сухом способе

Образование валика частиц магнитного порошка (индикаторного рисунка) над дефектом



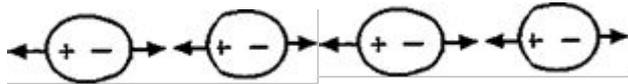
1 – КО;
2 – дефект (трещина);
 $2\rho_1$ – ширина
индикаторного рисунка

$$m = 2\rho_2 L K u t ,$$

где ρ_2 - эффективный радиус действия поля рассеяния; L - длина трещины; K - концентрация суспензии; u - скорость оседания частиц; t - время нахождения детали в суспензии.

Ферромагнитная частица в магнитном поле

Поляризация ферромагнитных частиц в магнитном поле



$$F_3 = \mu_0 \chi_T V H \frac{\partial H}{\partial X}$$

$$H_i = H_e - H_p$$

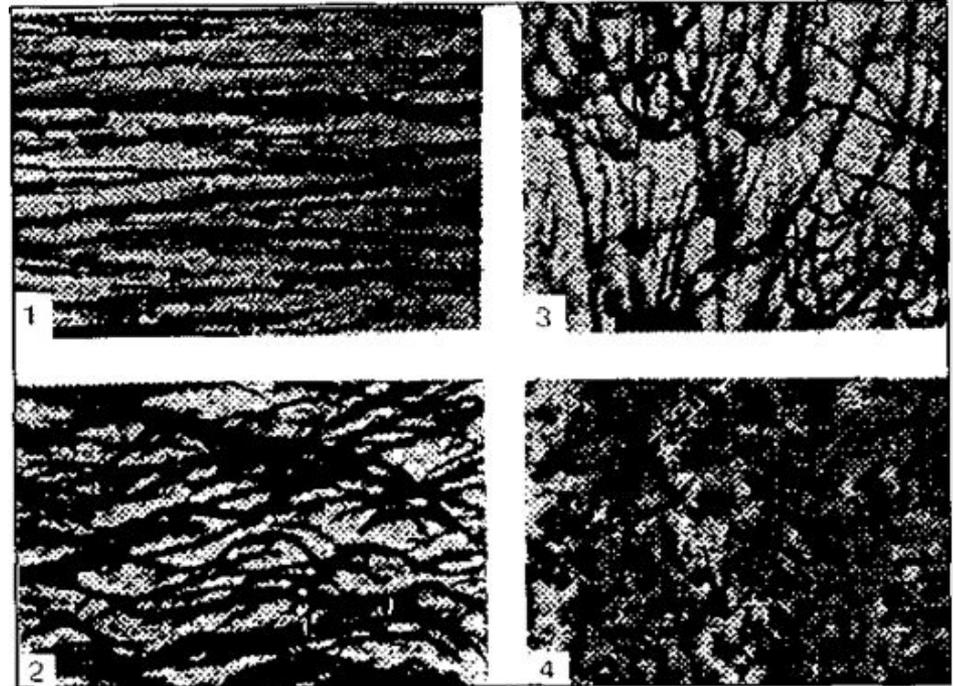
$$H_p = NM$$

$$\chi_T = \chi / (1 + N\chi),$$

где $\chi = \mu - 1$

поле

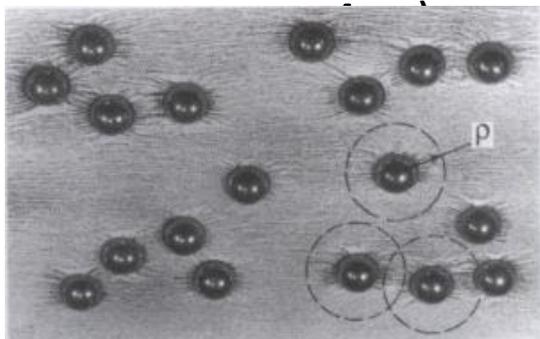
Картини превращения цепочек из частиц магнитного порошка в магнитной суспензии с концентрацией 20 г/л



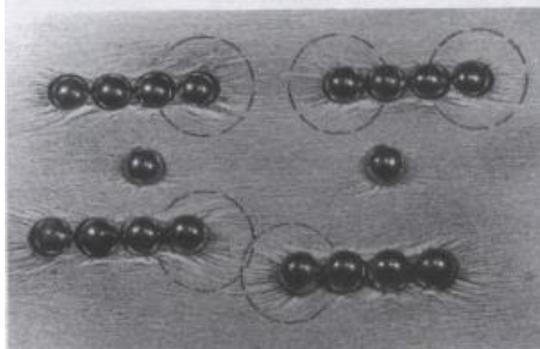
- 1 - цепочки, образовавшиеся в поле напряженностью 100 А/см;
- 2, 3 - цепочки в процессе оседания после снятия поля;
- 4 - агрегаты, хлопья, образовавшиеся из цепочек при размешивании суспензии

Ферромагнитная частица в поле рассеяния дефекта

Картина образовавшихся
цепочек (частицы
моделируется шариками

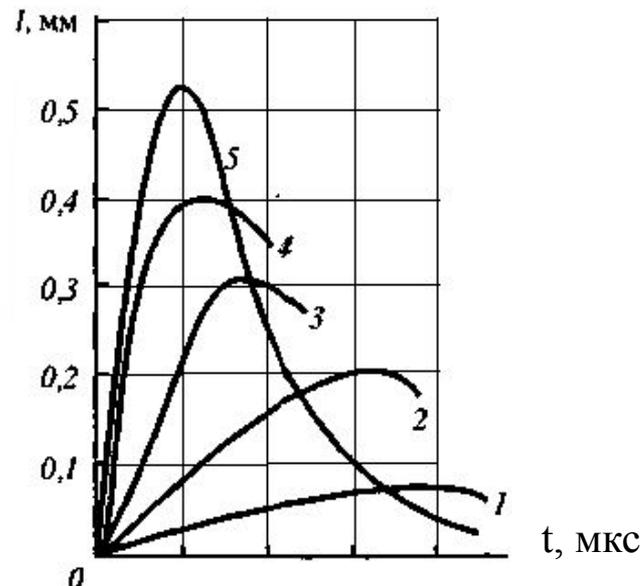


а)



б)

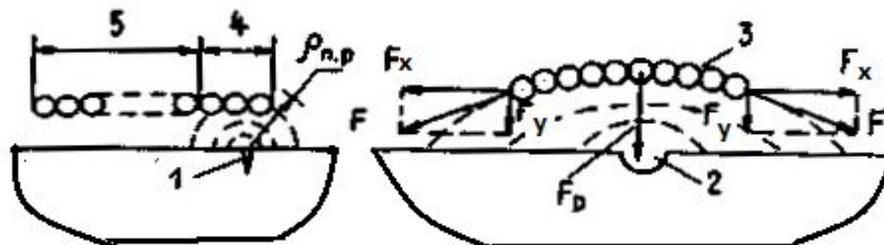
Коагуляция



Зависимость длины цепочек от времени воздействия
поля:

1 — 900, 2 — 1900, 3 — 2900, 4 — 4000, 5 — 8000 А/м

Схема расположения цепочек из частиц порошка над трещиной и



1 – трещина; 2 - риска; 3 - цепочка из частиц порошка; 4 - часть цепочки в магнитном поле рассеяния трещины; 5 - часть цепочки вне поля рассеяния; F_p - результирующая сила; F_x, F_y - составляющие результирующей силы

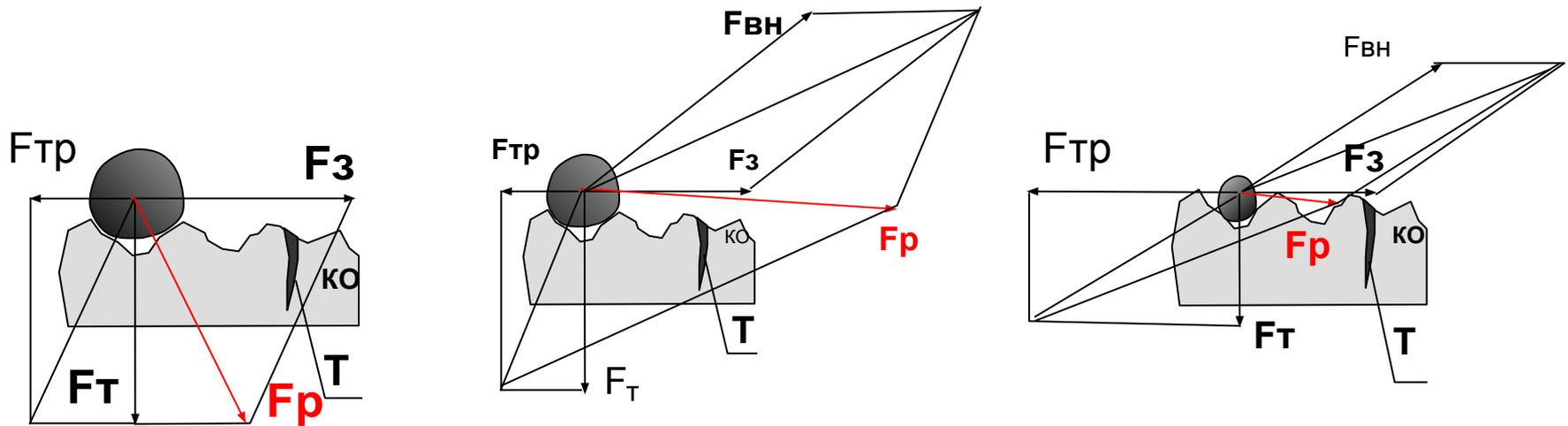
а) - в момент приложения поля;
б) – после окончания процесса
соединения
частиц;

ρ - радиус сферы магнитного

расимметричного взаимодействия частиц

Физические основы магнитопорошкового метода

ОСОБЕННОСТИ ПОДВИЖНОСТИ ЧАСТИЦ СУХОГО МАГНИТНОГО ПОРОШКА РАЗНОГО РАЗМЕРА НА НЕОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАМАГНИЧЕННОЙ ДЕТАЛИ



Если размер частицы соизмерим с шероховатостью поверхности детали, то затягивающая сила F_3 магнитного поля дефекта недостаточна, чтобы вызвать движение частицы магнитного порошка в направлении трещины.

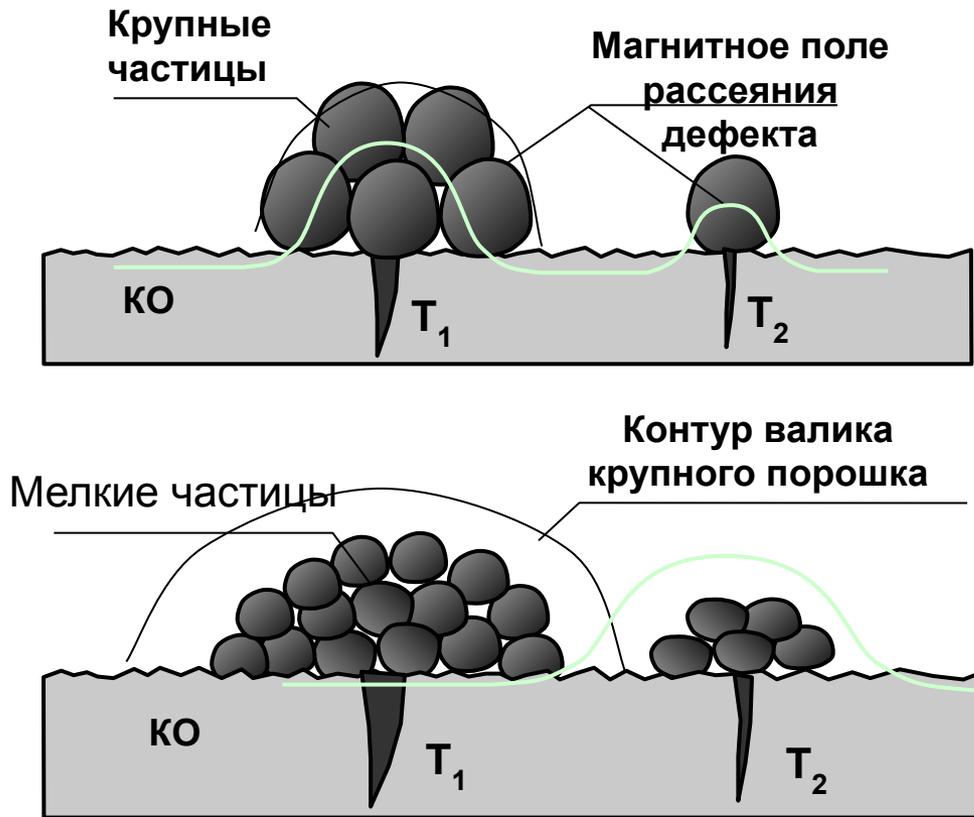
Необходимо создать дополнительную внешнюю силу

Внешняя сила $F_{вн}$, действующая на частицу, может быть вызвана изменяющимся полем движущегося намагничивающего устройства, струей воздуха или наклоном контролируемой детали

При уменьшении размеров частицы уменьшаются F_3 , $F_{вн}$ и F_T , но существенно возрастает сила трения ($F_{тр}$) частиц, попавших во впадины шероховатости. Поэтому мелкодисперсные порошки наносят на контролируемую поверхность в составе суспензии. В сухом виде их можно применять только путем напыления воздушной взвеси в специальной камере, так как в этом случае минимальна сила трения

Физические основы магнитопорошкового метода

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ МАГНИТНОГО ПОРОШКА НА ФОРМИРОВАНИЕ ВАЛИКА



Ширина валика магнитного порошка зависит от ширины раскрытия трещины, и размера частиц:

- чем меньше ширина раскрытия трещины, тем меньше валик порошка;
- крупный порошок образует над трещиной с большой шириной раскрытия (T₁) широкий валик, тогда как над трещиной (T₂) с малой шириной раскрытия валик не образуется;
- мелкий порошок образует валик над трещиной, как с большой, так и с малой шириной раскрытия;
- размеры валика мелкого порошка над одной и той же трещиной меньше, чем крупного.

Рекомендации:

Тип порошка и способ его нанесения выбираются в зависимости от шероховатости поверхности детали и размера недопустимых дефектов.

При контроле наиболее ответственных деталей следует применять мелкодисперсный порошок

СПОСОБЫ МАГНИТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

ПОДГОТОВКА ДЕТАЛИ К КОНТРОЛЮ

Удаление загрязнений, отслаивающейся окатки, лакокрасочного покрытия;

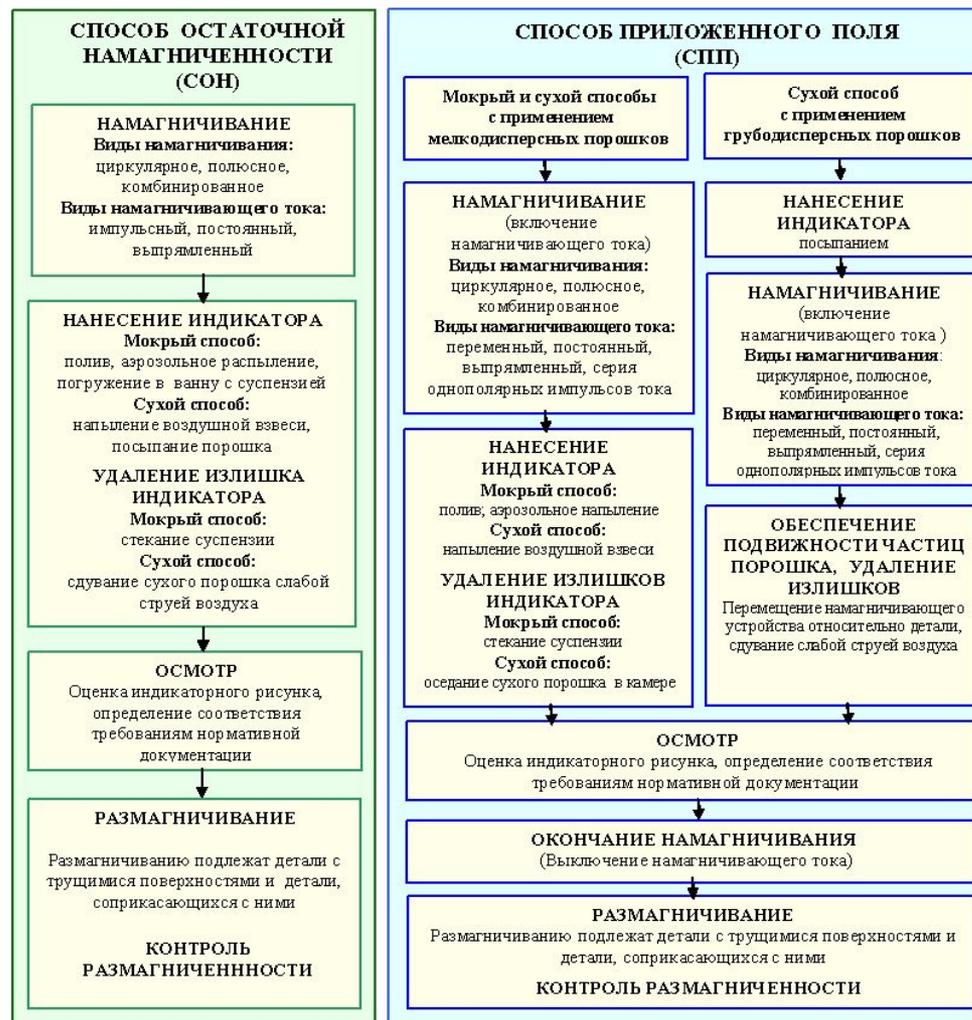
Обезжиривание и просушивание - при применении сухого индикатора;

Обезжиривание - при применении водной суспензии;

Просушивание - при применении масляных и керосиновых суспензий

Закрытие отверстий, пазов, щелей - при недопустимости попадания в них порошка или суспензии;

Нанесение контрастного покрытия - при применении чёрного порошка на деталях с тёмной поверхностью



При контроле СПП операции намагничивания и нанесения индикатора выполняются одновременно. Валок магнитного порошка образуется в процессе намагничивания