

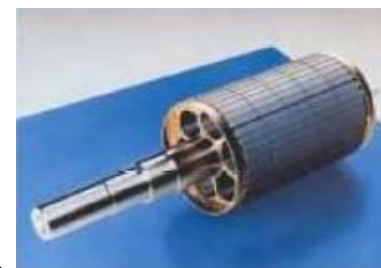


МДГНИТНИ МАТЕРИАЛИ. МДГНИТНИ СИСТЕМИ - ВИДОВЕ, КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ.

Втора част

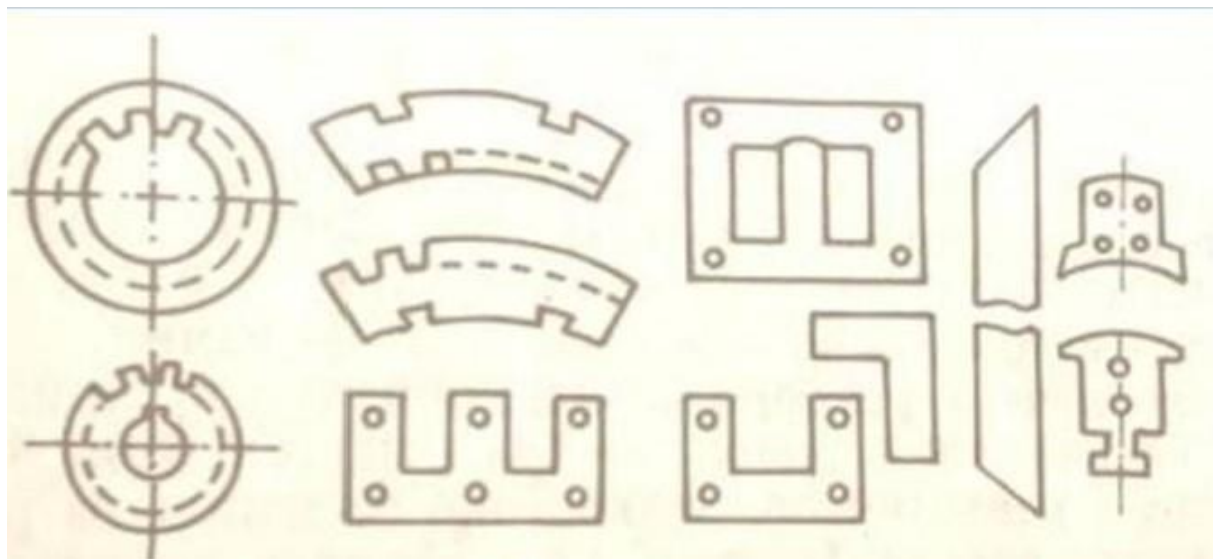


гл. ас. д-р Михаела Славкова



агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.

Шихтованите магнитни системи намират приложение и роторни пакети на електрическите машини, магнитопрводи на статорни - трансформаторите и като магнитни системи електрическите апарати за променлив ток — контактори, електромагнити, релета и др. Те се изработват от отделни пластини или дискове електротехническа стомана.

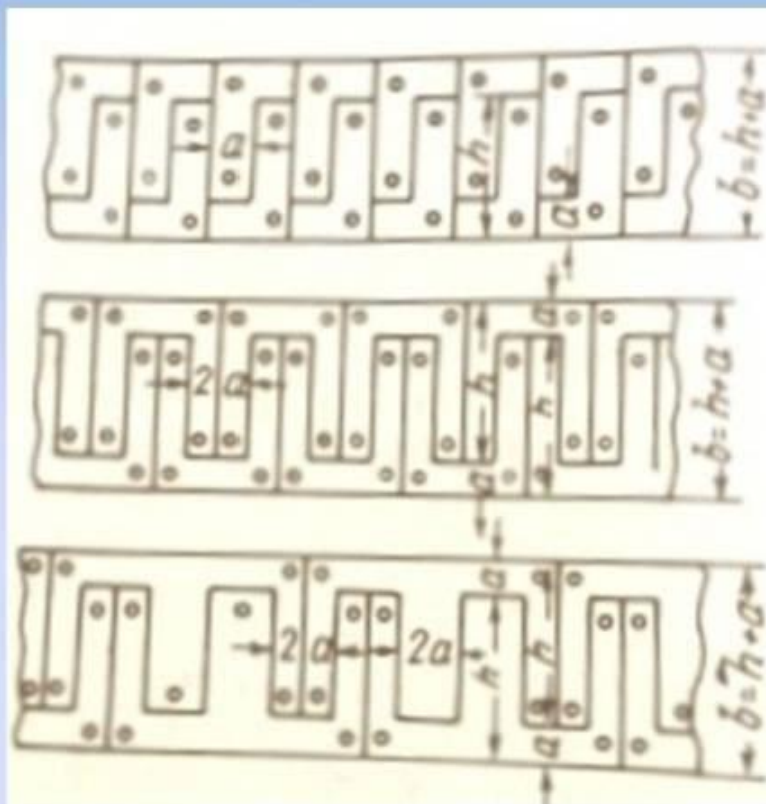


Форми на пластини за шихтовани магнитни системи

агнитни системи – видове, конструкции и технологии.

2. Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.

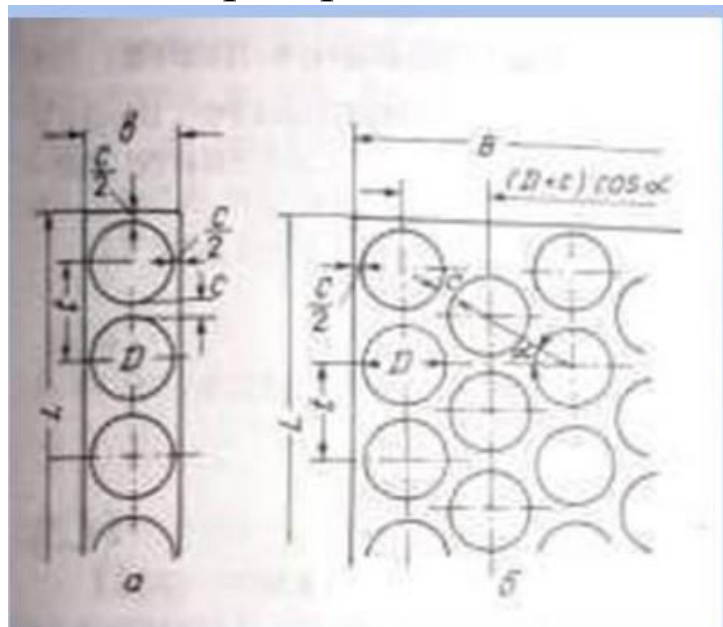
Шихтованите магнитни системи – разкрояване на пластини



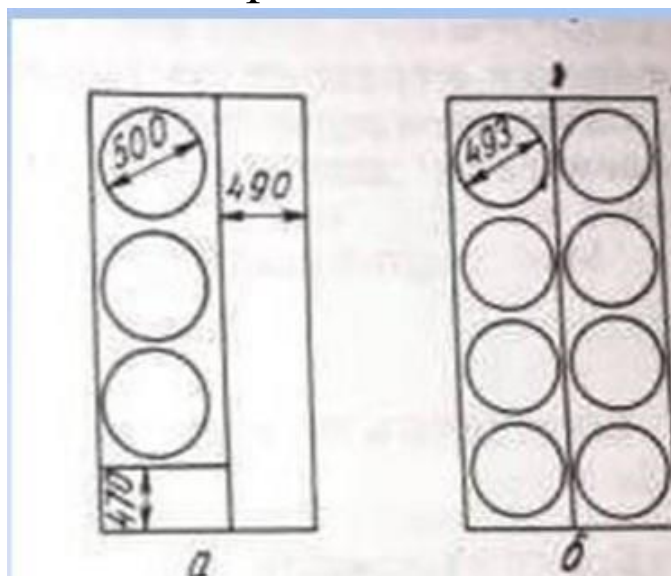
агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.

Примери за разкрояване без отпадък на Г -, П - и Ш - образни пластини

Шихтованите магнитни системи — едноредно и шахматно
разкрояване



агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.
Нормално еДноредно (а) ц многоредно шахматно разкрояване (б)
на статорни Дискове
Шихтованите магнитни системи — нерационално и
рационално щанцоване



агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.

Нерационално (а) и рационално (б) разкрояване при щанцоване на
статорни Дискове

агнитни системи — идове, конструкции и технологии.
Шихтованите магнитни системи — разкрояване с отрицателни прибавки отрицателни прибавки в местата

При щанцоването са се нарушава и сечението на ярема се припокриването формата на диска намалява. Това води до увеличаване на индукцията и на намагнитващия ток, Ето защо големите стойности на припокриване са допустими при двигателите с ниска изчислителна индукция и при двигатели, работещи в кратковременен режим.

Схеми на разкрояване

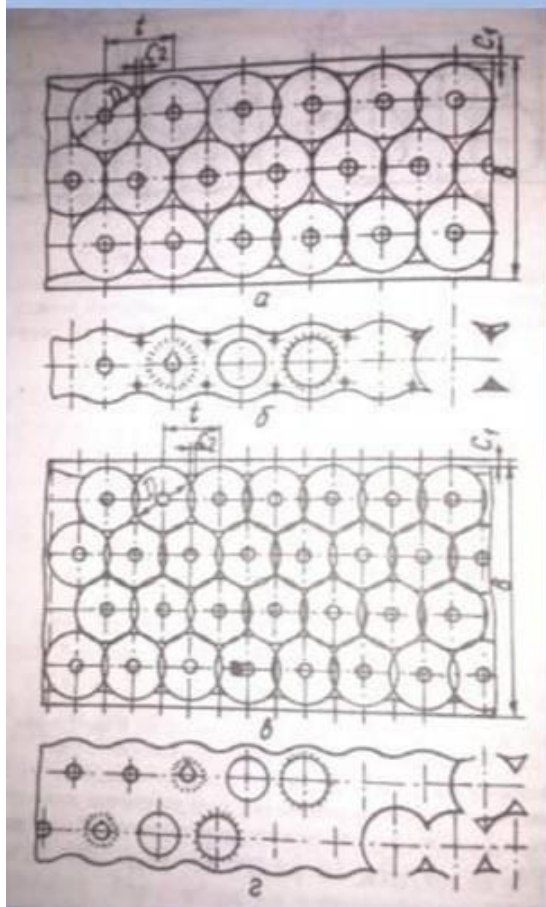
агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.

а - еДнореДно с намалени прибавки; б- еДнореДно с отрицателнц прибавки между Дисковете; в - еДнореДно с отрицателни прибавки между Дисковете и по края на ивицата; г, д и е ДвуреДно шахматно разкрояване и същите случаи на прибавки;

агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.

Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.

Шихтованите магнитни системи – фигурно разкрояване



Фигурното разкрояване увеличава коефициента на използване на материала с 10÷11%.

Шихтованите магнитни

агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.

коэффициента на използване на материала с

10+1196.

Схеми на фигурно разкрояване при щанцоване от рула а—
разкрояване при еДноредно щанцоване; б- еДноредно щанцоване; в
- разкрояване при Двуредно щанцоване; г - Двуредно щанцоване;

Шихтованите магнитни

агнитни системи — ВИДОВЕ, КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ.

на много тънки стена на щанците,,
обикновено се използват две съвместни
щанци. Първата съвместна щанца
изрязва от ивица готов статорен диск и
технологичен отвор в центъра на
вырешната врезка, малко помалък от
диаметъра на вала Втората съвместна
щанца изрязва от вырешната врезка на
статорния диск каналите на ротора и
окончателния отвор на вала .

Схема за щанцоване на статорни (а) и роторни (б) Дискове със
съвместни щанци

Шихтованите магнитни системи — микродвигатели

кции и технологии.

мродвигатели

При първия удар се щанцоват отворите за каналите на ротора, за
вала и два технологични отвора, по края на ивицата за фиксирането и при

агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.
следващите операции, При втория удар се щанцоват отворите за
статорните канали и каналите за притягащите скоби на статорния пакет.
При третия удар се изрязва роторния диск, а при четвъртия - статорния
диск,



Дължината описаната последователната
щанца е четири пъти по-голяма от
дължината на едва съвместна щанца
за статорни и роторни дискове, и два
пъти поголяма от обема на две
съвместни щанци, с които обикновено
се щанцоват роторни и статорни
дискове.

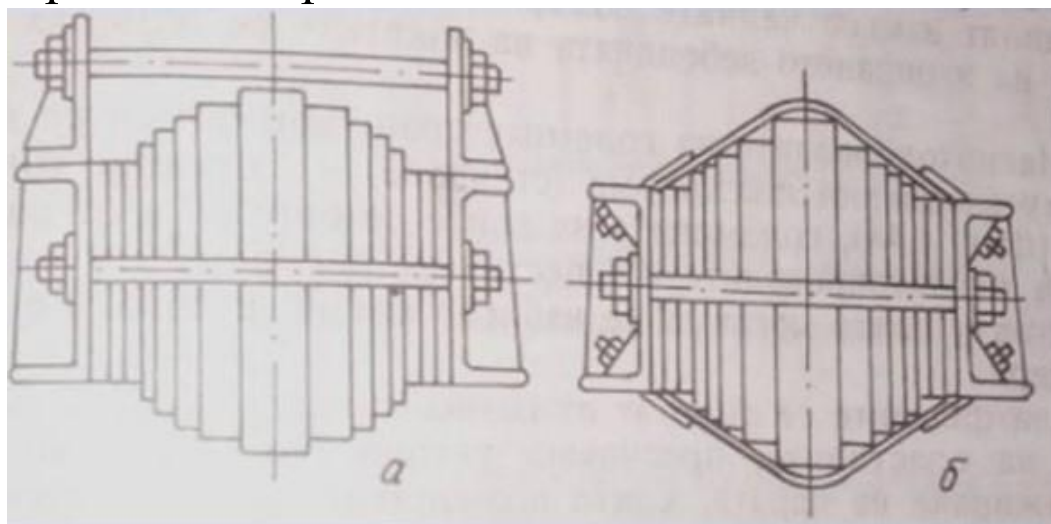
Схема на щанцоване на Дискове на
микроДвигатели с послеДователна щанца

агнитни системи —

конструкции и технологии.

Шихтованите магнитни системи — трансформатори

Магнитопроводите на трансформаторите се изработват в повечето случаи от студеновалцувана анизотропна електротехническа стомана. Характерно за конструкцията на тези магнитопроводи е, че не се допускат притягащи шпилки в ядрата и в яремите. Използват се греди и шпилки, минаващи външно спрямо магнитопровода, както и полубандажи, притягащи яремите външно и по дължината им,



агнитни системи —

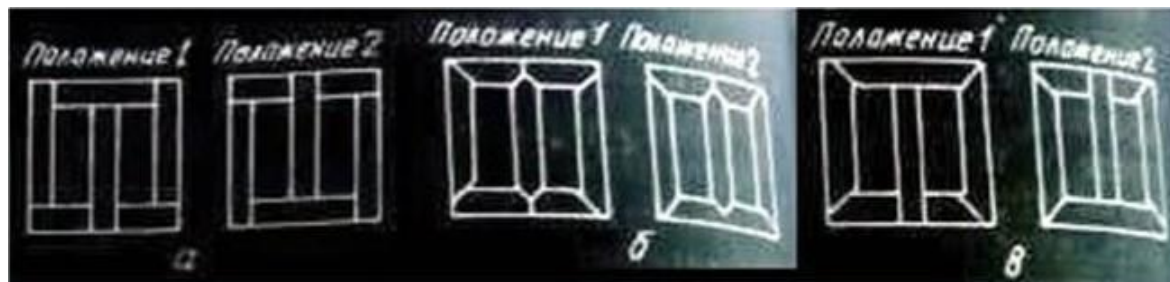
Начини на пресуване на ярема а — с шпики; б
— с полубанДажи,, 10

2.

Магнитни системи — видове, конструкции и технологии.

Шихтованите магнитни системи — трансформатори

Най-доброто използване на свойствата на студеновалцуваната анизотропна електротехническа стомана се осигурява при шихтоването на магнитопровода с коса снадка — схема б, тъй като при нея пътят на магнитния поток съвпада с посока на валцуването и (тоест посоката на потока съвпада с посоката на лекото намагнитване на магнитно мекия материал), Тази технология е най-сложна и трудопоглъщаща, За набирането на пакета на трансформатора в зависимост от мощността му са необходими - един или двама работника, или бригада от 4 до 8 работника.



Схеми на шихтоване на магнитопроводи

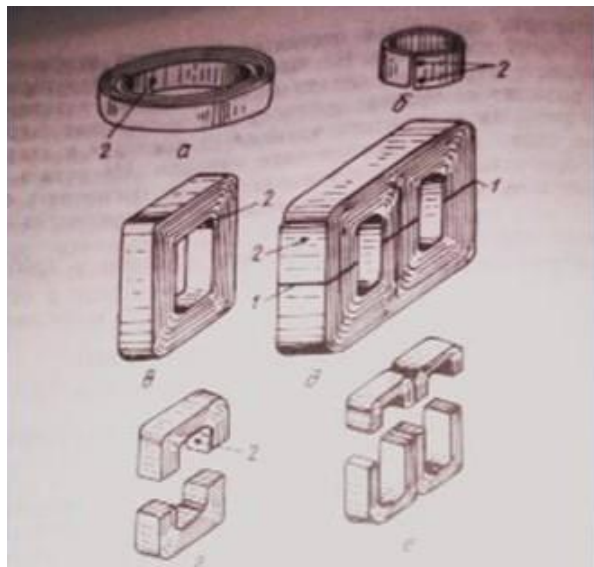
а — с право Допиране; б с косо Допиране в шест ъгъла; в — с косо Допиране в четирѣ ъгъла

Навити магнитни

Навитите магнитни системи магнитни

Те се набират анизотропна електротехническа с шихтованите магнитни системи те имат по-малък разход на стомана, помалки загуби и ток на празен ход, Има две конструкции на навита магнитни системи: неразглобяеми тороидални магнитни система и правоъгълни разрязани магнитни системи,

агнитни системи —



Навити магнитни системи а, б
— тороидални неразглобляемци; в, г —
правоъгълни неразглобляеми и
разрязани;

д, е - Ш — образни разрязани,,

1 — равнина на разрязване

2 — място за закрепване с точково
заваряване 12

агнитни системи —

видове, конструкции и технологии.

Навити магнитни системи

d_l - съншен Диаметър на магнитопровоДа, тпт, • ϕ -
сътпрешен Диаметър на магнитопровоДа, тт, • ϕ -
выпрешен Диаметър на намоткатп навита около
магнитопровоДа, тпт, • височина на магнитопровоДа
(зависи от шпринспа на лентатп), тптп, •

B - Дебетна на магнитопровоДа, шт;

$$4 = k_1 \cdot d^2 \quad h = k_2 \cdot d^2 \quad d_o = k_o \cdot d^2$$

A — - напречно сечение на магнитопровода
 t^2 ос- коефициент на запълване на
намотката;

w — брой навивш на намотката;

Основни Дименсионни размери на тороиоални магнитопровоДи (ЕС 60635:1978/AMD1:1997, DIN 42311)

η_{Fe} - коефициент на запълване на магнитопровода •

l_{fe} - средна дължина на магнитната силова линия, тт. • V_{Fe}

- обем на магнитопровода, ттз,

A_i , - напречно сечение на прозореца на магнитопровода, тт². q —
ефективно напречно сечение на проводника намотката, тт² д-

агнитни системи — ВИДОВЕ, конструкции и технологии.

допустима токова плътност на тока през намотката, A/tt^2 $I_{ш}$ —

номинален ток на дросела, A

I — номинален ток на магнитния ключ. A

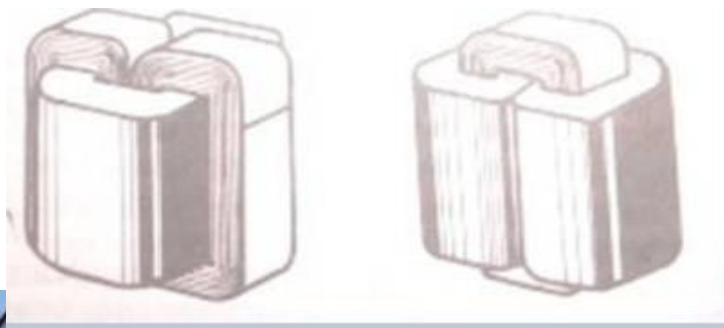
B — максимална стойност на магнитната индукция на материала, T •

Навити магнитни системи - трансформатори

Правоъгълните разрязани магнитни системи се навиват върх дорници с формата на правоъгълник със закръглени ръбове аналогично_ неразглобляемите тороидални магнитни системи. След навиването магнитната система се пресува заедно с дорника в специално приспособление и се термообработва в шахтова лещ, След тази термообработка магнитната система запазва придадената и форма, След това се вкарват слепващи съставки чрез потапяне на системата и се осъществява слепване на магнитните слоеве, следва разрязване с фреза — циркуляр, за утеснение при поставяне на намотките, Срязаните повърхности се залепват наново,

агнитни системи — Навити

магнитни системи

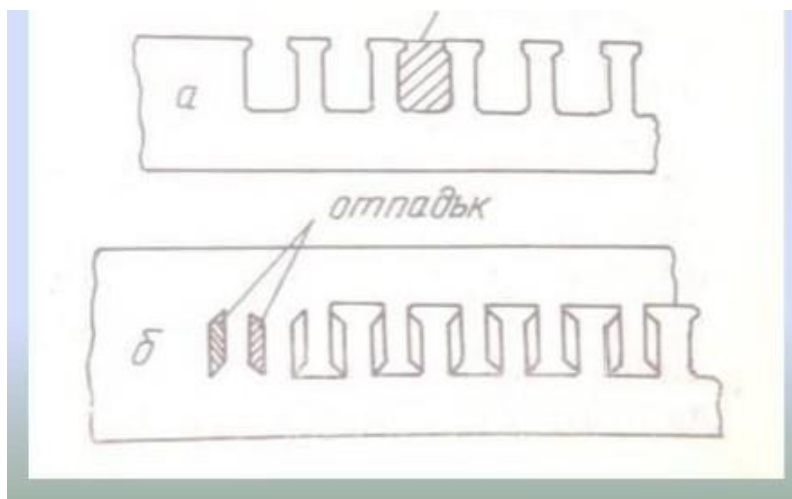


2. Магнитни системи — Навити магнитни системи

Еднофазни трансформатори с разрязани навити магнитопроводи

Класическата конструкция на статорите на значителни загуби на материал, отпадъци от щанцоването на скъпата електротехническа стомана са загубите при навити магнитни системи на статори, В каналите на едната лента са вмъкнати зъбите на другата и така получената лента се навива на ребро като винтова спирали и се получава статорна магнитна система,

агнитни системи — видове, конструкции и технологии.



отпаљк Схема на разкрояване на лента от електротехническа стомана а — еДнореДна; б — вДуреДна с вмъкнати реДове (а каналите на еДната лента са вмъкнати зъбците на Другата)

Магнитни системи — видове, конструкции и технологии.

Навити магнитни системи — статори на електрически машини



Схема на навиване на статори с огъване на ярема а средата межау всеки Два зъба

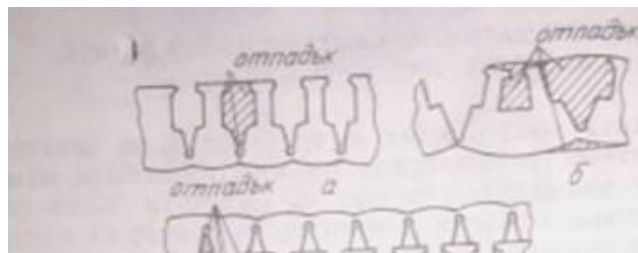
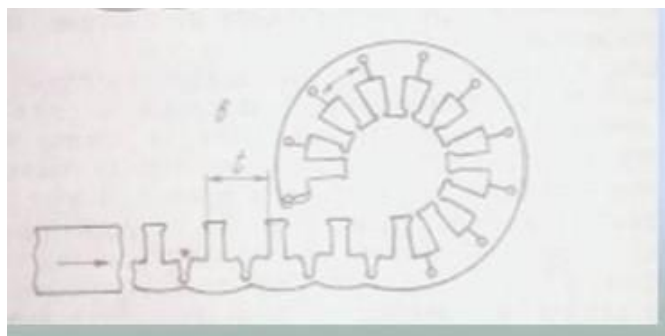


Схема на щанцоване на ленти с Y, WiWiVi технологични изрези в ярема и на



навиване на статори а, б — еДноредна; в - Двуредна; г — навиване на статори,

Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.

Навити магнитни системи – статори на електрически машини

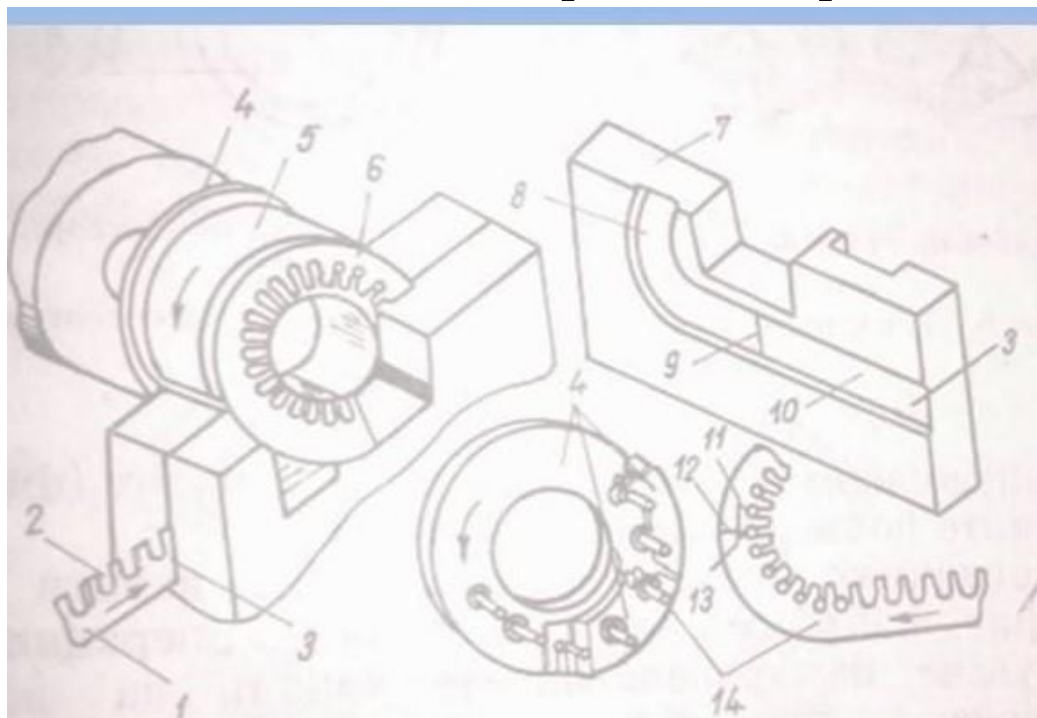


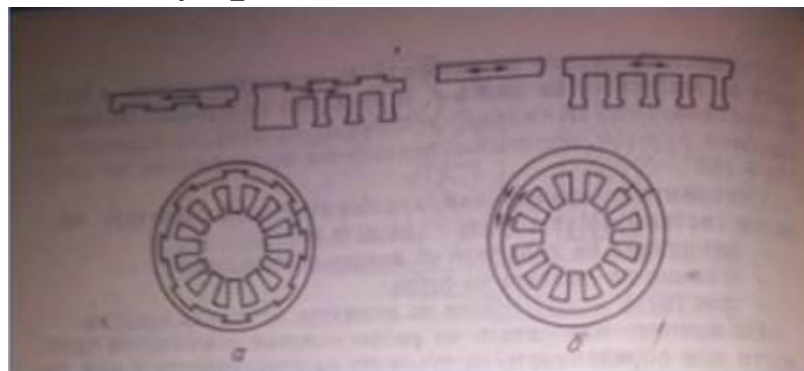
Схема огъващо приспособление за навиване на статори

1 — лента; 2 — канал; 3 — огъващ канал; 4 — Диск; 5 — барабан; 6 — навивана спирала; 7 — притискаща плоча; 8 — Дъгов участък;

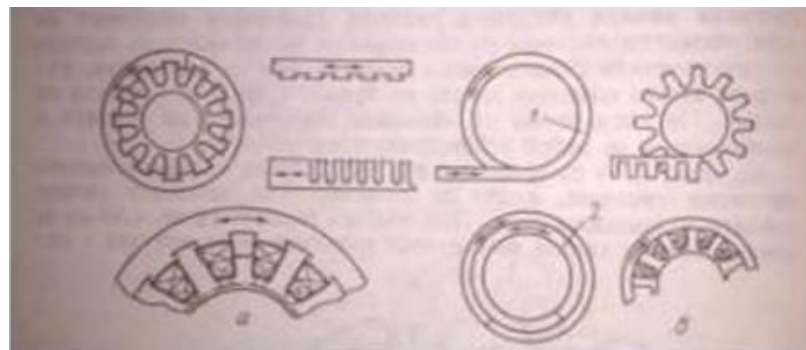
Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.

Навити магнитни системи – статори на електрически машини

9— преходен участък; 10 — прав участък; 11 — зона с Деформация на свиване; 12 — зона с Деформация на разтегляне; 13 — неутрална линия; 14 — палци,



Схеми на съставни магнитни системи на статори



Магнитни системи — видове, конструкции и технологии.

Навити магнитни системи — статори на електрически машини

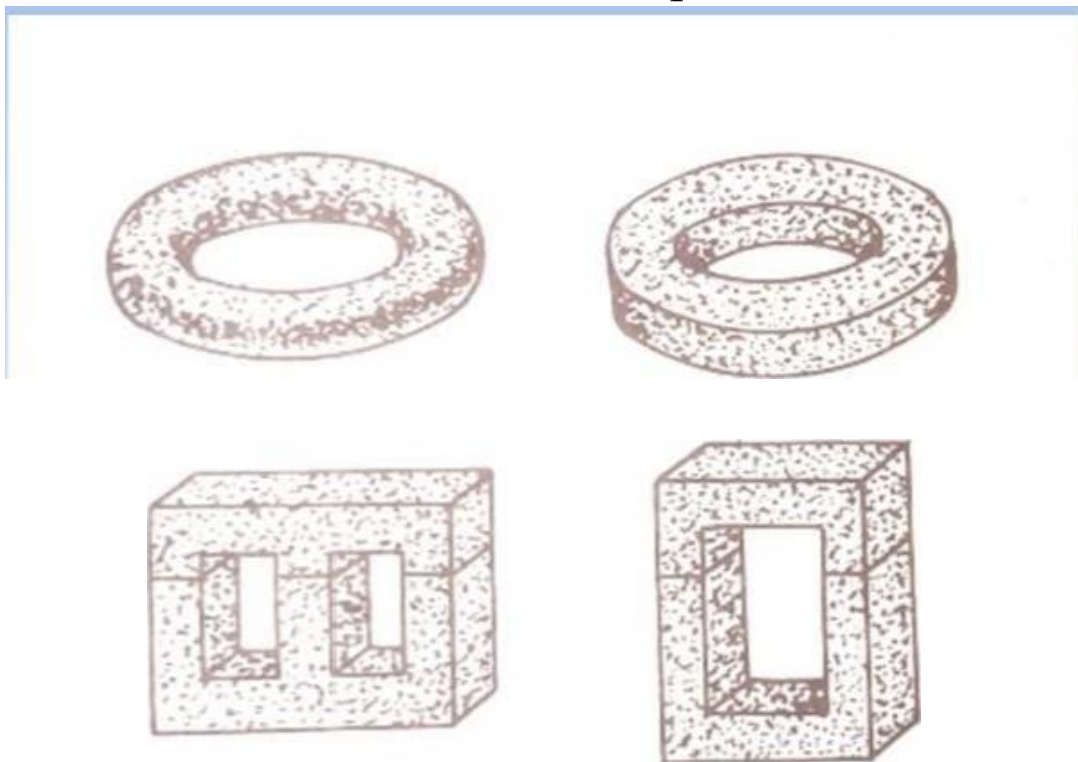
Схеми на съставни магнитни системи на статори

1 — яремна зона, навита от една лента; 2 — яремна зона, навита от

Две ленти

ВИДОВЕ,

Формувани магнитні системи — металокерамічні, от ферити и от магнитодиелектрици



Магнитни системи — видове, конструкции и технологии.

магнитни системи — металокерамични, от ферити и
от магнитодиелектрици

Формувани магнитни системи

Формувани

Металокерамичните магнитни системи се изработват от прахообразни магнитно меки материали чрез пресуване в специални форми и следващо спичане (синтеруване). Те са подходящи за електромагнитни системи за постоянен ток със сложни форми, тъй като се избягват трудопоглъщащите технологични операции на механично обработване и загуба на метал. Могат да се използват и при електромагнитни системи за променлив ток. Изходните материали са железен прах с повишена чистота, желязно — никелови прахове от типа на пермалоя, сплави от вида — Fe — Si — Al или Fe — Ni — Co. Железният прах се смесва с пластификатор - стеролекс (0,396 до 0,596) за около 3 до 4 часа, пресува се при налягане от 500MPa до 700MPa за време

магнитни материали. основни понятия. Класификация и от 2 до 3 секунди и след това формата е придобита, термообработка се при температура 11000С до 11500С за време от 2 до 3 часа - в пещи с водородна атмосфера, Прилага се повторно пресуване при по-високо налягане (800МРа до 1200Мра) и термообработка във водород при по-висока температура

(13000С) за около 20 часа, Така се подобряват магнитните свойства и се повишава плътността на заготовките,

агнитни системи — видове, конструкции

Формувани магнитни системи — металокерамични,

магнитодиелектрици

загубите от хистерезис.

магнитни материали. основни понятия. Класификация и

идове, конструкции и технологии.

магнитни материали. основни понятия. Класификация и

Магнитните системи от — металокерамични, от ферити и от ферити — това са магнитни системи о феромагнитни, на приготвяне на прахове, прибавяне на материали, които се получават при спичане на окисите на желязото и на двувалентните метали - никел, цинк, манган, кадмий, магнезий и др.

Практическо значение имат двойните (съставени от поне два двувалентни метала) и многокомпонентните ферити, Технологията им на изработка е сведена до получаване на твърд разтвор от магнитни и немагнитни окиси, което се извършва в твърда фаза при загряване на температура от 11000С до 14000С, Прибавянето на немагнитен окис към магнитния окис понижава температурата на Кюри на получения твърд разтвор, Известно е, че при температура непосредствено под точката на Кюри материалите увеличават своята магнитна проникемост поради рязко намаление на кристалната анизотропия, Смисълът на прибавянето на немагнитни окиси е получаване на материал с точка на Кюри, която е близо над работната температура на

магнитната система, за да се ползва ефекта с получаване на магнитопровод с висока магнитна проницаемост, . Намалява се магнитострикцията, намалява се коерцитивната сила и . агнитни системи — Формувани магнитни системи

Магнитните системи от изработване

включва:

пластификатора, формуване и Материали за прахове:

- окиси Неру MO , ZnO , MgO , MnO , SiO_2 и др. - хидрати на окисите — $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и др, - соли на соната киселина - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и др,

Пластификатори — парафин, 10% разтвор на поливинилов спирт и др. Формуването и изпичането са подобни на тези, които се ползват при металокерамичните магнитни системи, но при различни нива на налягането и температурата,

магнитни материали. основни понятия. Класификация и

Магнитите системи от магнитодиелектрици — това са магнитна системи от прахообразни феромагнитни материали (основа), частиците на които са изолирани една спрямо друга в магнитно и електрическо отношение от заобикалящия ги диелектрик, служещ и за механична връзка между тях,

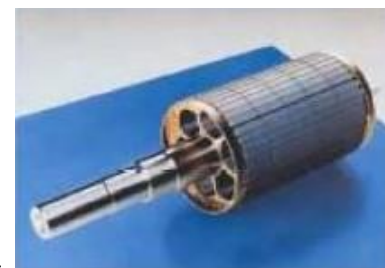
22



МДГНИТНИ МАТЕРИАЛИ. МДГНИТНИ

СИСТЕМИ - ВИДОВЕ, КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ.


Първа част

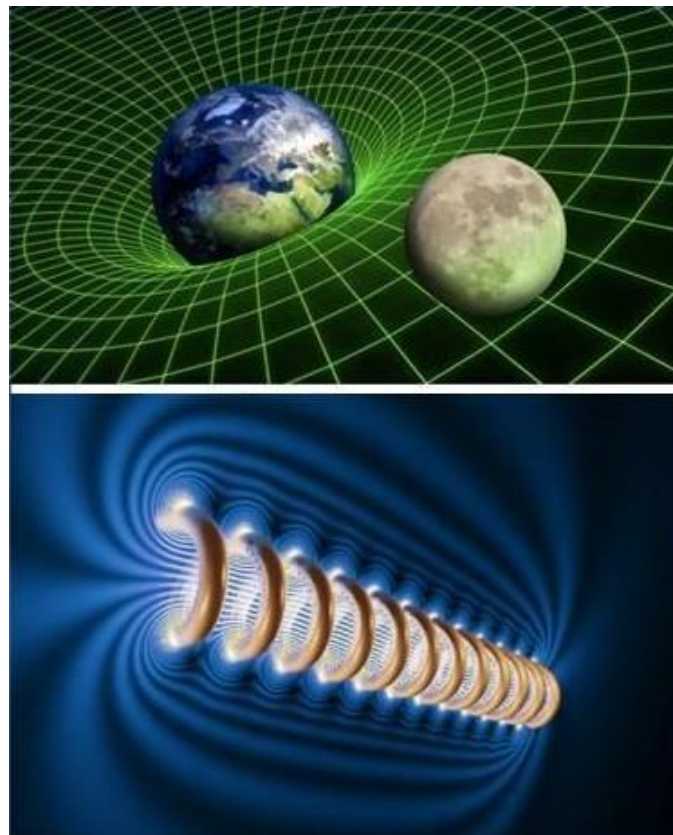
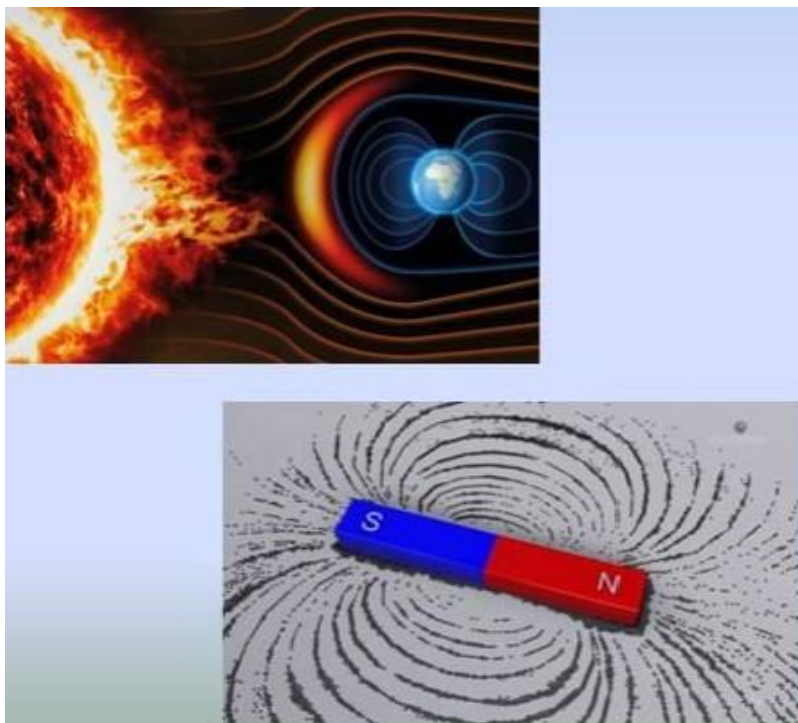


гл. ас. д-р Михаела Славкова

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

магнитни материали. основни понятия. Класификация и ВИДОВЕ ПОЛЕТА

гравитационно;
магнитно;  електрическо и
Др,



1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

МАГНИТНО ПОЛЕ



магнитни материали. основни понятия. Класификация и

1.

Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

В зависимост от начина, по който реагират на приложено
външно

магнитно поле материалите могат да бъдат класифицирани в следните
категории:

Диамагнетици; парамагнетици; феромагнетици;
антиферомагнетици; феримагнетици;

Във външно магнитно поле диамагнетиците се намагнитват в
направление, противоположно на външното поле.

поле домените се намират в състояние на самопроизволно намагнитване и

магнитни материали. основни понятия. Класификация и имат резултатен магнитен момент

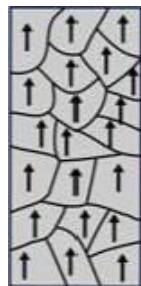
Във външно магнитно поле при парамагнетичите се появява намагнитеност, тоест възниква резултатен магнитен момент, който съвпада по направление с полето. При отсъствие на магнитно поле техният магнитен момент е нула.

Във външно магнитно поле феромагнетичите се намагнитват. Те са с доменна структура и домените се ориентират по направление на полето. Зависимостта на намагнитеността от интензитета на магнитното поле е нееднозначна и при всички температури под точката на Кюри се наблюдава явлението хистерезис. При отсъствие на външно магнитно

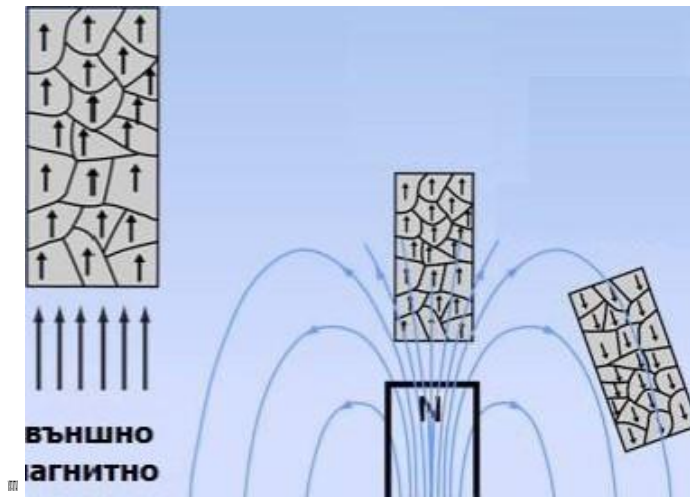
1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.



магнитни домени



външно магнитно поле



доменна

структура



без външно поле приложено е слабо приложено е силно външно поле
поле външно поле

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

В зависимост от начина, по който реагират на приложено външно магнитно поле материалите могат да бъдат класифицирани в следните категории:

Диамагнетици; парамагнетици; феромагнетици;
антиферомагнетици; феримагнетици;

Във външно магнитно поле антиферомагнетиците се намагнитват като магнитните моменти на атомите се ориентират по посока на полето. При отсъствие на външно магнитно поле, магнитните моменти на съседните атоми са насрещно разположени, така че резултатният магнитен момент за домена е равен на нула,,

Във външно магнитно поле феримагнетиците се намагнитват. Както и при феромагнетиците съществува нееднозначна зависимост на намагнитеността от интензитета на магнитното поле. При отсъствие на външно магнитно поле магнитните моменти на атомите са антипаралелни, с различна големина и сумарният магнитен момент е

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

различен от нула. Те са антиферромагнетици с некомпенсиран антиферрсллагнетизыл.

Магнитното поле може да се разглежда самостоятелно само когато е неподвижно и неизменно, т.е. статично или квазистатично (бавноподвижно, бавнопроменливо). Таки ва магнитни полета се създават чрез постоянни магнити или с токови контура, обтичани от постоянни или нискочестотни токове.

Електромагнитното поле е вид материя с непрекъснато разпределение в пространството (електормагнитни выгни), но може да има и дискретно разпределение във вид на частици (фотони). При липсата на гравитационни полета то се разпространява в пустота със скоростта на светлината.

Електромагнитното поле има две прояви, чрез които се открива неговото съществуване - силова и индукционна. Основна физична величина, характеризираща големината на магнитного поле се явява магнитната индукция : B -

Магнитната индукция е вектор, определящ големината и направлението на магнитното поле. Често за онагледяване на магнитного

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

поле се използват векторни линии, наречени индукционна линии или магнитни силови линии.

Тангентата към всяка точка от магнитни силови линии съвпада с посоката на вектора на магнитната индукция. Съгласно принципа на непрекъснатостта индукционните линии са затворени, без да имат начало и край. Тъй като магнитното поле е векторно то може да се въведе понятието поток на вектора на магнитната индукция през някаква повърхност. За разлика от другите потоци магнитния поток Φ е затворен. Връзката между магнитния поток и магнитната индукция се дава с израза:

$$\Phi = \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$$

(5) $d\mathbf{s}$ е вектор, съответстващ на част от повърхността, през която минава магнитния поток. Единицата за магнитен поток Φ е вебер [Wb], а за магнитна индукция B - тесла [T]. Една тесла - 1T - е магнитната индукция, която се получава при преминаване на магнитен поток с големина

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

един вебер - 1Wb през площ, разположена перпендикулярно на магнитния поток, с големина 1m². Магнитният поток е скаларна величина.

Втората съществена величина, с която се оперира при изследването и оценката на магнитните полета е интензитетът на магнитното поле (магнитен интензитет) и Той е векторна величина и характеризира потенциалните възможности на източника на магнитното поле независимо от средата, Измервателната единица за магнитен интензитет е Мт. В пустота, а практически и във въздуха връзката между магнитната индукция и интензитета на магнитното поле се дават с израза:

$$\vec{B}_0 = \mu_0 \cdot \vec{H}, T$$

Магнитна проницаемост на въздуха или магнитната константа се измерва в Н/т и има стойност:

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}, H / m$$

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

Ако магнитното поле с интензитет H действа в среда, способна да се намагнитва (поляризира), самата среда става допълнителен източник на поле с вътрешна H , индукция т.е. в някои среди направлението на линиите на магнитната индукция и интензитета на полето може да не съвпадат,

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

За оценка на връзката между магнитната индукция и интензитета на магнитното поле, се използва по-често понятието относителна магнитна проницаемост μ_r .

$$\mu_r = 1 + \chi = \frac{\mu}{\mu_0}$$

При това връзката между векторите B и H се дава с изрази:

$B = \mu_r \mu_0 H$ одето μ_r е тензор на относителната магнитна проницаемост, Тензори μ_r отчита анизотропните свойства на средата, т.е. нееднаквите магнитни свойства в различните направления, В изотропна среда μ_r е в сила изрази:

$$B = \mu_r \mu_0 H$$

Връзката между намагнитеността, магнитната индукция и интензитета на магнитного поле се дава с изрази:

$$B = \mu_0 (H + M)$$

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

$$\vec{B}_i = \mu_0 \cdot \vec{J}, T$$

Това е поради факта, че средата се характеризира с магнитна възприемчивост χ . Това е характеристика на веществото, чрез която се дефинира способността му под въздействие на външно магнитно поле да създава определена намагнитеност $M(J)$, А/т. За магнитната индукция може да се запише:

$$B = B_0 + B_i,$$

По магнитната възприемчивост се определя магнитното състояние на материалите. Връзката се дава с изрази:

$$\chi = M / H \text{ или } \chi = J / H$$

Тъй като първопричина за възникване на магнитната индукцията B в намагнитваща среда е външното поле с интензитет H , то може да се запише:

$$B = \mu \cdot H$$

Величината характеризира особеностите на намагнитващата среда и се нарича магнитна проницаемост с размерност H/t ,

Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

В зависимост големината и знака на магнитната възприемчивост χ

1.

тоест според способността на материала под въздействие на външно магнитно поле да създава определена намагнитеност $M(J)$, A/m . материалите са:

Диамагнетици; парамагнетици; феромагнетици;
антиферомагнетици; феримагнетици;

Във външно магнитно поле диамагнетиците са с отрицателна магнитна възприемчивост ($\chi < 0$).

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

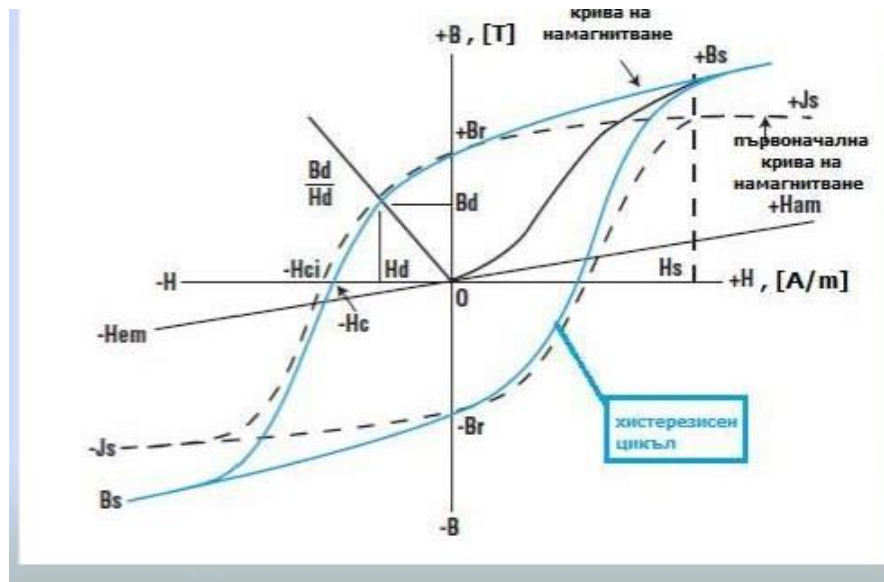
Във външно магтно поле парамагнетиците са с положителна магнитна възприемчивост ($\chi > 0$).

Феромагнетиците, антиферомагнетиците и феримагнетиците са също с положителна стойност на магнитната възприемчивост,

От чистите химически елементи феромагнитни свойства имат елементите от групата на 3d металите - Fe желязо, Co кобалт, Ni никел и групата на 4f металите - Gd гадолиний, Dy диспросий, Tb тербий, Ho холмий, Er ербий, Tm тулий.

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.
1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

В техниката е прието магнитни да се наричат материалите с относителна магнитна проницаемост , значително по-голяма от 1, За целите на инженерната практика в зависимост от типа на хистерезисния цикъл магнитните материали се делят на магнитно меки, магнитно твърди и материали със специално предназначение, имащи сравнително тесни области на приложение,

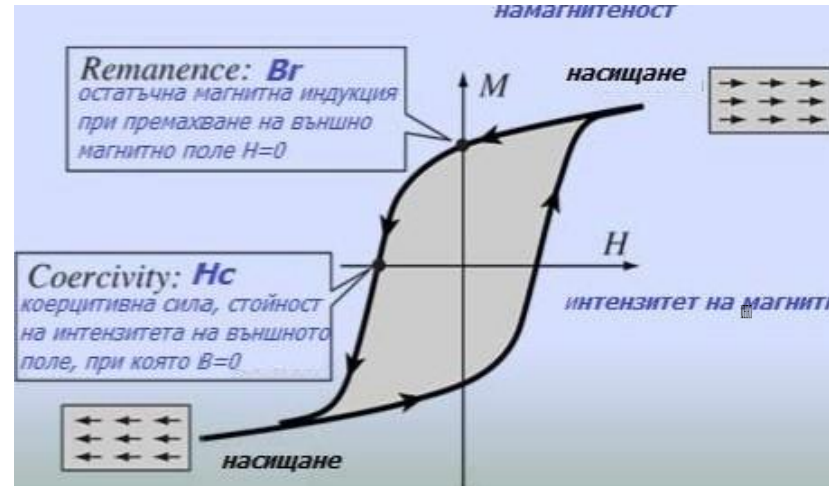


Хистерезисен цикъл



Характерни свойства на магнитно меките материали са високата им магнитна проницаемост и малките загуби от пренамагнитване. Магнитно твърдите материали — тези за постоянни магнети, да са с възможно най-голяма стойност на произведението от интензитета на магнитно поле и магнитната индукция (ΦH), което ще е толкова по-голямо, колкото по-големи са остатъчната магнитна индукция B_r и коерцитивната сила H_c . Разделянето на магнитно меки и магнитно

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

твърди материали става само по отношение на коерцитивната сила H_c и е прието да е 1000 A/T .



1. Mart-1b1THn Marepnann. OCHOBNH nOHRTHR. Knacb1(Pb1KaLVIR n xapaKTepncTMKV1, ppya Ha Mart- MTH0 Meo-1Te Marepnann:

eneKmpomex,quqecEca cmoMOHa;  Fe-
Ni cnaeu;
 Fe-Co cnaeu;


Магнетни материали са:

орфни U HaHOKpucmUIHt/ MernanHt/ cннаeu;
рпна Ha MarHHTHO TBbPAnre Marepnann: 30KaneHt1
cmoeaaHu;

□ d)epumu;

KOM1103U4UOHNU mamepuanu; рпна Ha Mart-
1b1THnre Marepnann cnegnanH0 npeAHa3HaeHHe:

Mamepuanu c npaеot,ebneH хусмеpe3uceH gtlKbn;
мер,uomaeHurnHu;

Магнетни материали са:
Магнетни материали са:  cepbxeucOKoqecmomHt/
сферуми;

16

Според структурата магнитните материали са:

- Кристални това са всички видове електротехнически стомани - сплави на желязо и силиций, желязно - никелови сплави - с висока магнитна проникваемост съдържащи легирани

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

елементи като молибден, хром, манган и др., желязно - кобалтови сплави - с висока магнитна индукция на насищане. • МагнитоДиелектрици и ферити - използват се за повишени и високи честоти

- Аморфни и нанокристални сплави - с некристален строеж, в повечето случаи се получават при бързо охлаждане на стопилка. Нанокристалните се термообработват Допълнително, за да се получи тяхната особена структура - аморфна с кристални зародиши. Тези сплави поради строежа си имат уникални характеристики.

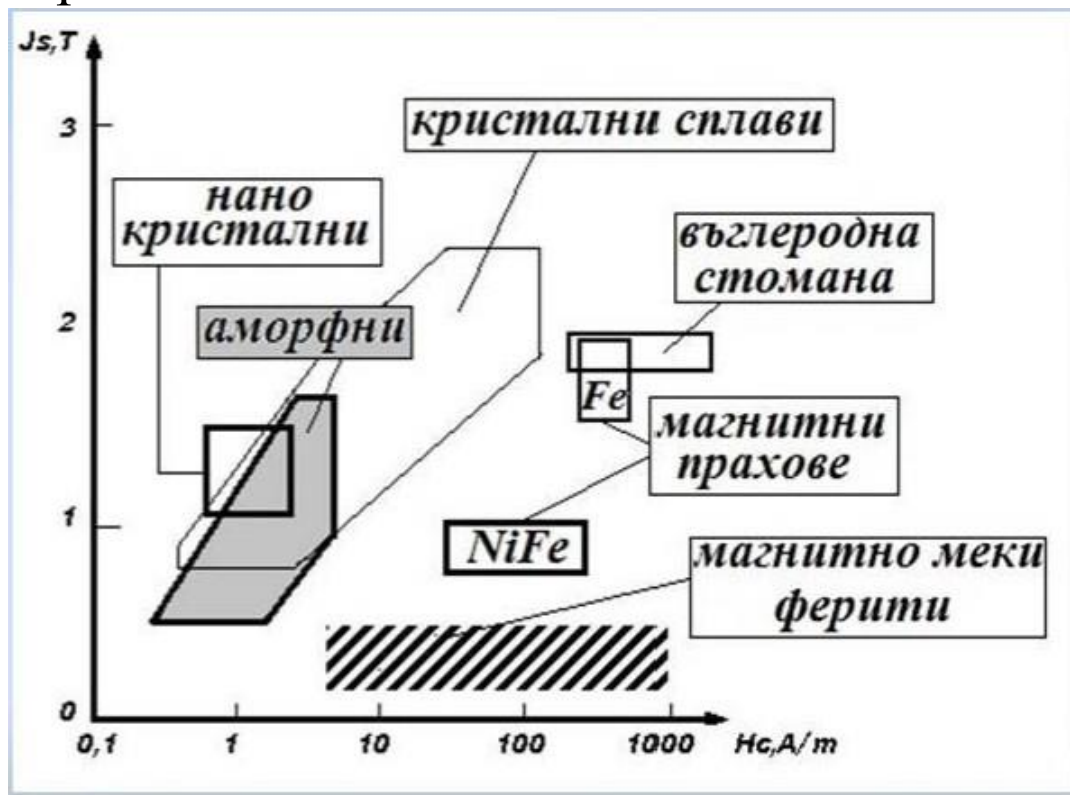
Изборът на материал зависи от предназначението и от изискванията към дросела или трансформатора, работен честотен обхват, геометрични размери, цена и др.

агнитни материали. сновни понятия. и
характеристики.

аси икация

състав на аморфни и нанокристални сплави
ТхМ100хрорхs80) (Т -Ю Со, М) (М-В,С, Ю
v,Nb, та, cr, мо имп

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.



Преглед на характеристиките на магнитно меките материали

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

Електротехнически стомани - сплави на Fe и Si. Силицийт се използва с цел да се намалят загубите от хистерзис като свързва вредните примеси от въглерод и азот. Повишава специфичното електрическо съпротивление, в следствие на което се намаляват и загубите от вихрови токове. Съдържанието на силиций е до 4,596, за да не стане много крехка стоманата, т.е. ограничава се от технологични съображения. Изисквания към този материал :

- Голяма магнитна проницаемост - т.е. при подходящ избор на работната точка може да се получи минимална големина на тока на празен ход;
- Висока магнитна индукция на насищане и линеаризирана магнитна крива $B_s = 2,2T$;
- Минимални загуби от хистерезис и вихрови токове - в каталозите се дават специфични загуби при 50Hz и при определена магнитна индукция - или T.

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

Електротехнически стомани - при пластична деформация в резултат на студено валцуване се получават включително високи магнитни свойства по направление на изтеглянето - текстурована стомана. Електротехническата стомана от този тип е анизотропна т.е. има различни характеристики по различните кристалографски направления.

По направление на валцуването - ос на леко намагнитване характеристиките и са по -добри. Има и електротехническа стомана с кубична текстура - с по -добри характеристики, но по направление перпеникулярно на посоката на валцуване. Важен е и въпросът с безшумната работа на дросела или трансформатора.

Поради наличието на магнитострикционен ефект може да възникне шум при работата им т.е предпочитат се материали с нулева магнитострикция.

Желязно - никелови сплави - пермалой - съдържание на Ni от 3596 до 8596 - с висока магнитна проницаемост. Начална магнитна

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

проницаемост $\mu = 50\,000$ ВГО, 8Т. Необходима е термична обработка за подобряване на магнитните им свойства, която се извършва след като материалы се щанцова. Сврхпермалой

$$\mu_{\max} = 100000 = 10^5.$$

Пермендюр - ВГ2,5Т, 5096Со, 1,896V и Ее. Перминвар - Ее - М сплав легирана с Со. След като се термообработи има много нисък интензитет, но $g = \text{const.}$ до $H = 240\text{А/т}$,

Магнитодиелектрици притежават трикомпонентна структура; прахообразен магнитномек материал (най-често карбонилно желязо или пермалой на люспи), прахообразен диелектрик (пълнител) и слепващо вещество (най-често фенол формалдехидна смола).

Отделните зърна на прахообразния магнитно мек материал (сплав на желязо с алуминий, силиций и др.) са изолирани едно от друго.

Сместа се пресува в желаната форма и се изпича при ниски температури.

Магнитодиелектрици - изпичането при високи температури силно влошава механичните качества на композицията -

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

магнитопроводът става крехък и трошлив. Имат високо електрическо съпротивление и сравнително ниски загуби. Магнитодиелектриците се използват в честотен обхват от 10 КНД до 200 МНz т.е. не се използват при ниски честоти. Имат много ниска магнитна проницаемост ($\mu_i = 5 \div 25$), но тя слабо се влияе от температурата, а процесът на стареене е незначителен.

Феритите са еднокомпонентни материали - в структурата си не съдържат пълнители и слепващи вещества, но в химично отношение са нееднородни. Те са химически съединения от вида $M.O.Fe_2O_3$ като М - е двувалентен метал като барий, мед, цинк, магнезий, манган, никел, кобалт и др. За производството се използва керамична технология - пресуван магнитопровод с разнообразна форма. Прахообразната структура на феритния материал се смесва с дестилирана вода, пресува се и се изпича в подходяща газова среда при високи температури ($1100^\circ C \div 1400^\circ C$).

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

След изпичането феритите добиват плътна хомогенна структура с хомогенен кристален строеж. Те са твърди и крехки и не подлежат на механична обработка, но може да се шлифват и полират. Голямото разнообразие на метални окиси, които могат да участвуват в различни комбинации при изработването на ферити, позволява създаването на широка гама феритни материали с разнообразни параметри. Те могат да са магнитно меки или магнитно твърди материали имат високо специфично електрическо съпротивлени $10+10^9 \Omega \cdot m$, което обуславя и ниските им загуби от вихрови токове и 000 до 20000 . Магнитно меките ферити могат да се използват при:

ниски честоти - 0,2 до 2 МН; високи
честоти 20 до 300 МНг; свръхвисоки
честоти над 10 GHz;

Има ферити и с правоъгълен хистерезисен цикъл. Феритите се характеризират с ниска индукция на насищане ВГО,45Т и ниска магитна проникваемост- Имат ниска температура на Кюри.

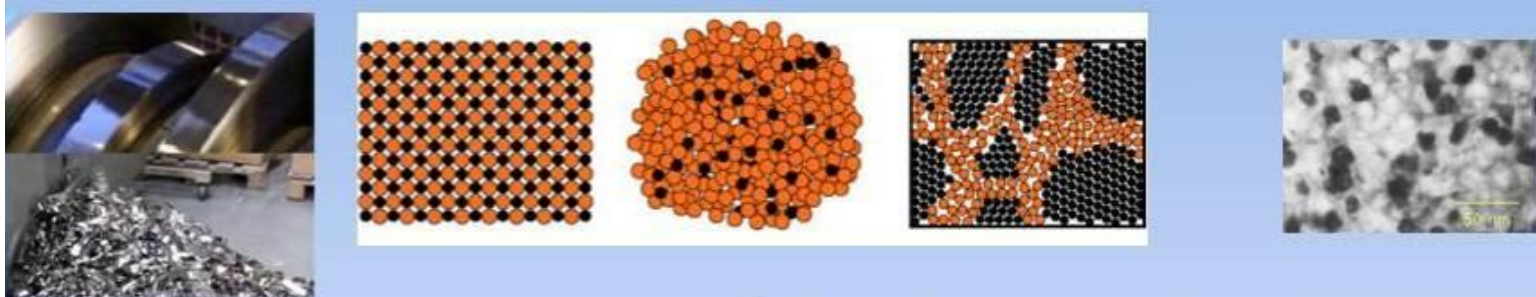
1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

Аморфни и нанокристални сплави - Получават се при бързо втвърдяване на стопилка с висока скорост на охлаждане 10^6 K/sec. При това кристалите се оказват в положение, което са заемали в течно състояние и "замръзват". Структурата на сплавта е аморфна, а те са анизотропни. Аморфните сплави са известни и под наименованието метални стъкла. Те могат да бъдат получени и по друг начин чрез синтероване или като магнетодиелектрици. Характерно за тях е, че подобряват свойствата си след термообработка след получаването им. Могат да са с линеен тип Е, правоъгълен тип или тип R цикъл.

Нанокристалните сплави се получават като се приложи термообработка до температура над тази на кристализация на сплавта и под тази на Кюри. Получават се кристални зародищи, чийто размер е много по-голям в сравнение с хаотично разположените кристалчета в останалата аморфната структура. Характеристиките на нанокристалните сплави са относително линейни. В зависимост от

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

състава си аморфните сплави се делят на сплави на желязна, никелова или кобалтова основа.



кристални аморфни нанокристални нанокристални

- thin ribbon ($d \sim 20$ μm)
- high electrical resistivity
- mechanically hard
- magnetically soft

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

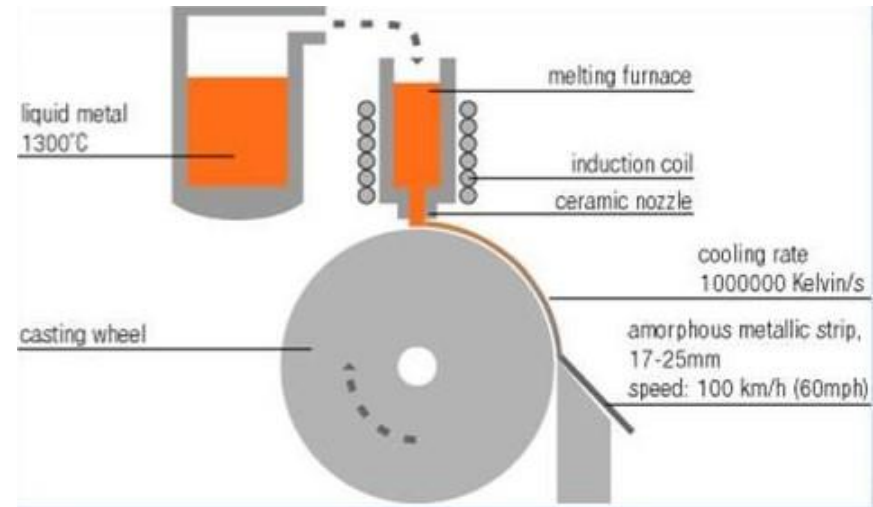
T70-8415-30

(at%)

T = Fe, Co, Ni ...

M: Si, B, C, Mn, Mo

...



Сплави на лсезна (Fe) основа

$Fe(Si, B)$ $B_s(1,5T-1,8T)$ Asz30.lt6

Тези сплави представляват особен интерес като материали за трансформатори работещи при мрежова и средна честота.



Сплави на кобипова (Co) основа

Co $B_s(0,7T-1,2T)$ $\lambda_s \approx 0$ $\mu_i \approx 100,000$

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

С тези материали могат да бъдат получени особено добре изразени правоъгълен и линеен хистерезисен цикъл, (3 сравнение с останалите аморфни и кристални сплави).



Сплави на основа никел-лселязо (Ni-Fe)

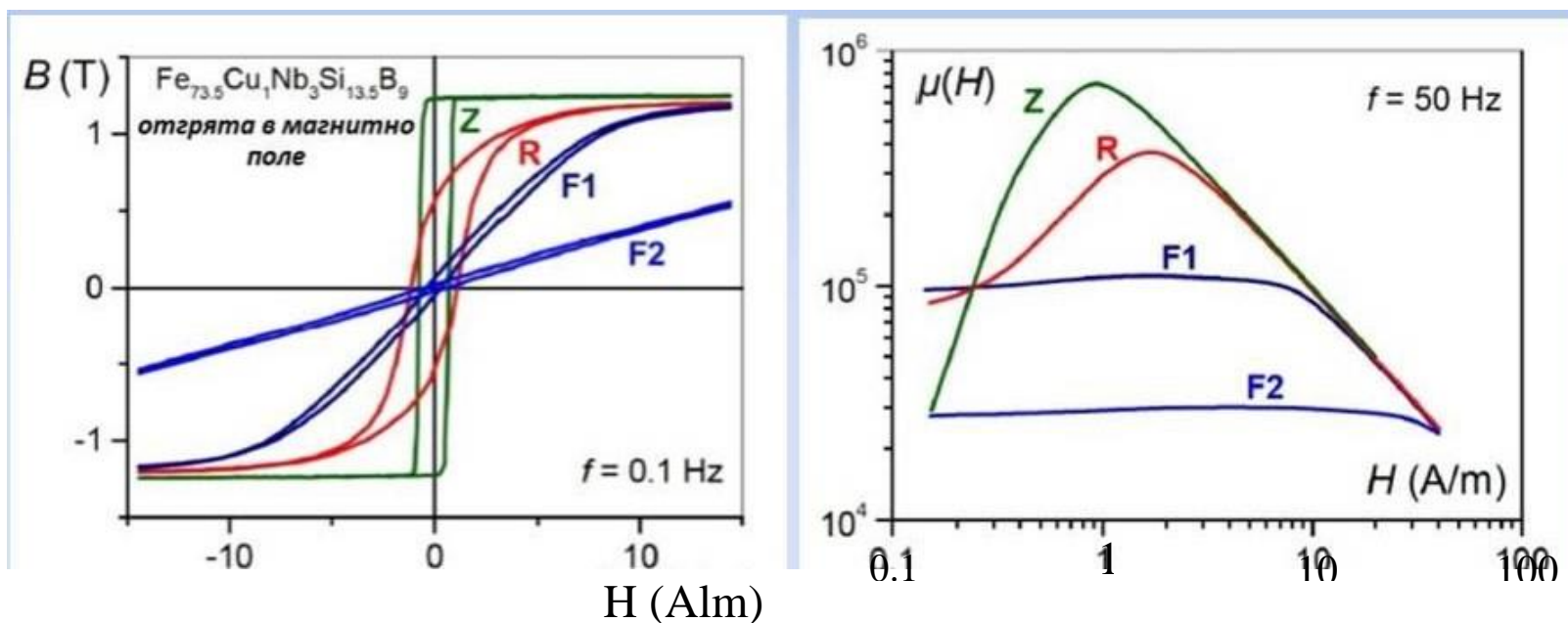
$Fe_{40}Ni_{40}(Si,B)_{20}$ вхо,8Т) Asz30.1C6 000

Поради много Добрите си магнитоеластични характеристики тези

материали могат да бъдат използвани като сензори на магнитоеластични Деформации.

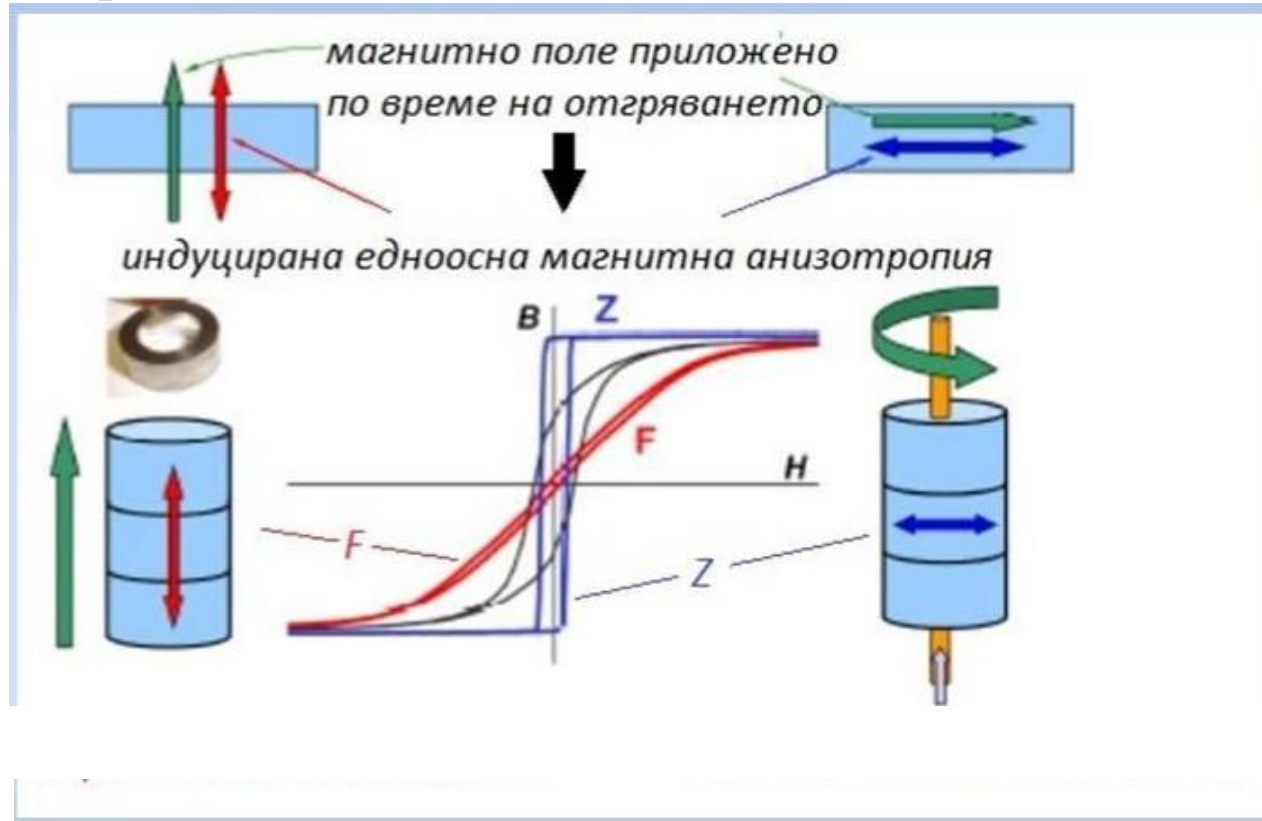
- 1, Магнитни материали, Основни понятия, **Класификация** на характерните.

9CHO L13разеи муи На хистерезисHL19 UUKbf1



Тупое хистерезису UUKf7U муи Z, муи F и муи R. **$B(H)$** и въз.можност за промяна на типа на хистерезисния ЦИК“БЛ,•

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

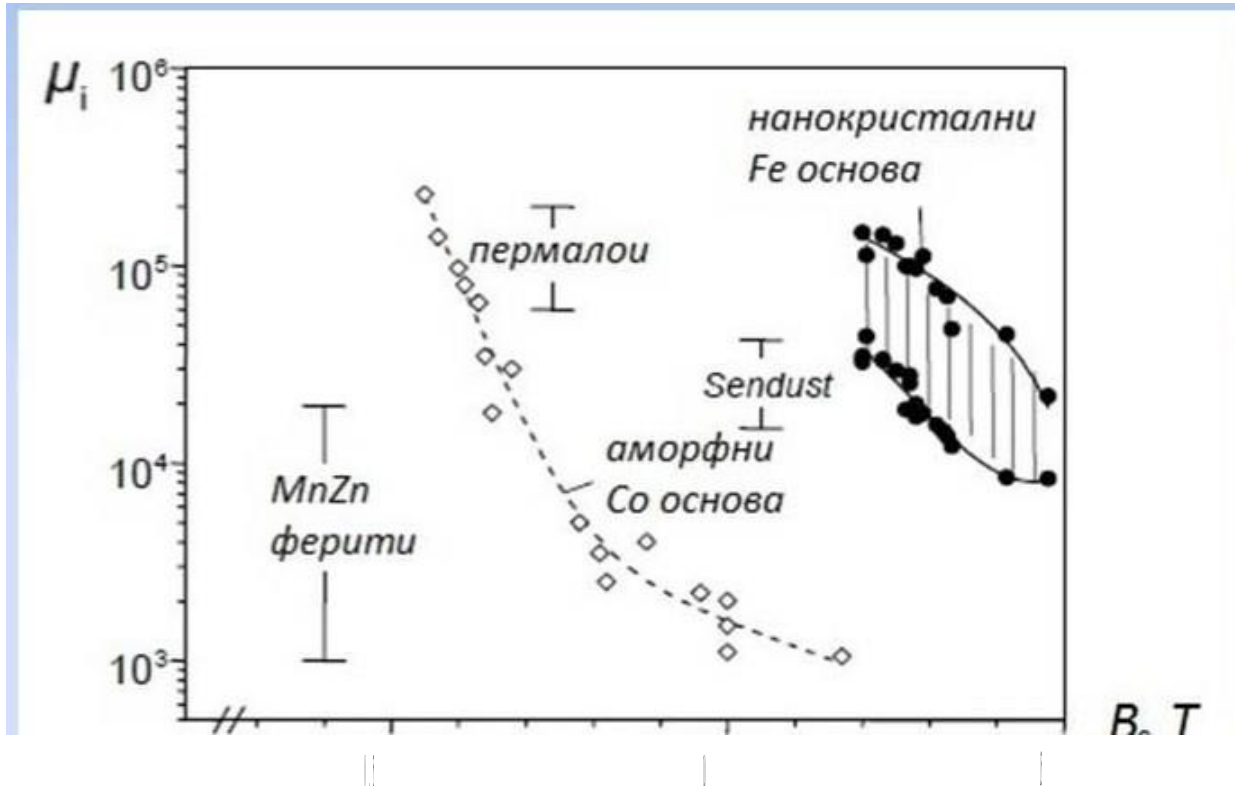


напречно магнитно поле - F наДължно магнитно поле - Z

Термообработка и термомагнитна обработка

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

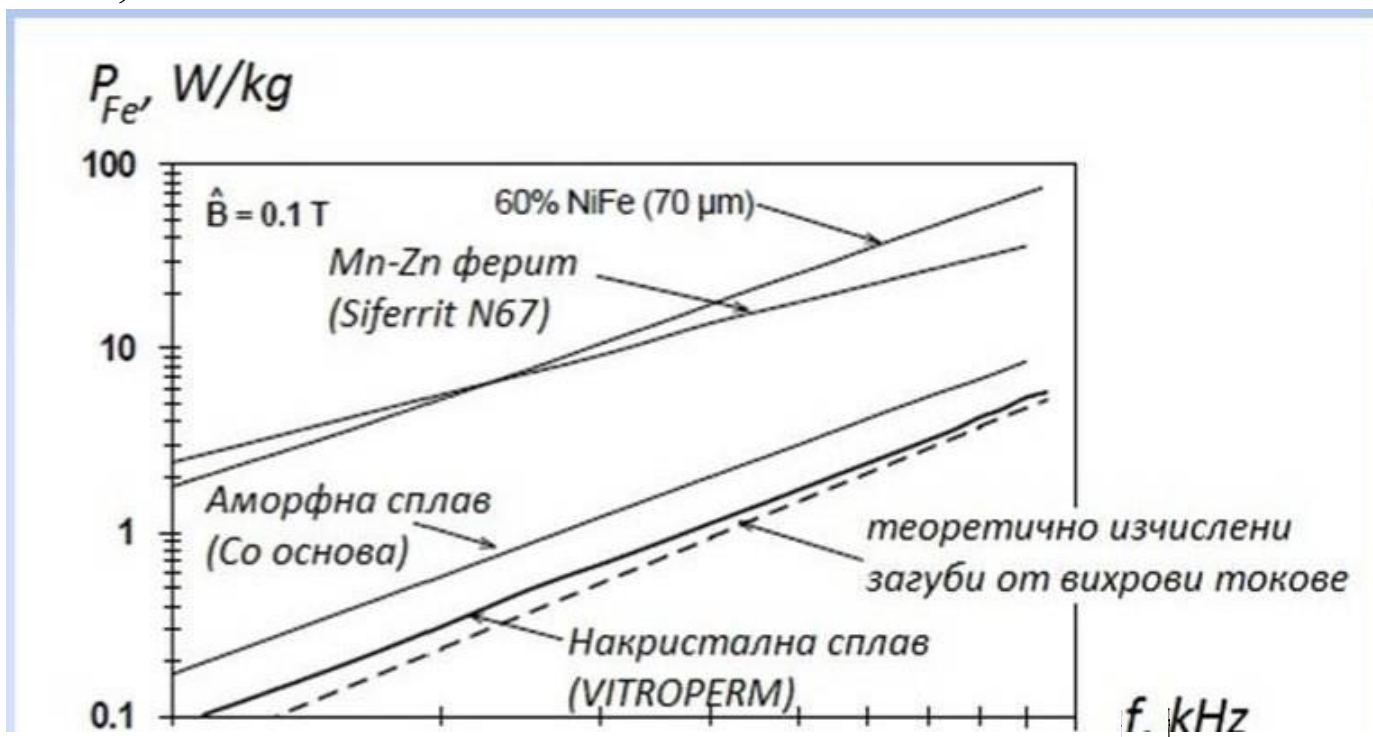
висока магнитна проницаемост;



1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

Начална магнитна проникваемост в зависимост от магнитната индукция

■ ниски загуби от хистерезис и вихрови токове, в широк честотен Диапазон;



1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

10

20

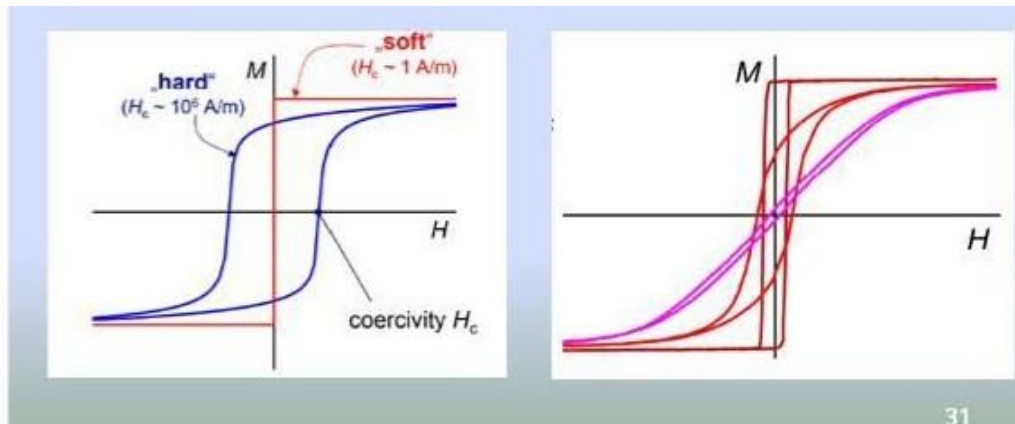
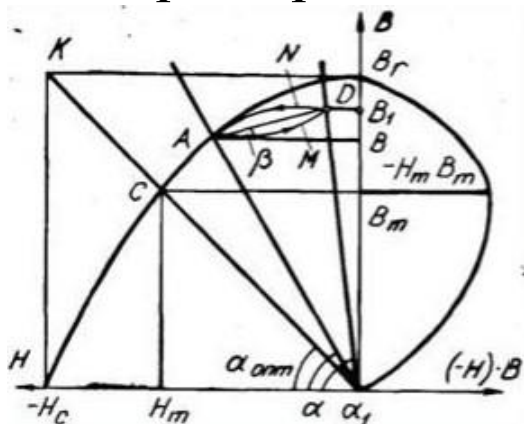
50

100

Сравнение на загубите на различни материали

Постоянните магнити са изработени от феромагнитни материали с широк хистерзисен цикъл, познати още като магнитнотвърди материали. Те се характеризират с висока остатъчна магнитна индукция и съхраняват намагнитеността си в продължение на дълго време. Постоянните магнити се използват като автономни (неизползващи енергия) източници на магнитно поле. Независимо от формата, постоянните магнити имат два магнитни полюса северен магнитен полюс (ГМ) и южен магнитен полюс. Ако се разреже магнита на две части, ще се получат два нови магнита и всеки от тях ще има два полюса, като обяснение за това е микроструктурата на магнитния материал, съдържаща поляризирани магнитни домени.

1. Магнитни материали. Основни понятия. Класификация и характеристики.

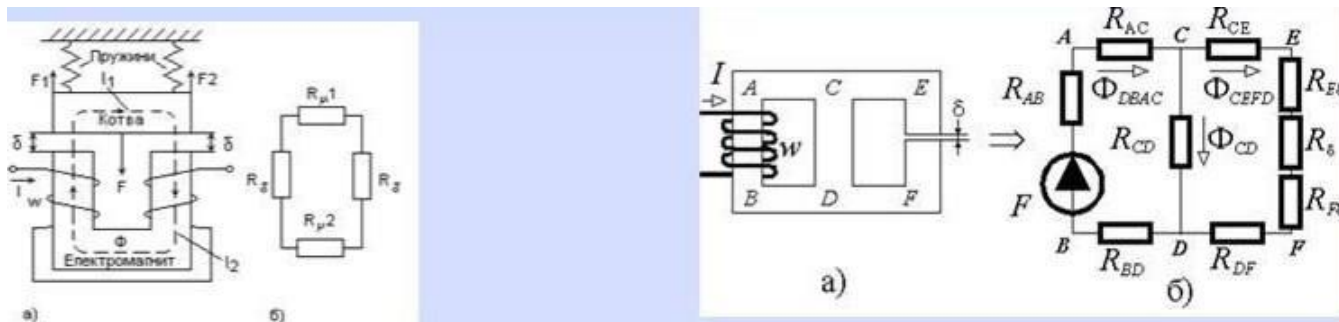


31

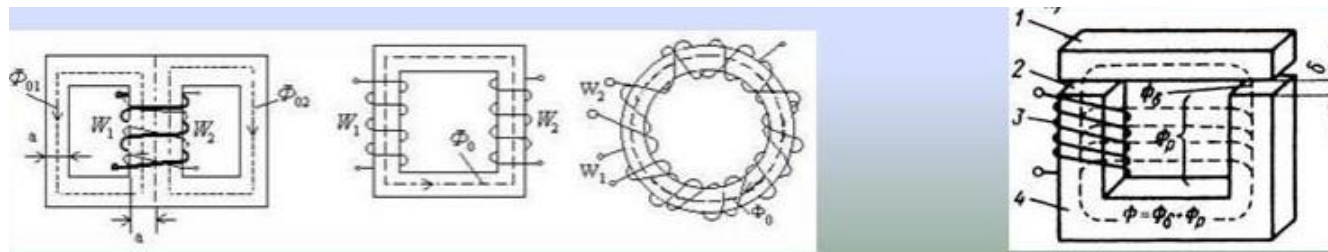
Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.

2.

Магнитните вериги са схемно отражение на реални магнитни системи и съдържат източник на магнитодвижещо напрежение — м.д.нъ., който представлява възбудителна намотка или постоянен магнит. Едни магнитни системи са съставени от феромагнитни среди и въздушни участъци, други само от феромагнитни среди, а трети само от въздушна среда. Ако системата е без въздушни междини, то тогава тя е затворена магнитна система. ОБЩИЯТ магнитен поток преминава изцяло през магнитопровода.

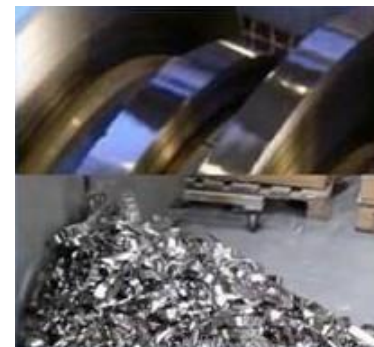


2. Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.



Магнитните системи на електрическите машини и апарати са системите от детайли или детайли и выли, образуващи магнитни вериги, през които се затварят магнитните потоци. По конструктивни и технологични белези магнитните системи са: о масивни, о шихтован и, о навити, о формувани о системи с постоянни магнити,

Масивните магнитни системи се използват най-често в електрическите апарати за постоянен ток.



Шихтованите магнитни системи намират приложение като статорни и роторни пакети на електрическите машини, като магнитопроводи на трансформаторите и като магнитни системи на електрическите апарати за променлив ток — контактори, електромагнити, релета и др.

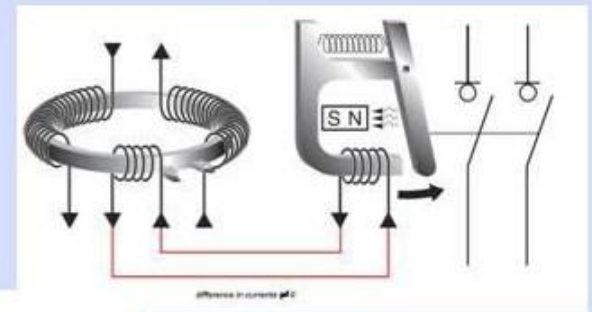
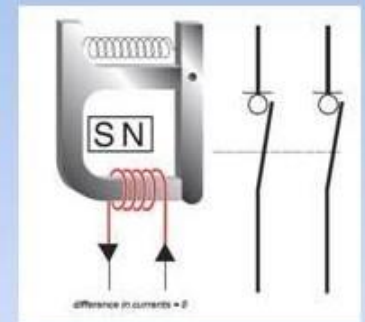
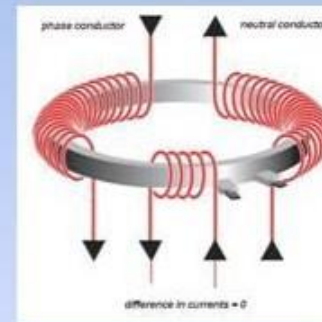
2. Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.

трансформатори, магнитни усилватели и някои специални

Навитите магнитни системи са най-подходящи за измервателни
Формуваните магнитни системи се използват в електрическите машини и
апарати, работещи при повишени и високи честоти, Магнитните системи
с постоянни магнити намират приложение в поляризованите

2. Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.

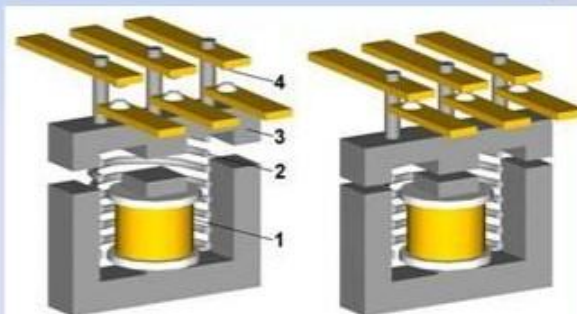
релета и др.



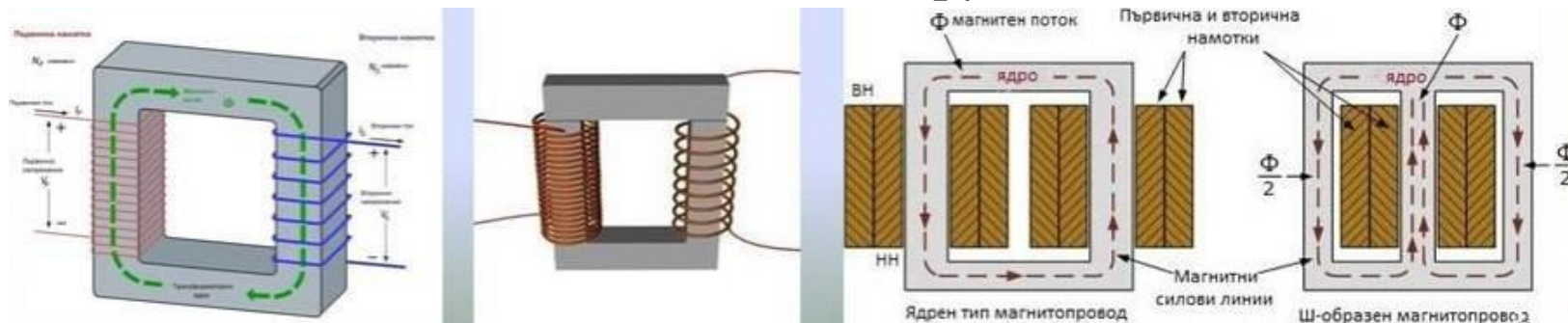
34

релета и др.

2. Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.



2. Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.



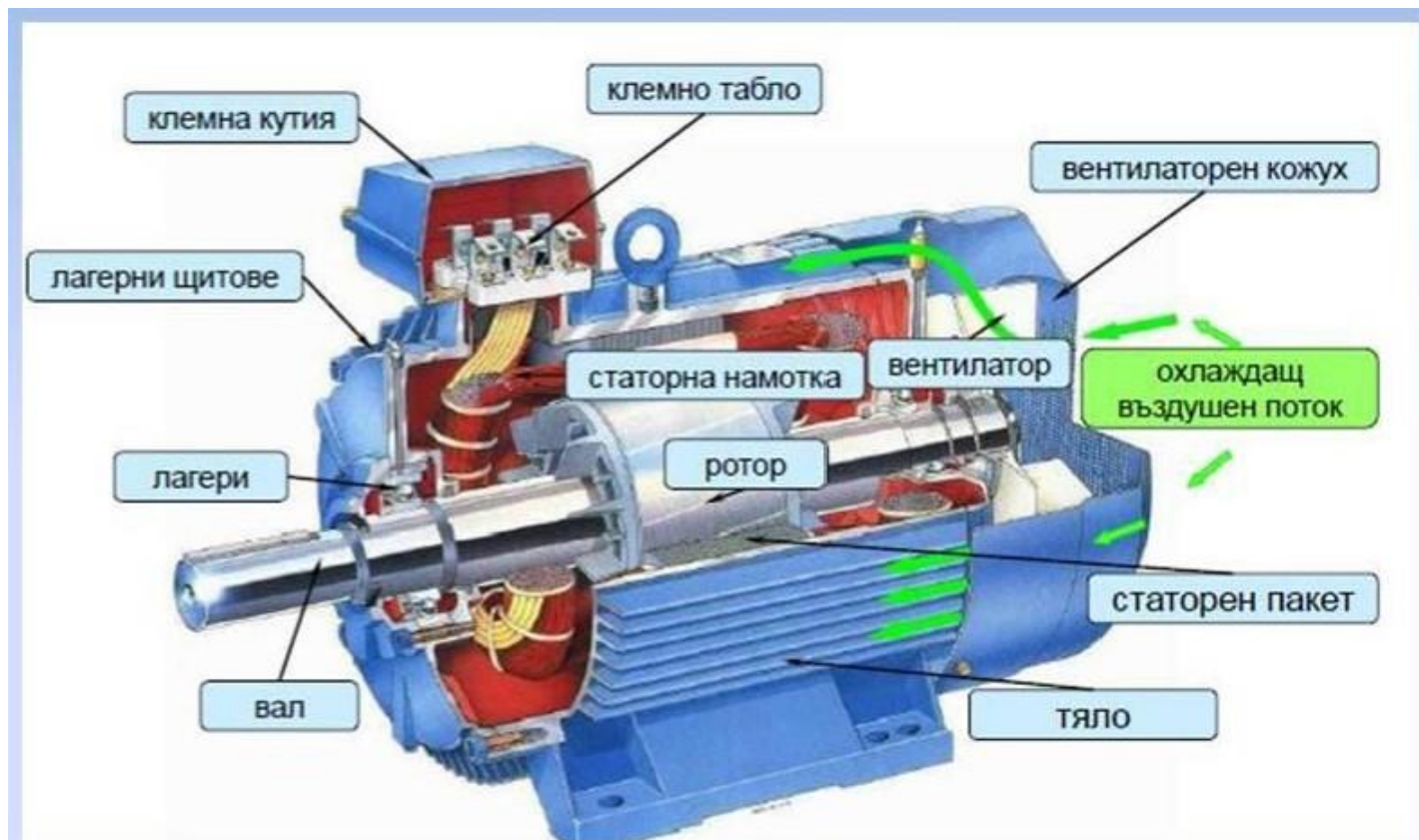
2. Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.



Елементи на трифазния автоматичен прекъсвач: 1 – ръчка за вкъчване и
Елементи на прифазния автоматичен прекъсвач: —ръчка за вкъчване и
„вход“; 4 – дъгогасителна камера; 5 – скоба за монтаж; 6 – клемна
„изход“; 7 – биметална пластина; 8 – бобина на електромагнита.

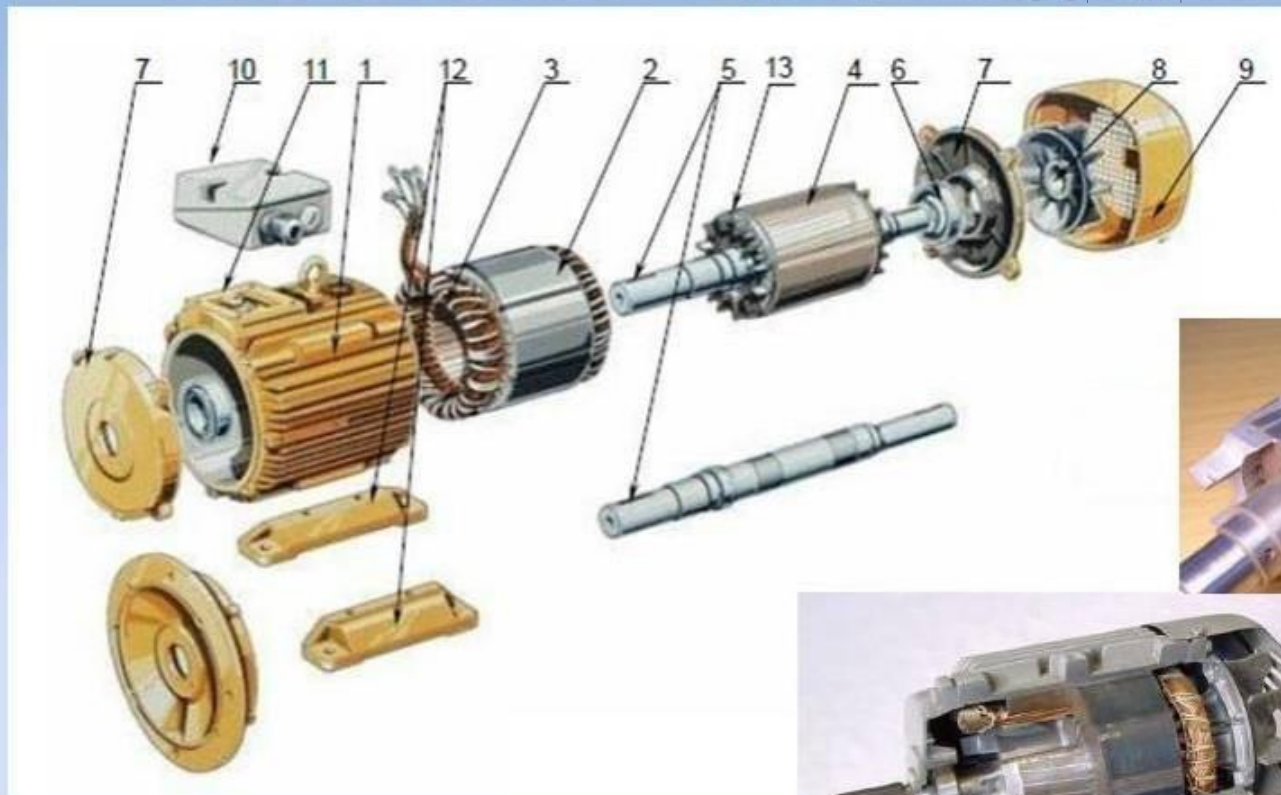
2. Магнитни системи и технологии.

изключване; 2 — контактна система; 3 — клемна



2. Магнитни системи видове, конструкции и технологии.

2. Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.



агнитни видове, конструкции
Щанцови

Щанцоването е сред водещите промишленни технологии за обработка на листов метал, чрез които могат да бъдат произвеждани плоски и пространствени детайли комплексна форма., [То своята СЪЩНОСТ това е метод за изработка на метално изделие посредством комбинация от формоизменящи и разделителни операции., при които се ЛЪВЪРША пластична деформация на материала в студено състояние чрез огъване., усукване и изтегляне., пресоване и т.н. Обработваният материал се отделя ИЗЦЯЛО или частично от металния ЛИСТ посредством изрязване, пробиване и др. В зависимост от технологията и оборудването отделената част от метала може да бъде готовото изделие или отпаден материал. В производствата с среден до висок обем щанцоването се налага като рентабилна технология за бързо и ефективно и прецизно рязане и формоване на метал.,

За целта се използват щанцови МАШИНИ, плът преоса, които са оборудвани със специални инструменти, наречени щанци., Те се

агнитни системи — Щанцови

машини

СЪОТОВАТ от матрица и поансон и навлизат определена сила в ЛИСТОВИЯ метал, за да създадат отвор или дадена деформация В съвременните цехове най-често се срещат автоматизирани СИСТЕМИ ЦПУ прут коло обработката се ИЗВЪРШВА на базата на предварително зададена програма-



Магнитни системи видове, конструкции и технологии.

Щанцови машини



40

Магнитни системи – видове, конструкции и технологии.

Щанцови машини

развитието на технологиите по посока дигитализацията се разширяват функциите и възможностите на модерните машини и центри. Новостите при автоматизираните системи и щанцоване с ЦПУ в контекста на четвъртата промишлена революция включват подобрени концепции за производителност както и иновации при софтуера за управление, които правят

агнитни системи — Щанцови машини

процеса по-интуитивену високопроизводителен и надежден,, Все попопулярни стават системите за лазерно рязане и щанцоване,, колто съчетават преимуществата на тези две доказана технологии и същевременно компенсират слабите им страни цел постигане на оптимална производителност,,

Налични технологии

Щанцоването намира широко приложение в различна индустрии поради възможността за серийно производство на голямо количество изделия със сравнително ниска себестойност,, Подобно на други типове конвенционални металоорежущи машини щанц преси могат да изработват детайли множество отвори, Гравитират при тежко олипсване на термично взаимодействие метала, което елиминира рисковете от нежеланото му деформиране,, както и липсата на стружки чрез които се губят сравнително големи количества метал,,

агнитни системи — видове, конструкции Щанцови машини Налични технологии

и технологии.

В резултат от щанцоването се получават детаПпи о точна размери и вуроко ка-ество на повърхностпте,, Сред факторите,, коло ограничават ИЗПОЛЗВаНеТО на метода,, е дебелината на ЛИСТОВИЯ материал- При ПО-ПЛЪТНИТе листове машина за лазерно рязане например би осигурила висока произвщителност э съчетанле отлична скорост и прецизност на работа

Лазерите обаче не могат да ИЭВЪРЩЭТ механична обработка (например огъванеу резбонарязване л т което често е необходимо за получаване на максимално близко до крайното изделие,,

И макар лазерпте л щанц пресле да се считат э взаимозаменяемиу аналогична технологии, все по-често з практиката принципите им на работа се обединяват э търсене на максимина продуктивност

агнитни системи — видове, конструкции

Щанцови машини Налични технологии

Комбинираните системи за лазерно рязане и щанцоване не налагат извършване на вторична операции върху обработвания детайл,, а смяната между отрезните и формовъчните операции е бърза,, автоматизирана и не изисква ЧОВЕШКА намеса или преместване на заготовките на различни работни станции-

42

и технологии.

За тънки ПЛОЧИ с дебелина от порядъка на 9,5 и повече мм,, обикновено е необходима Машинна капацитет 45 — 50 тона,, а такъв принципно може да осигури само една хидравлична или механична преса- Сервоуправляемите модели все пак остават сред най-търсените решения в сегмента поради изключително високата си ефективност Щанц машините със сервоадвижване и електронно управление могат автоматично да регулират хода си на базата на обработвания материал

агнитни системи — ВИДОВЕ, КОНСТРУКЦИИ

Щанцови машини Налични технологии

л използваната инструментална екипировка,, като се считат за специализирано решение за формован— тъй като позволяват прецизна настройка на височината на заготовката Съвременните модели механични щанц преси често също могат да разполагат модерна електронна система за управление Търсят се прости и икономични решения, които същевременно комбинират различна комплексна процесиу позволяват рентабилно серийно производство,, високо качество на готовата продукция, а за допълнение — икономия на пространство в цеха- Производителите все по-често избягват СЛОЖНИ системи,, които изискват трудо- и времеоемка конфигурация, по-малко пазарно зареждане и разтоварване и налагат местене на обработваните заготовки на различни работни станции,,

агнитни системи — видове, конструкции

Щанцови машини Налични технологии

агнитни системи — видове, конструкции и технологии.

щанцови машини . Налични технологии

е по търсени стават комбинираните системи за лазерно
щанцоване, които съчетават предимствата на двете
и, елиминирайки недостатъците им. Доскоро обработката на

листов метал налагаше избор между един от двата типа системи, който се определяше до голяма степен от типа метал, неговата дебелина, плътност и необходимото качество на параметрите на желаното готово изделие.

Въвеждането на лазерните машини в металообработката — първо моделите СО: източник, а после тем фибролазер, първоначално разклати пазара на щанцови машини в тази криза трая повече от десетилетие. Но след края на този негативен за продажбите на щанцови преси период последва нов изход на технологията, предимно в съчетание с други обработващи операции като резбонарязване, формоване — огъване, маркиране и др.

агнитни системи — видове, конструкции

Щанцови машини Налични технологии

Комплексното им изпълнение стана възможно благодарение на високоефективните комбинирани обработващи центри ЦПУ които са все по-популярни в съвременната практика

и технологии.

При машините със сервоуправление вместо с хидравлично задвижване се елиминира нуждата от използване на масла и се редуцира консумацията на енергия с цел оптимизиране на общата производствена ефективност. При по-новите модели на пазара смяната на инструментите е със 7096 по-бърза от тази при конвенционалните револверни щанцови машини. Възможността всеки инструмент да се завърта от 00 до 3600, включително тези в мултифункционалните инструментални глави, допълнително оптимизира ефективността,,

Щанцоването носи много предимства и затова и се превръща във все по-предпочитана технология сред производителите,, Едно от

агнитни системи — видове, конструкции

Щанцови машини Налични технологии

предимствата на технологията е факты, че няма окисление на найгорният слой на материала. Създадените детайли посредством щанцоване се характеризират с прецизна изработка. Изделията имат много точни размери и минимално наличие на повърхостни грапавини. Овен това, при щанцоването значително са намалени разходите за метал и няма образуване на стружки при изработката. Още едно от предимствата на щанцоването е отсъствието на нагряване на материала.

Магнитни системи – видове, конструкции

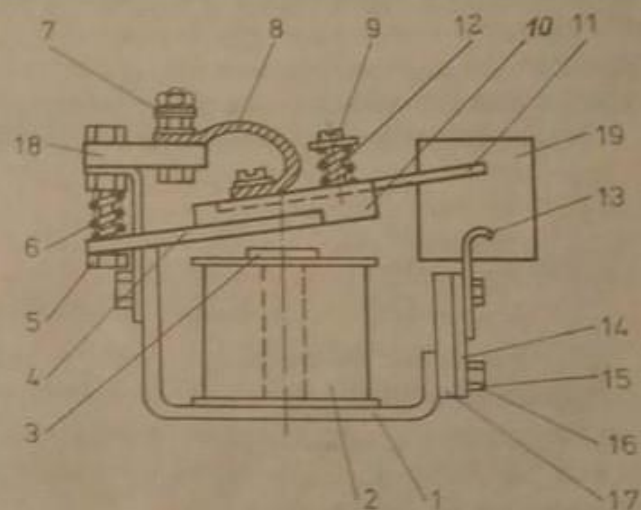
2.

и технологии.

Масивните магнитни системи се състоят от ядро, ярем и подвижна котва»
На ядрото се поставя намотката, а през ярема се затваря магнитната верига, Ядрото се стругова от стомана с крыло напречно сечение. Яремы може да е с П – образна или Г- образна форма. Той се изработва от електротехническа стомана на ленти или листове с дебелина от 2 до 6 мм чрез студено валцуване,, Технологията с състои от следните операции — отрязване на заготовката, огъване, пробиване на отвори, нарязване на резби, шлифование на допирните повърхности с котвата и ядрото. Котвата се изработва от шинна или листова стомана. Може и да се отлее от стомана или чугун, ако апаратът е за по-голяма мощносте

Принципна конструктивна схема на контактор

1 – неподвижен магнетопровод с ядро; 2 – възбудителна намотка; 3 – полисен накрайник; 4 – котва; 5 – винт за регулиране на врищателната пружина; 6, 7 – клемма; 8 – гъвкава тоководеща връзка; 9 – контактни пружина; 10 – контактоносач; 11 – подвижно контактно тило; 12 – ос; 13 – неподвижно контактно тило; 14 – твърда тоководеща връзка; 15 – винт; 16 – клемма; 17, 18 – изолационни детайли; 19 – камера за засене на гъзата



агнитни системи — видове, конструкции и технологии.

Магнитни системи — видове, конструкции

сивните магнитни системи подлежат на термообработка с цел на магнитните им характеристики. Това става в пещи в защитна температура от 850 до 9000С за 20 до 30 min плато и след това се Ако дебелината на листовите е малка, а щанците са добри не е термична обработка,

Шихтовани магнитни системи — изработват се от отделни пластини или дискове от електротехническа стомана, Съставът, свойствата и означенията на различните видове електротехническа

стомана са дадени в каталожните данни на производителите,, За електрическите машини се ползват дискове и сегменти от електротехническа стомана за изработване на статорните и роторни пакети на електрическите машини,, За магнитопроводите на големите силови трансформаторите се ползват правоъълни пластини, а Ш — образни и П-образна пластини се ползват за контактори, електомагнити и релета, Г — образни и затворени Ш-образни за магнитопроводи на специални трансформатори,,

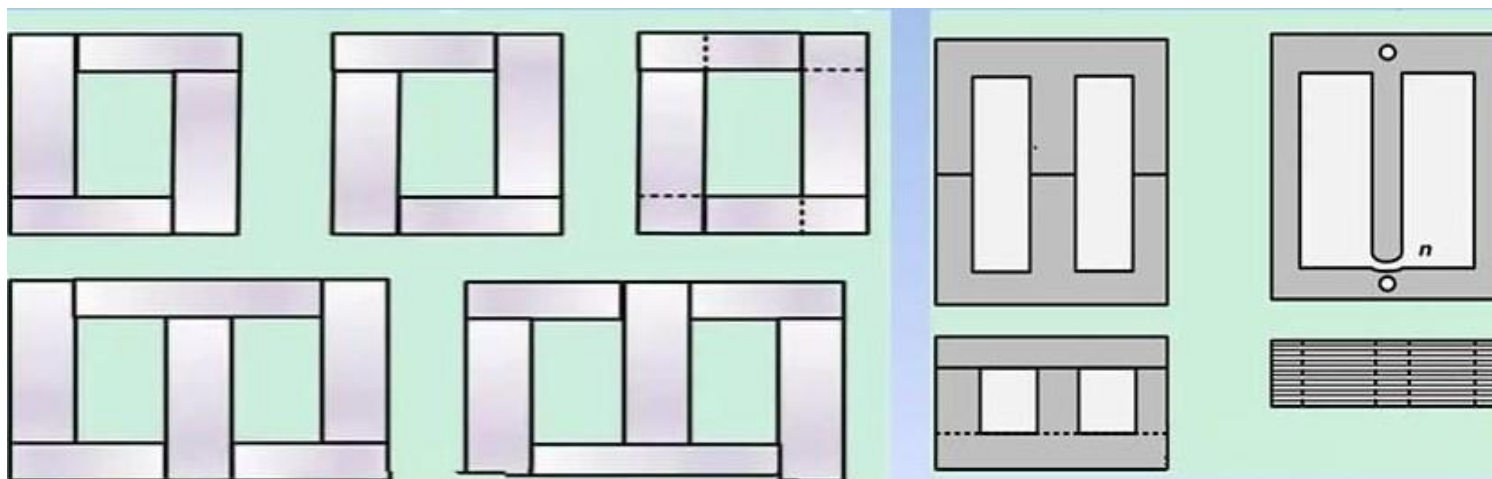
Листовите от електротехническа стомана се нарязват на заготовки с гилотинни ножици — най-напред надлъжно по дължината на листа, а след това напречно. Отворите за притягащите шпилки се щанцуват (многопоансонна щанца), Спазва се правилото при рязането на листовите коефициента на използване на материала да много висок, В някои случаи това налага първо

е напречно изрязване на листовете. Може от един лист да се получат пластини с различна дължина и ширина — комбинирано разкрояване,,

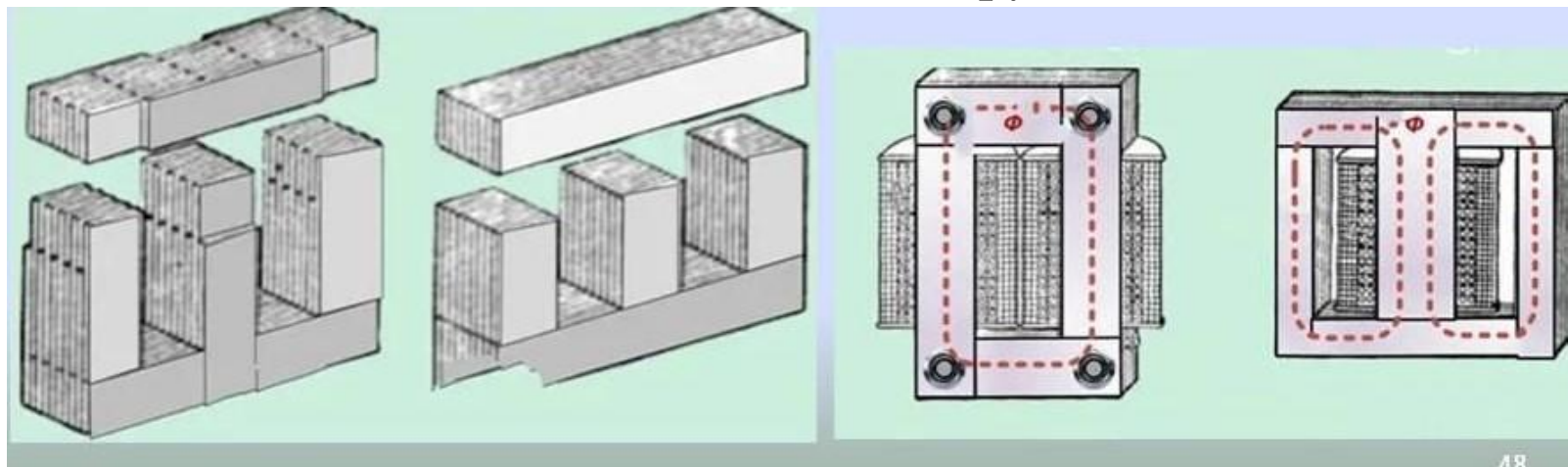
2.

и технологии.

Шихтовани магнитни системи



Магнитні системи – види, конструкції



48

агнитни системи — идове, конструкции и технологии.

Шихтовани магнитни системи — по-икономично, с по-голяма производителност и с по-добър образ за автоматизация е рязането на правоъгълни пластини от рула електротехническа стомана. Материалите се нарязва с многодискови ножици с дължина, при което се получават на няколко рула с широчина, равна на широчината на пластините. Може да това има дефекти при транспорта и елиминира като се предвидят от двете страни ивици за изрязване с ширина от 7 до 10 тт. Напречното нарязване може да е право или под ъгъл от 45°, Извършва се с щанци,

Шихтовани магнитни системи — дискови пластини — едноредно право разкрояване като може да се приложи и двуредно шахматно или многоредно — при малки диаметри. Трябва да се остави разстояние между дисковете за —добавка за щанцуване — 5 до 7 тт при ръчно подаване и 2 до 3 тт машинно автоматизирано. При това щанцуване има външни и външни отпадъци, които генерират загуби на материал, но те не зависят от типа на разкрояване. Използват се канални щанци за щанцуване на каналите на ротора, статора или котвата — един по един. Шанцуването

агнитни системи —

става на канална автоматична преса, която след всеки удар завърта заготовката на едно канално деление,

Шихтовани магнитни

Мощността на пресата

Тези щанци се поради

ниската им

Следните операции се

1. Изрязване на външния контур на статорния лист и на отвора за вала със съвместна щанца,

2, Пробиване на канали на статора с канална щанца.

3. Отделяне на роторния от статорния лист с крыла еднооперационна щанца,,

4. Пробиване на канали на ротора с канална щанца,,

При щанцуване на котвените дискове с канална щанца са необходими само две операции:

1. Изрязване на външния контур и на отвора а вала със съвместна щанца.

2. Пробиване на каналите с канална щанца.

ф

идове, конструкции и технологии.

- съншен Диаметър на магнитопровос)а, тпт,•
- сътпрешен Диаметър на магнитопровоДа, тт,•
- выпрешен Диаметър на намоткатп навита около магнитопровоДа, тптп,•
- височина на магнитопровоДа (зависи от шпринспа на лентатп), тптп,•
- Дебетна на магнитопровоДа, шт;

агнитни системи —
Навити магнитни системи

e; Ъ

$4 = k_1 \cdot d^2$ $h = k_2 \cdot d^2$ $do = k_0 \cdot d^2$

A— - напречно сечение на магнитопровода,

тт²

оси- коэффициент на запълване на намотката;

w — брой навивш на намотката;

Основни Димензионни размери на тороиоални магнитопроводи (ЕС
60635:1978/AMD1:1997, DIN 42311)

η_{Fe} - коэффициент на запълване на магнитопровода;

l_{fe} - средна дължина на магнитната СИЛОВА линия, тт. •

V_{Fe} - обем на магнитопровода, ттз,

A_i , - напречно сечение на прозореца на магнитопровода, тт². q —

ефективно напречно сечение на проводника намотката, тт² д-

допустима токова плътност на тока през намотката, А/тт² $I_{ш}$ —

номинален ток на дросела, А

I — номинален ток на магнитния ключ. А

B_t — максимална стойност на магнитната индукция на материала, Т; B_m

агнитни системи —

конструкции и технологии.