

**FAN:**

# Qayta ishlashda elektrotexnologiyalar

**MAVZU**

**Qishloq xo‘jaligida elektr  
isitish uskunalari.  
Induktsion va dielektrik  
qizitish usullari.**

 Yusupov Sharofiddin  
Bo‘ronovich

 Elektrotexnologiya va elektr uskunalari  
ekspluatatsiyasi kafedrasi katta o‘qituvchisi



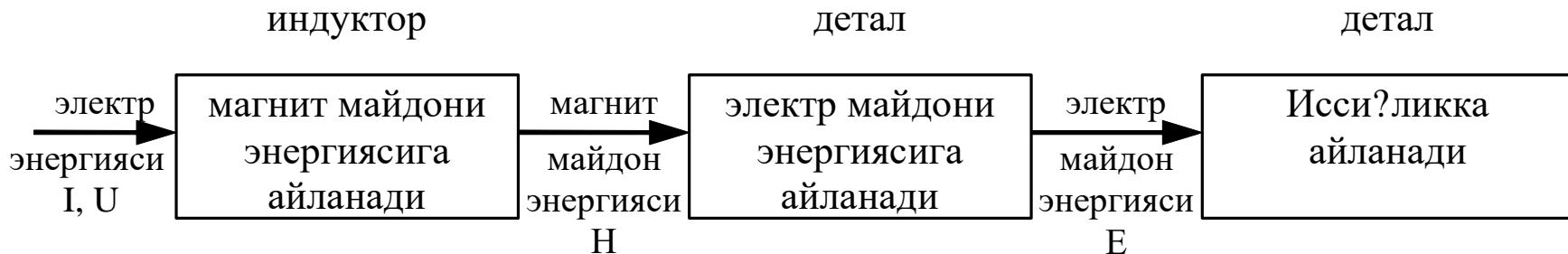
## *Маъруза машгулотининг мақсади:*

**Индукцион қизитиш усулиниң физик  
моҳияти, хусусиятлари, кўлланиш  
соҳалари, қизитиш ускуналари ҳисоби  
тўғрисида кўникма ҳосил қилиш.**

**Режа:**

- 1. Индукцион қизитишининг  
хусусиятлари ва қўлланиш  
соҳалари.**
- 2. Асосий физик ва энергетик  
конуниятлари.**
- 3. Ускуналарни танлаш.**

**Индукцион қизитиш** ток ўтказувчан жисмларнинг электромагнит майдонида уорма токларини индукциялаш хисобига қизишидири.



Металларни индукцион қизитиш икки физик қонунларга асосланган:

1. Фарадей-Максвел электромагнит индукцияси қонуни
2. Жоул-Ленц қонунларига.

Металл жисмлар ўзгарувчан магнит майдонига жойлаштирилади ва уларда уормали электр майдони хосил бўлади. ЭЮК индукцияси магнит майдонининг ўзгариш тезлиги билан аникланади:

$$e = -\partial \phi / \partial t$$

Индукцион қизитишининг принципиал схемаси қуидагида:  
индуктор, ҳаво оралиғи ва қиздириладиган детал.

Индуктор қиздирилаган деталга таъсир қилувчи вақт бўйича  
ўзгарувчан магнит оқим ҳосил қиласи.

Қиздириладиган деталда ЭЮК (E) пайдо бўлади, бу эса уюрма  
токларниң (I) пайдо бўлишини ва кувватниң (P) ажралишини  
таъминлайди.

$$E = 4,44 \Phi w f \cdot 10^{-8}, \quad P = \frac{E^2 R}{Z^2}$$

Бунда, E – қиздириладиган деталда ҳосил бўладиган ЭЮК, В; Φ –  
индуктор томонидан ҳосил қилинган магнит оқим, Вб; w –  
индуктордаги ўрамлар сони, дона; f – таъминловчи манба частотаси,  
Гц; P – қиздириладиган деталда ажраладиган қувват, Вт; R –  
қиздириладиган детал қаршилиги, Ом; Z – занжирниң тўла  
қаршилиги, Ом.

Индукция ЭЮК таъсирида жисмларда уюрмали (жисм ичида туташадиган) ток оқиши натижасида Жоул-Ленц қонунига асосан иссиқлик ажралади.

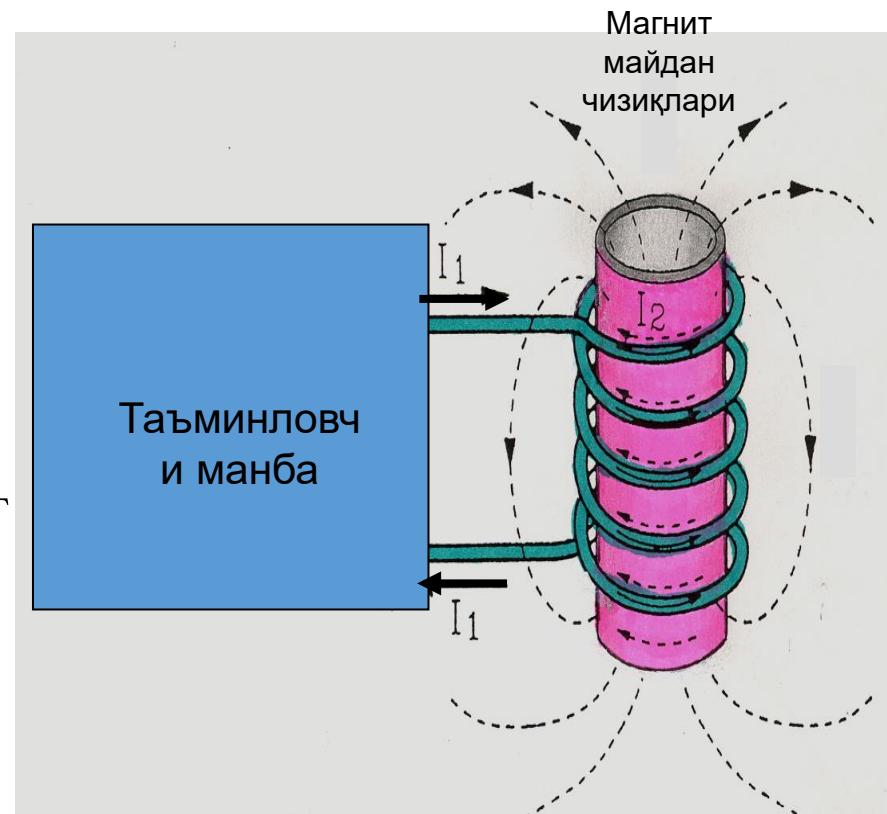
Индукцион қизитиш бевосита ва контактсиздир. У жуда қийин эрийдиган металлар ва қотишмаларни хам эрита оладиган ҳароратга эришиш имконини беради.

Жадал индукцион қизитишга фақат юқори кучланиш ва частотали электромагнит майдонда маҳсус қурилма-индукторлар ёрдамида эришилади

# Индукцион қизитиш қандай ишлайди?

Ходисалар кетма-кетлиги:

1. Манба индукторда ( $I_1$ ) ток ҳосил қиласы
2. Индуктор токи (ампер-ўрам) магнит майдон ҳосил қиласы. Майдон күч чизиқлари ҳар доим ёпик ([табиат қонуни](#)) ва ток йўналишига перпендикуляр текисликда ўтказгич атрофида жойлашган.
3. Ҳосил бўлган магнит майдон қиздириладиган деталниң кўндаланг кесимида электр майдонини (кучланишни) ҳосил чикаради.
4. Кучланиш қиздириладиган деталда индуктордаги ток оқимига тескари йўналишда оқадиган  $I$  ( $I_2$ ) уорма токларни ҳосил қиласы.
5. Уорма токлар детални қиздиради



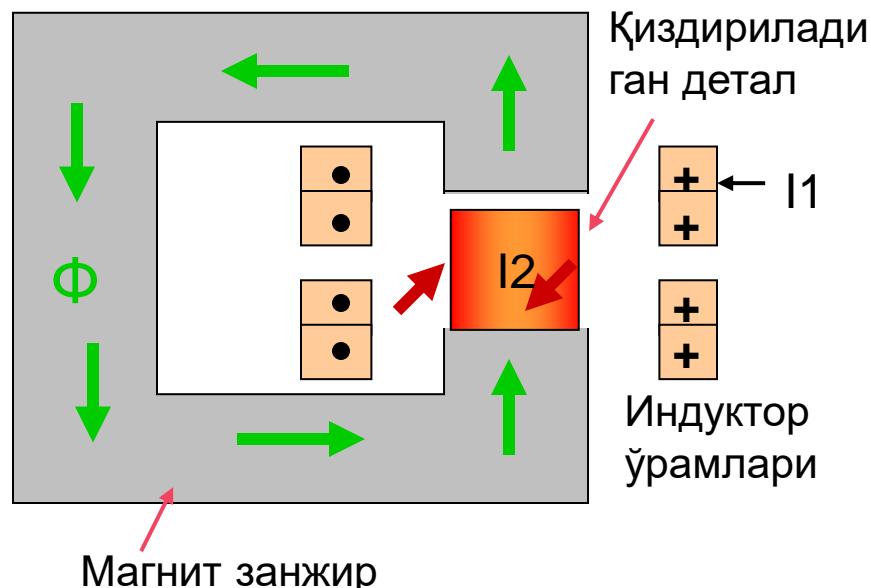
# Индукцион қурилмадаги токлар ва оқимлар

- Хар бир индукцион қурилмада учта ёпик занжир (берк контур) мавжуд:

Индуктор токи занжири ( $I_1$ )

Магнит оқим занжири ( $\Phi$ )

Үюрма токлар занжири ( $I_2$ )

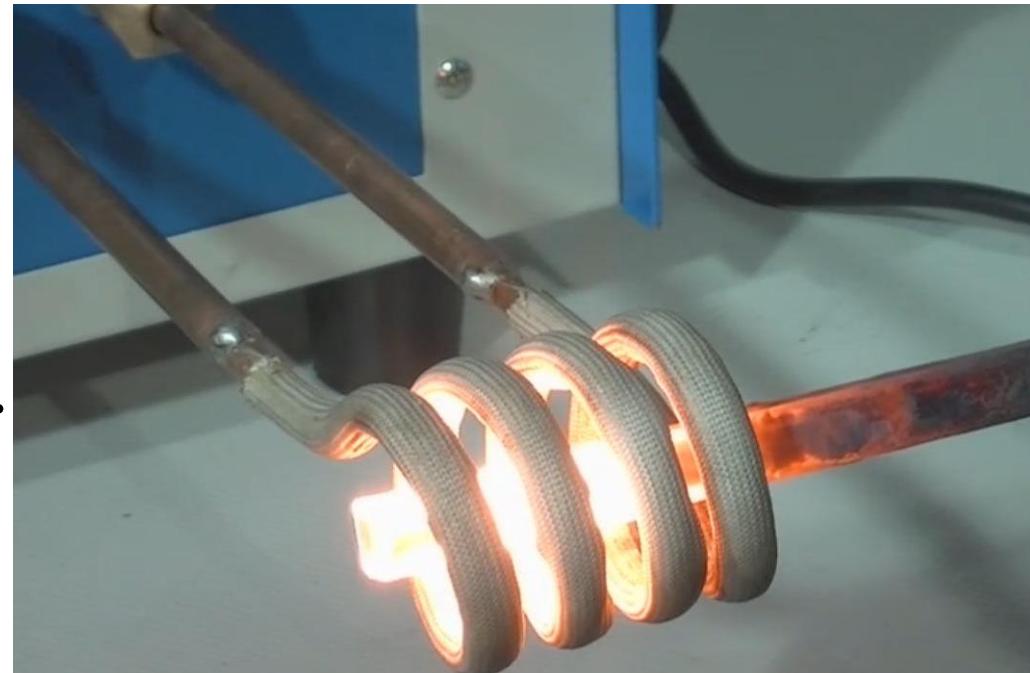


Металларни ўрта ва юқори частотада индукцион бевосита қизитиш кенг тарқалган. Бунинг учун маҳсус тайёрланган индукторлардан фойдаланилади. Индуктор үзидан электромагнит тўлқин чиқаради, у қизитиладиган жисмга тушиб, унда сўнади. Ютилган тўлқинлар энергияси жисмда иссиқликка айланади.

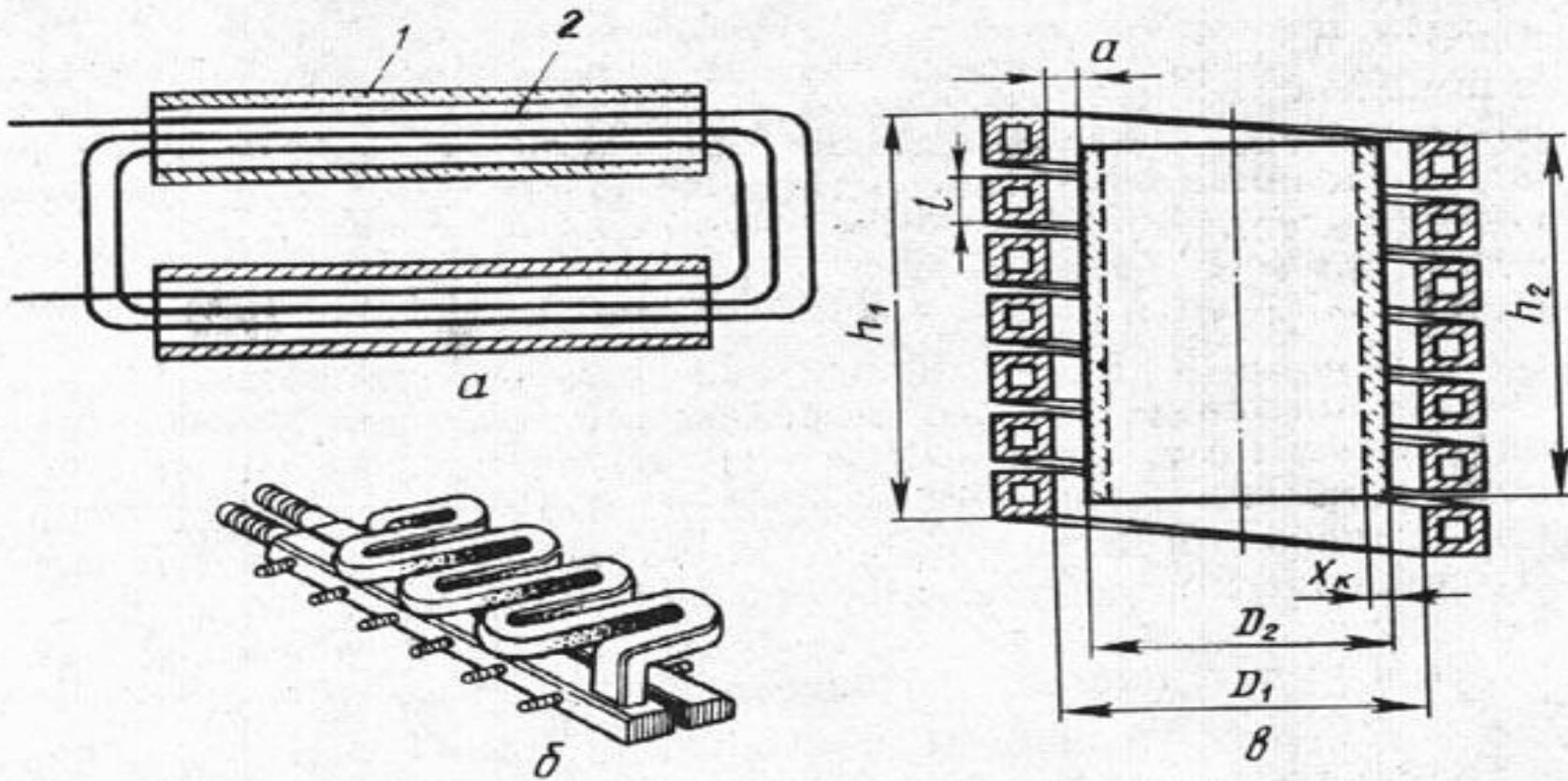
«индуктор-детал» тизими -

ўзаксиз трансформатор:

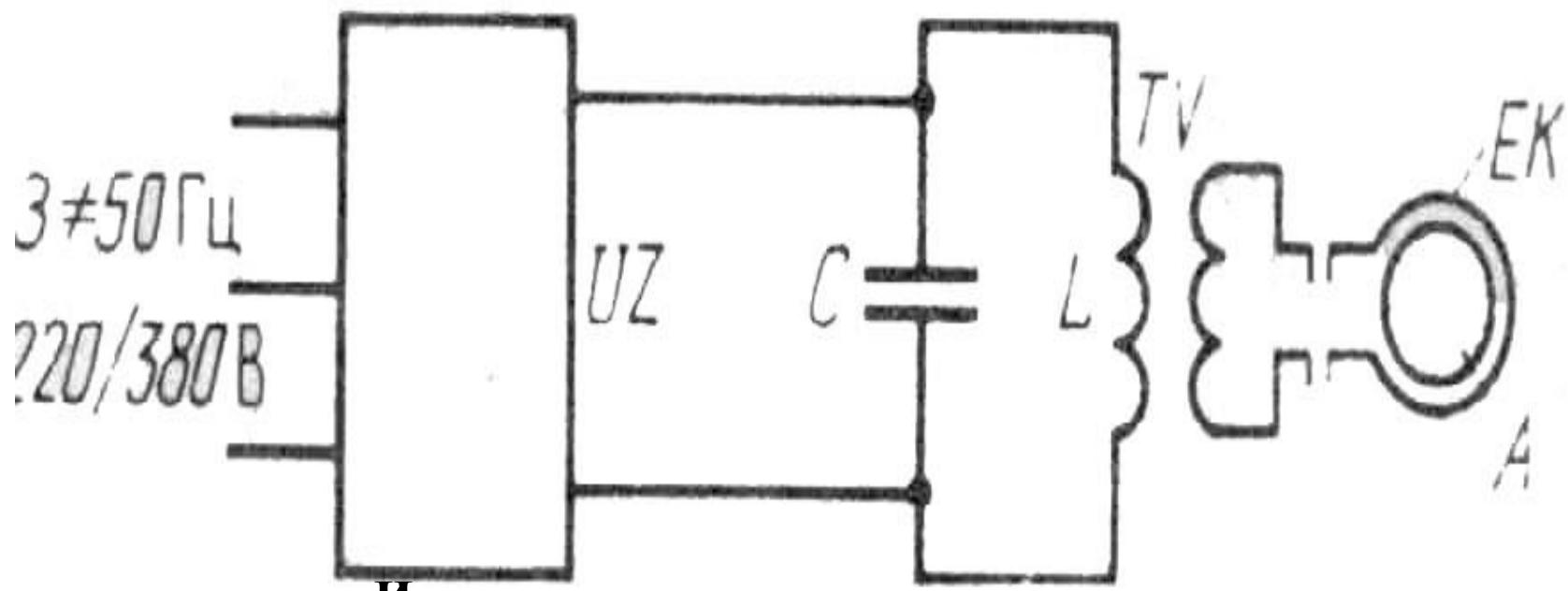
- *индуктор – бирламчи чулғам.*
- *детал – иккиламчи чулғам*



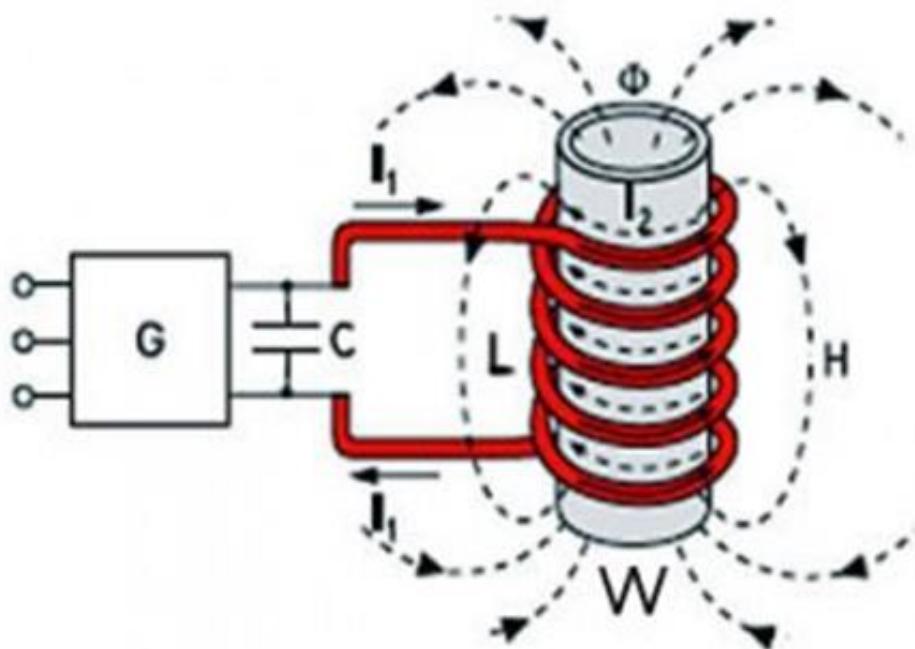
Оддий индуктор

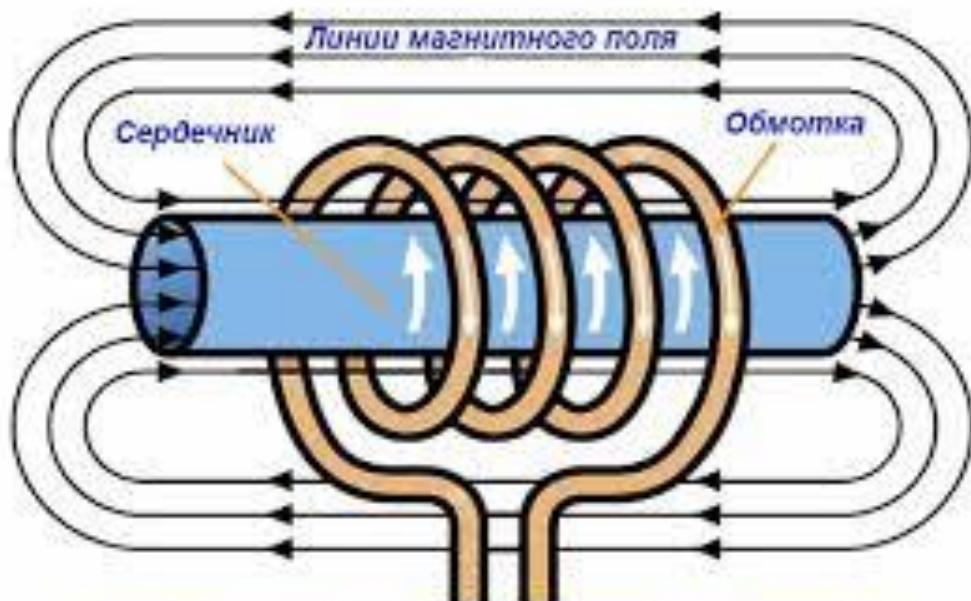


**7.1-расм. Индукторлар: а-саноат частотали; б-текис юзаларни тоблаш учун; в-цилиндр шаклидаги; 1-пўлат труба; 2-изоляцияли индукцияловчи сим.**

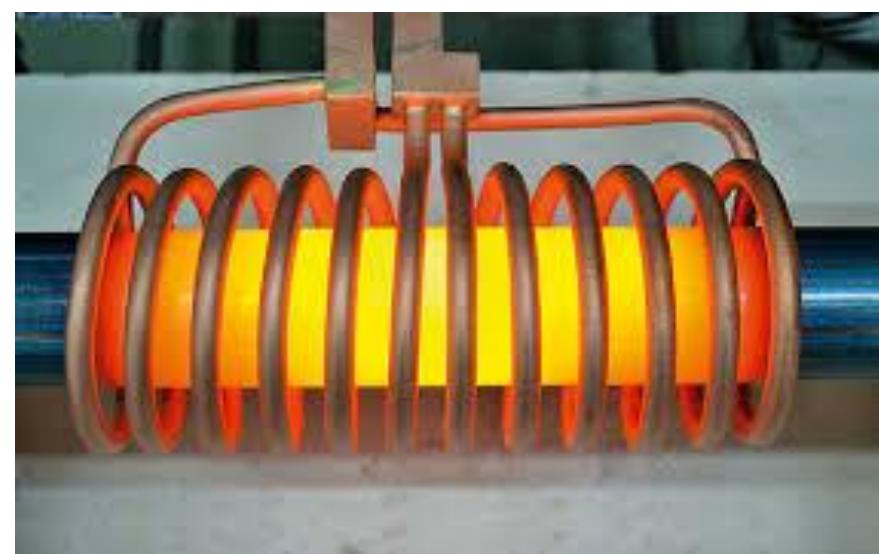
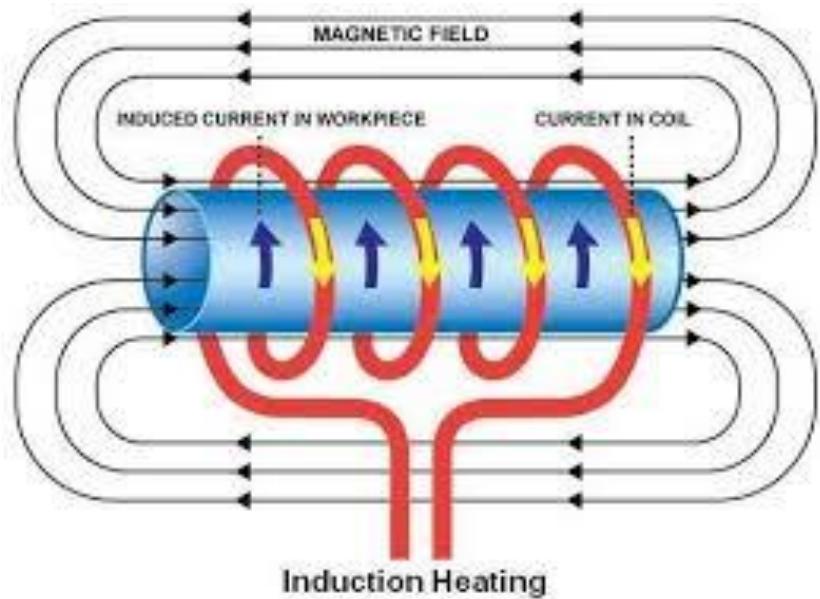
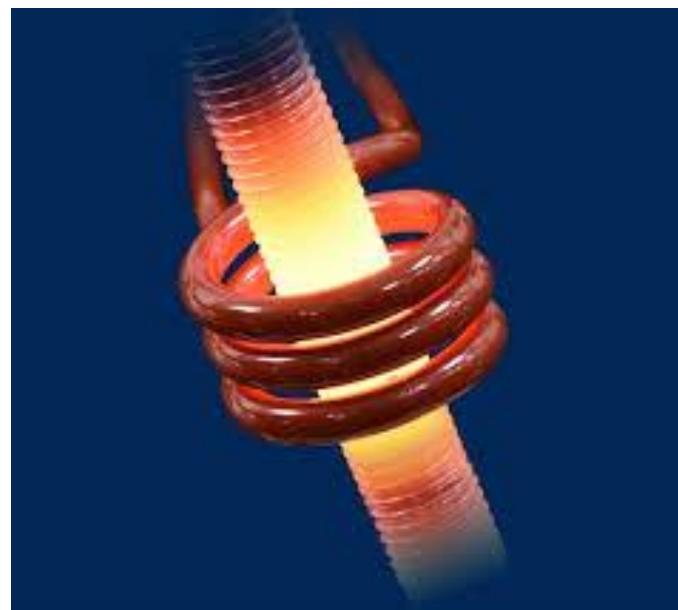


**Индукцион қизитишиң усқунасынинг принципиал электр схемаси.**

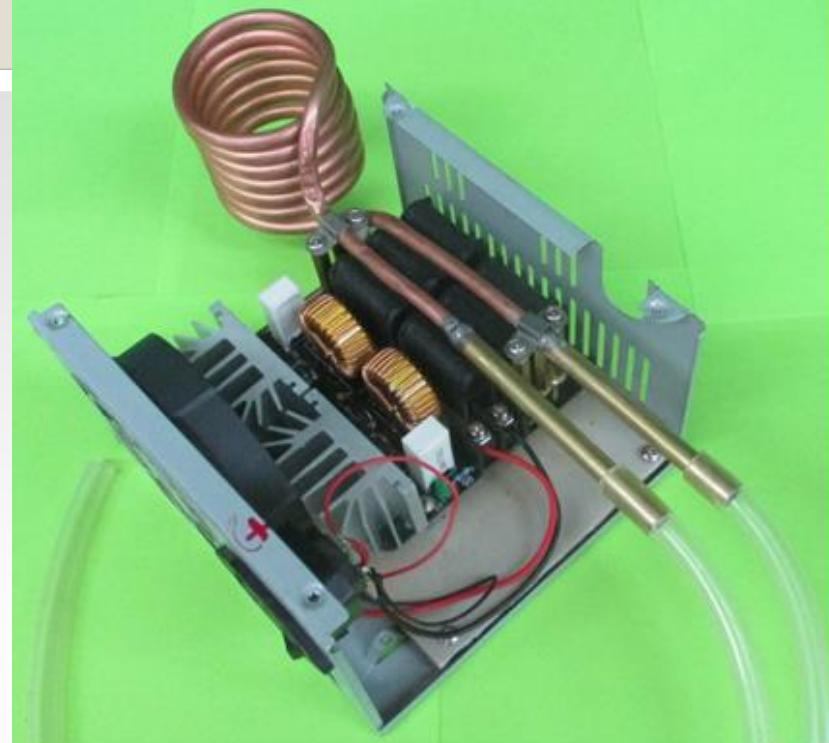




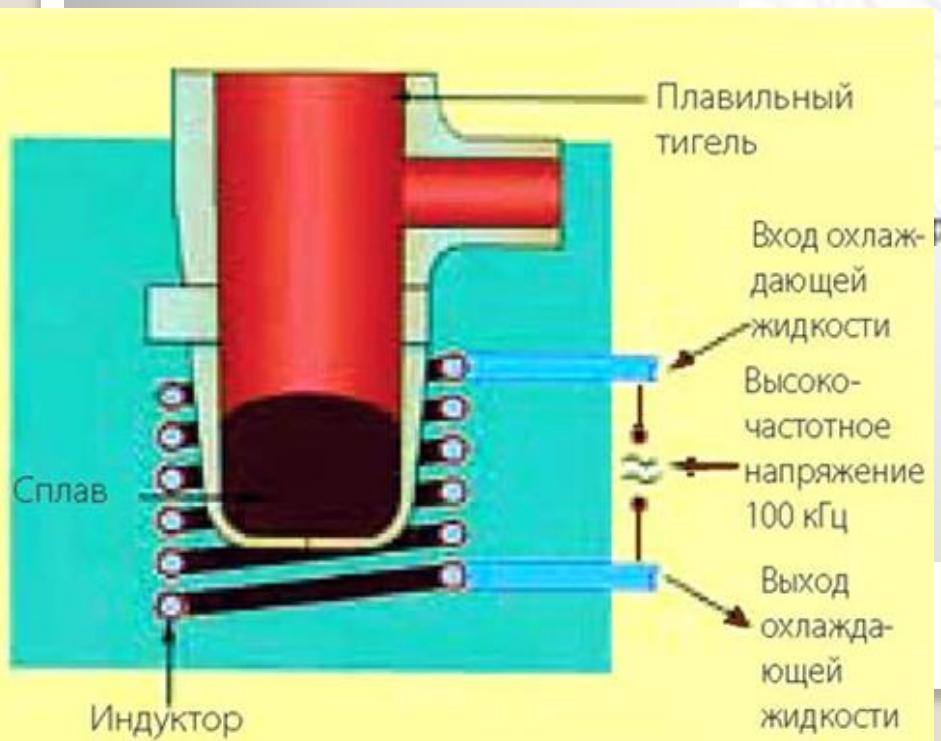
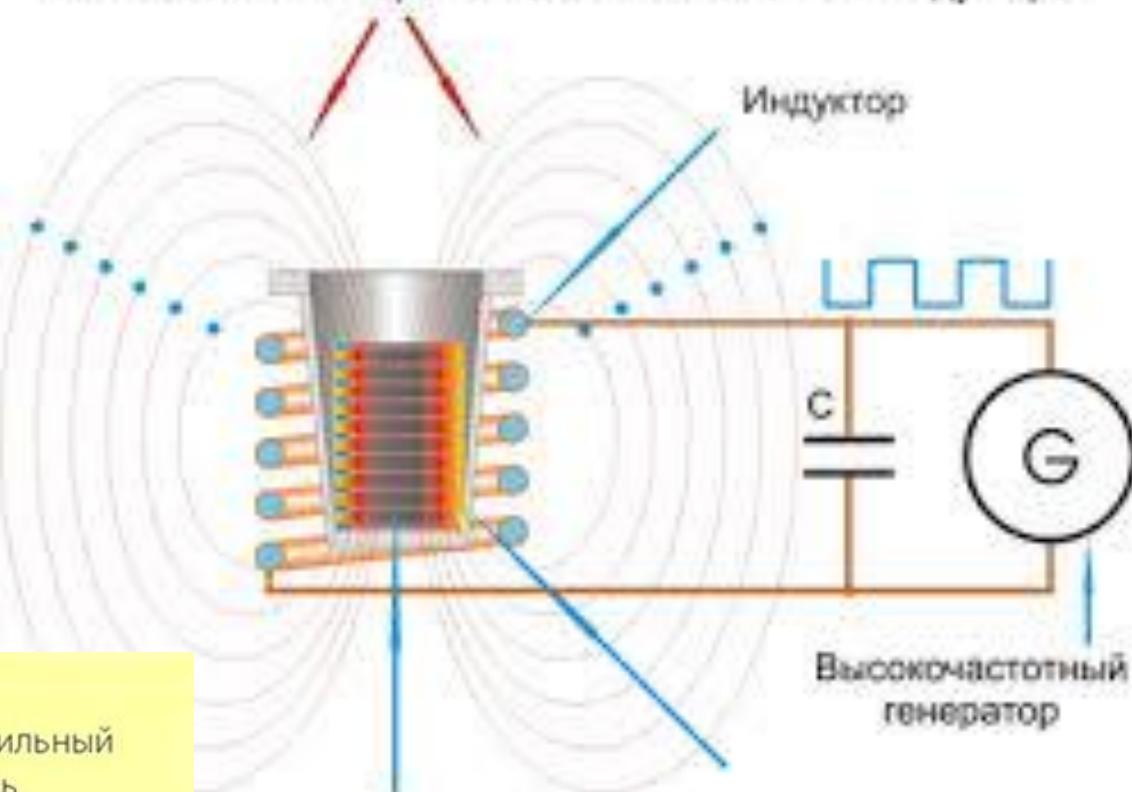
ПРИНЦИП РАБОТЫ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ

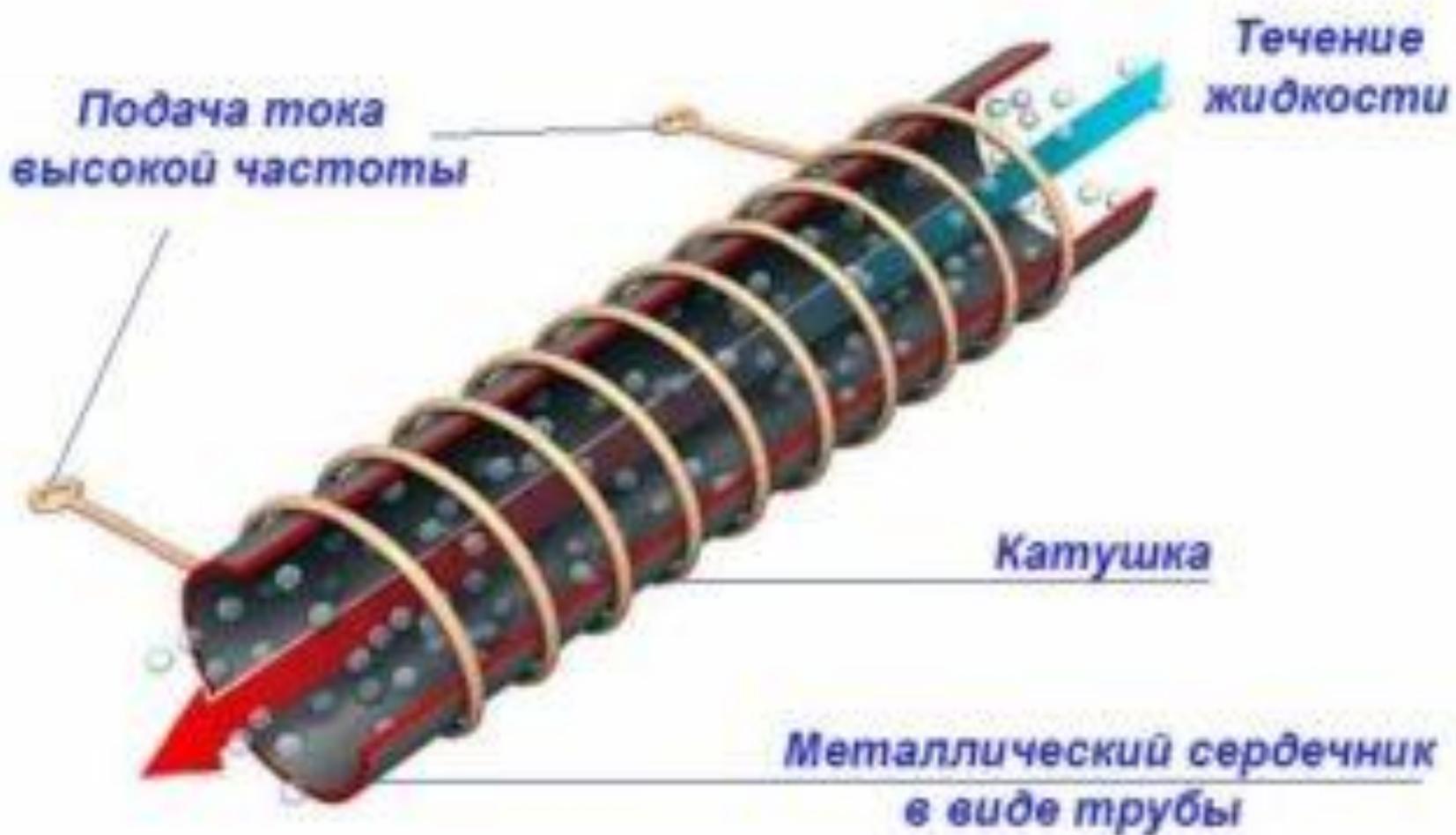


Induction Heating



Силовые линии переменного магнитного поля индуктора





## **Индукцион қизитишининг қўлланиш соҳалари**

- пўлат маҳсулотлар юзасини тоблаш;
- пластик деформациялашда (штампаш, пресслаш ва хоказо);
- тўла қизитиши учун металларни эритиш;
- термик ишлов бериш (тоблаш, юмшатиш, нормаллаштириш, мустахкамлигини ошириш);
- пайвандлаш;
- эритиб қуиши;
- кавшарлаш.

Билвосита қизитиши технологик ускуналарни (труба ўтказгичлар ва хоказо) иситиш, суюқ мухитларни қизитиш, қопламаларни, материалларни, масалан, ёғочни қуритиш учун қўлланилади.

# Афзаликлари

1. Ўтказувчан материалларни бевосита қизитиш.
2. Юқори унумдорлик ва иш шароитларини яхшилиги.
3. Металларнинг куйиши ва ёниши камроқ.
4. Ҳавони ифлослантирмайди, чунки ёнилғи маҳсулоти йўқ.
5. Ҳимояланган газли мухитда, суюқликда, вакуумда қизитиш мумкин.
6. Ҳимояланган камера деворлари ичида қизитиш.
7. Индукторларнинг хажми кичиклиги туфайли эксплуатацияси қулай.
8. Индукторлар маҳсус шаклда тайёрланиши мумкин.
9. Локал ва танлаб қизитиш мумкинлиги.
10. Конвейер ишлаб чиқариш линиялари ва қурилмаларини автоматлаштириш осон. Қизитиш ва совутиш цикларини бошқариш осон. Хароратни ростлаш ва ушлаб туриш, қувватни ростлаш, деталларни узатиш ва олиш осонлиги.

## **Камчиликлари**

1. Курilmанинг мураккаблиги ошади.
2. Индукторнинг қизитиладиган детал билан мослаштириш мураккаблиги туфайли қизитишга кўпроқ қувват сарфланади.
3. Индукцион қизитиш тизимини таъминлаш учун кучли электр манбай, шунингдек индукторни совутиш учун насос ва сув баки талаб этилади.
4. Индукторнинг кичик ўлчамига қарамай умуман олганда жуда катта ва паст харакатчан бўлиб, кўчма ишларга қараганда бино ичида стационар ўрнатишга мос келади.

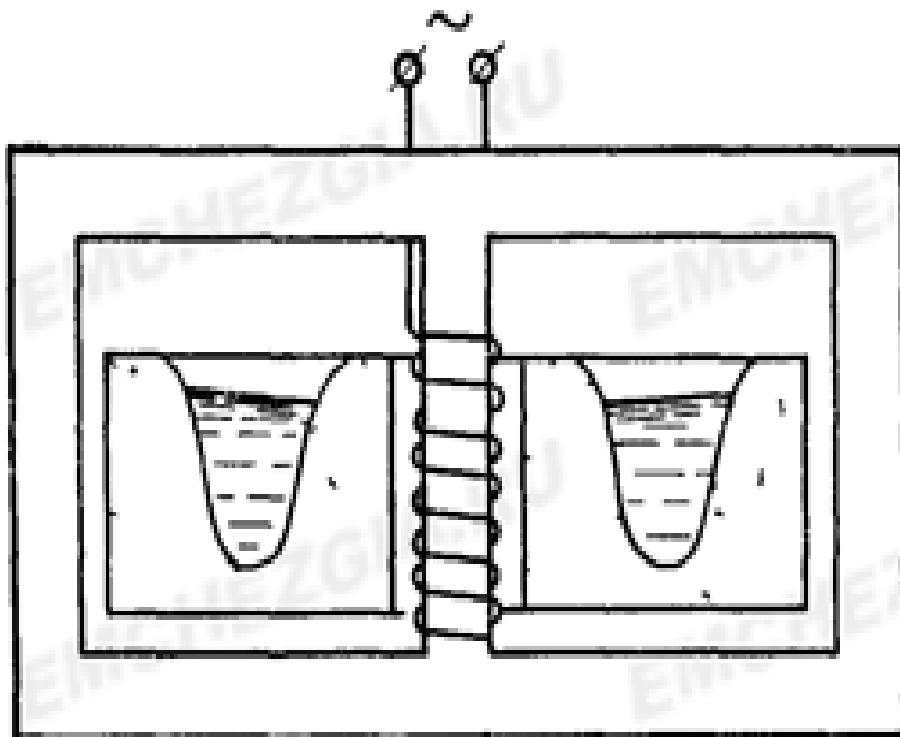
# Индукцион қизитиши қурилмалари

## 1) Индукцион плиталар

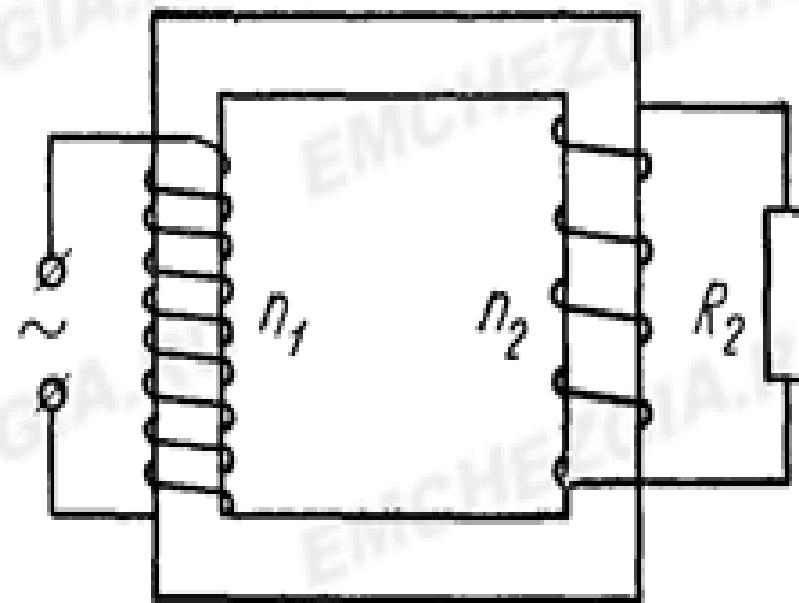


Индукцион плитанинг ишлаш принципи

## 2) Индукцион металл эритиши печлари



а



б

Индукцион каналли печ (а) ва трансформаторнинг  
схемаси

# **Ускуналар классификацияси**

1) Технологик мақсадига күра индукцион қизитиши  
курилмалари қуидагича бўлади:

- металларни эритиш учун эритиш печлари
- термик ишлов бериш учун қизитиши печлари (сиртни мустахкамлигини ошириш, юмшатиш),
- пластик деформациялашдан олдин детални қизитиши (ишлов бериш, штамповка)
- пайвандлаш учун
- кавшарлаш учун
- деталлар сиртини қизитиши учун
- Махсулотларга кимёвий-термик ишлов бериш учун.

# Индукцион қизитиш қурилмалари ток частотасининг ўзгариши бўйича

Саноат (паст)  
частотали

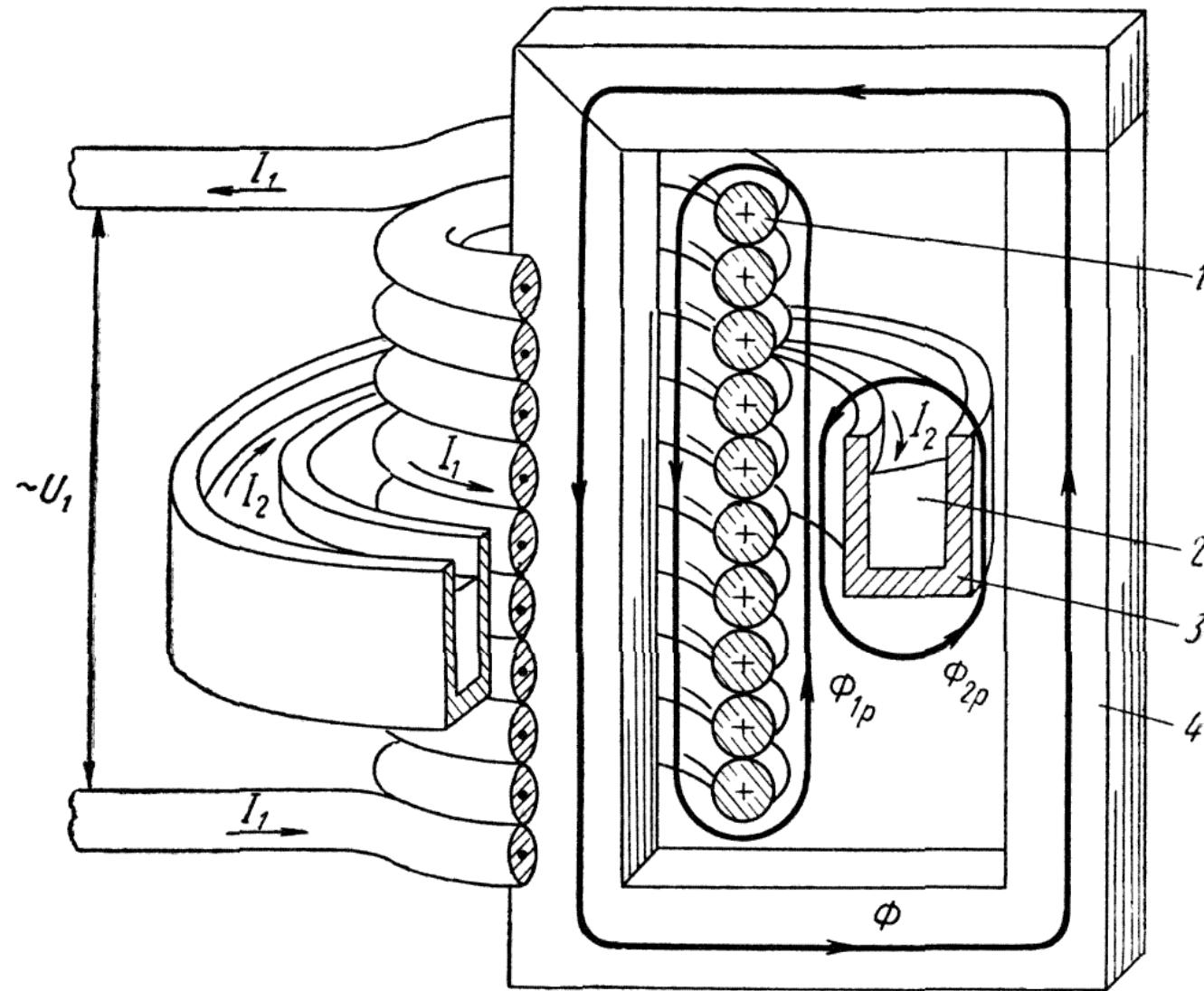
50 Гц  
тармокдан  
тўғридан тўғри  
ёки  
пасайтирувчи  
трансформатор  
орқали  
таъминланади

Ўрта частотали

500-  
10000 Гц  
электр машинали  
ёки яrim  
ўтказгичли  
ўзгартиргичлар  
орқали  
таъминланади

Юқори частотали

66 000-440  
000 Гц ва 5  
МГц гача ,  
лампали  
электрон  
генераторлар  
орқали  
таъминланади.



Индукцион каналли печ қурилмасининг схемаси:

1 — индикатор; 2 — металл; 3 — канал; 4 — магнит үтказгич;  $\Phi$  — асосий магнит оқим;  $\Phi_{1p}$  ва  $\Phi_{2p}$  — сочилган магнит оқим;  $U_1$  ва  $I_1$  — индуктор занжиридаги кучланиш ва ток;  $I_2$  — металлдаги ток кучи

Индукцион қизитиш ускуналари ўзида жараённинг (қизитишнинг) мақсади (механик ишлов бериш учун тўла қизитиш, юзани тоблаш учун қизитиш ва хоказо), жисмнинг шакл ва геометрик ўлчамлари, харорат режими (тўла қизитиш  $1200\ldots1300^{\circ}\text{C}$  гача, юзани тоблаш учун  $-750^{\circ}\text{C}$  гача) каби кўрсаткичларни акс эттирган техник топширик асосида лойихалаштирилади ва танланади.

Топширикда қизитиш вақти т ёки ускунанинг унумдорлиги  $m_t$  кўрсатилади. Агар булар кўрсатилмаса, вақт т хисобланади.

Ускуналарнинг асосий параметрлари (куввати, частотаси, ФИК,  $\cos\varphi$ ) ишчи органфиндукторнинг иссиқлик ва электр хисоблари асосида аниқланади. Хисоблаш услубиёти маҳсус адабиётларда келтирилади. Эксплуатация шароитларида ускуналар вазифаси, частотаси ва генераторнинг тебраниш куввати бўйича танланади.

Кишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришида техникалар ремонтида тоблаш ускуналари, шунингдек сувни, биноларни, парникларни қизитувчи паст частотали индукцион қизитгичлари қўлланилади.

Индукцион қизитиш ускуналарининг асосий параметри - частота. Хар бир иситиш жараёни учун (юзани тоблаш, тўла қизитиш) частотанинг ЭНГ яхши технологик ва иқтисодий кўрсаткичларини таъминловчи мақбул диапазони мавжуд.

Юзани тоблаш учун қизитишда қўлланиладиган частотага боғлиқ бўлган индукцион қизитишнинг икки режими мавжуд: чукур ва юза.

Лойихалаш ва эксплуатация тажрибалари асосида частотани танлаш учун куйидаги боғликлардан фойдаланилади.

**Деталларнинг юзасини**  $X_k$  чукурликкача тоблашда оптимал частота, Гц

$$f_{opt} \approx 0,06 / X_k^2$$

рухсат этилган оғишлар

$$0,015/X_k^2 < f < 0,25/X_k^2.$$

Юзани тоблаш учун ўрта частоталардаги чукур қизитиш маъқул ҳисобланади.

**Тұлиқ қизитишда:**

диаметри  $D_2$  цилиндр шаклидаги жисм үчун

$$3 \cdot 10^6 \rho_2 / (\mu D_2^2) < f < 6 \cdot 10^6 \rho_2 / (\mu D_2^2);$$

қалинлиги  $\sigma$  бўлган текис жисм үчун

$$10^6 \rho_2 / (\mu \sigma^2) < f < 6 \cdot 10^6 \rho_2 / \mu \sigma^2),$$

бунда  $\rho$  Ом·м да қабул қилинади.

Тұлиқ қизитиши эса деталниң геометрик үлчамлари ва охирги ҳароратга мөсравишида 50 Гц дан 200 кГц частоталар қўлланылади.

Юзани тоблаш учун қалинлиги  $X_k$  бўлган металл қавати  $750^{\circ}\text{C}$  гача қизийди. Бу холатда индуктор ажратадиган электромагнит тўлқиндан маҳсулотга тушадиган солиштирма юза қуввати қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$P_s = \gamma c X_k (t_{\text{охир}} - t_1) / (\tau \eta_t),$$

бунда  $\gamma$ -пўлатнинг зичлиги ( $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$  атрофида);  $c$ -пўлатнинг қизиш вақти мобайнидаги ўртacha солиштирма иссиқлик сиғими ( $650 \text{ Ж}/(\text{кг}^0\text{C}$  микдорда қабул қилинади);  $t_1$ -заготовканинг бошланғич ҳарорати,  $^0\text{C}$ ;  $\tau$ -технологик карта ёки адабиётлар асосида қабул қилинадиган қизитиш вақти;  $\eta_t$ -маҳсулотнинг ички қаватларини қизитиш ва атроф-мухитга тарқаладиган иссиқлик исрофини ҳисобга оладиган индукторнинг термик ФИК ( $\eta_t = 0,20...0,60$ ).

Юзани тоблашда қизитиш вакти юқори 100...400 °C/с, атроф-мухитга бўладиган исроф жуда кам, шунинг учун индуктор иссиқлик изоляциясиз тайёрланади. Асосий исроф маҳсулотнинг ичига иссиқлик ўтиши ҳисобига бўлади.

$$P_s = (0,4 \dots 0,30) \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2 \text{ га тенг.}$$

Тўла қизитишда  $P_s$  нинг қиймати бир даражада кам- $(0,05-0,2) \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$ , қизитиш вакти заготовканинг диаметри ва частотага боғлиқ бўлиб, ундан юзлаб секундгача ўзгаради шунинг учун индукторлар иссиқлик изоляцияси (шамот, асбест, иссиқча чидамли бетон ва хоказо) билан қопланади

Тобланадиган юза  $A_2$ ,  $m^2$  орқали маҳсулотга киритиладиган тўла актив қувват:

$$P_2 = P_s A_2 = \gamma c X_k (t_{\text{окир}} - t_1) A_2 / (\tau \eta_t) = P_{\text{фой}} / \eta_t$$

Цилиндр шаклидаги детал учун  $A_2 = \pi D_2 h_2$ .

Индукторга узатиладиган қувват

$$P_{\text{инд}} = P_2 / \eta_e = P_{\text{фой}} / (\eta_t \eta_e) = P_{\text{фой}} / \eta_{\text{инд}},$$

бунда  $\eta_e$ -индукторнинг электр ФИК ( $\eta_e = 0,90 \dots 0,95$ );

$\eta_{\text{инд}} = \eta_t \eta_e$ -индукторнинг тўла ФИК.

Генераторнинг тебраниш қуввати

$$P_{\text{ген}} = P_{\text{фой}} / (\eta_{\text{инд}} \eta_{\text{тр}}).$$

Тармоқдан истеъмол қилинадиган қувват,

$$P_{\text{ист}} = P_{\text{ген}} / \eta_{\text{ген}} = P_{\text{фой}} / (\eta_{\text{инд}} \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{ген}}),$$

Бунда  $\eta_{\text{тр}}$ -юқори частотали

трансформаторларнинг ФИК

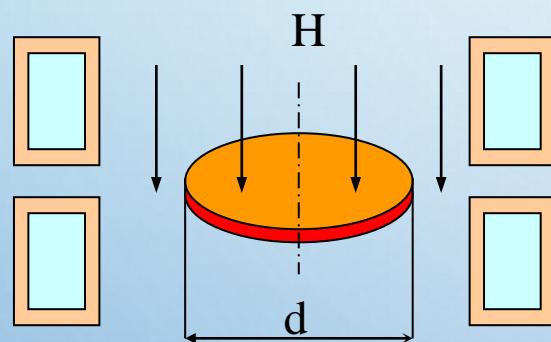
( $\eta_{\text{тр}} = 0,75 \dots 0,96$ ).  $\eta_{\text{ген}}$ -генераторнинг ФИК

( $\eta_{\text{ген}} = 0,70 \dots 0,90$ ).

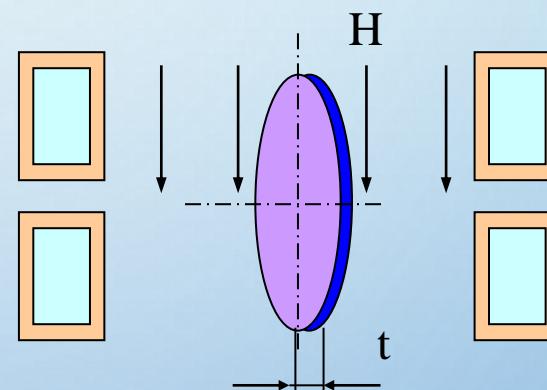
# ЮПҚА ЁКИ ҚАЛИН ҚИЗДИРИЛАДИГАН ДЕТАЛ?

Қувватни ютиш магнит майдонда қиздирилган деталнинг жойлашишига ҳам боғлиқ. Максимал ютилиш деталнинг юзаси магнит чизиқларга перпендикуляр бўлганда содир бўлади

H – магнит майдон кучланганлиги чизиқлари



Кўндаланг қизитиш



Бўйлама қизитиш

$D \gg \Delta$  – яхши қизийди

$T < \Delta$  – ёмон қизийди

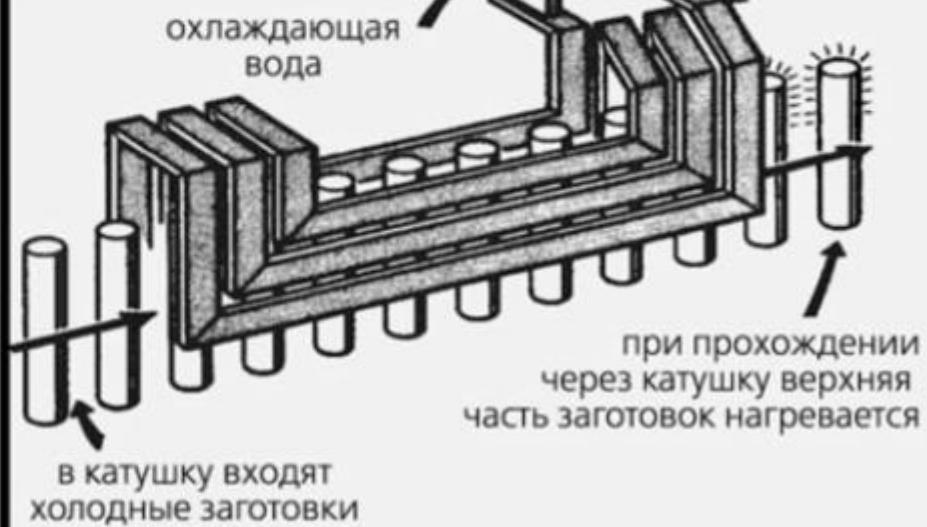
### многовитковая соленоидальная катушка



простой одновитковый индуктор

прямоугольная медная трубка со сварными соединениями

электрические контакты

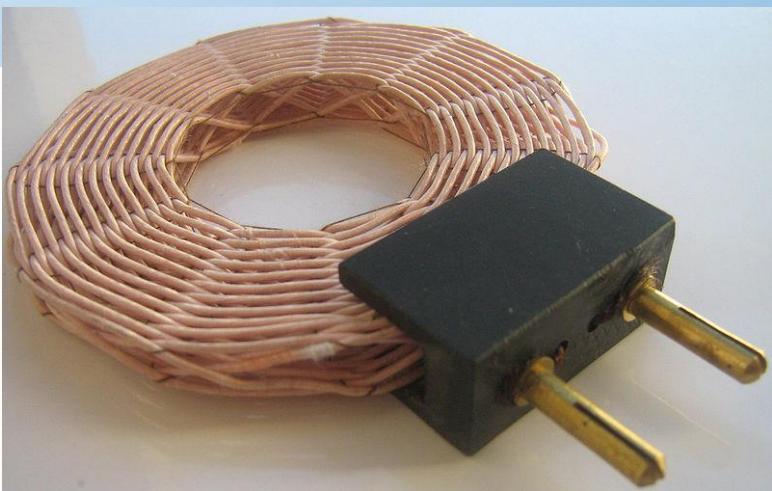
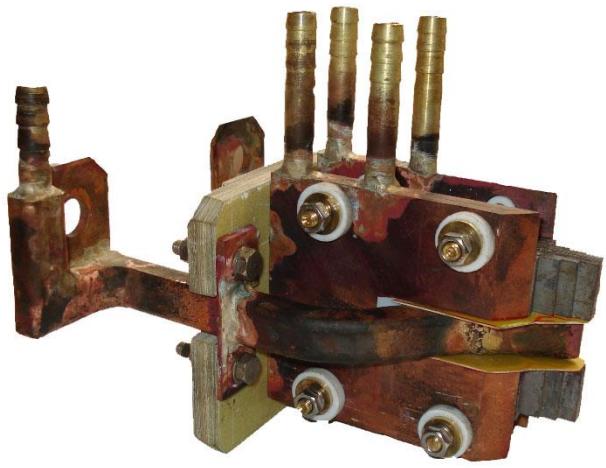


канальная или щелевая катушка

индукторы могут быть штампованными с встроенными средствами охлаждения



Индуктор закалочный



# ИНДУКЦИОН ҚИЗИТИШ



## **Синов саволлари ва топшириқлар**

1. Индукцион технология қайси физик қонунларига асосланган?
2. Индукцион технологияда энергия киритиш тезлиги қанча?
3. Индукцион қиздириш умумий фойдали иш коэффициенти.
4. Индукцион қизитишнинг асосида қандай физик қонунлар ётади ва қандай частоталардан фойдаланилади, қайси соҳаларда қўлланилади?
5.  $20^{\circ}\text{C}$  да 10 маркали пўлатининг солишишима электр қаршилиги  $\rho^{\text{п}}=16 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, нисбий магнит сингдирувчанлиги  $\mu^{\text{с}}=60$ ; мисники эса  $\mu^{\text{м}}=2 \cdot 10^{-8}$  Ом·м ва  $\mu^{\text{м}}=1$ . Индукцион қизитишда пўлатга ва мисга токнинг кириб бориш чуқурликлари нисбати қандай ва иккала холатда бу солишишима юза қувватига қандай таъсир этади?
6. Индуктор-маҳсулот системасининг ФИК ва созф ҳаво тиркиши миқдорига қандай боғлиқ?
7. Диаметри 30 мм, баландлиги 360 мм ли пўлат цилиндр юзасини тоблаш учун лампали автогенераторни танланг. Тобланадиган юза қалинлиги 1 мм, тоблаш ҳарорати  $750^{\circ}\text{C}$ , маҳсулотнинг бошлангич ҳарорати  $20^{\circ}\text{C}$ , қизитиш вақти 5с, индукторнинг ФИК=0,62.

## Ассоций адабиёттар

1. А. Раджабов., Муратов Х. М. Электротехнология. - Т.: Фан, 2001. 203 б
2. Багаев А.А., Багаев А.И. Кутникова Л.В. Электротехнология: учебное пособие. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006 – 320 с.
3. Баранов Л.А., Захаров В.А. Светотехника и электротехнология. – М.: Колос, 2006. – 344 с.
4. Nicholas P. Cheremisinoff *Electrotechnology. industrial and environmental applications.* UK, 2015 year. Noyes Publications in Park River, N.J. 178 p.

## Қўшимча адабиётлар

1. Басов А.М, Быков В.Г, Лаптев А.В, Файн В.Б. Электротехнология. - М.: Агропромиздат. 1985.
2. Болотов А.Ф., Шепель А.Г. Электротехнологические установки. - М.: Высшая школа. 1988.
3. Живописцев Е.Н. Электротехнология и электрическое освещение. М.: Агропромиздат 1990.
4. Карасенко В.А., Заяц Е.М., Баран А.Н., Корко В.С. Электротехнология. М.: Колос. 1992. – 265 с.

# E'TIBORINGIZ UCHUN RAHMAT!



Yusupov Sharofiddin  
Bo'ronovich



Elektrotexnologiyalar va elektr  
uskunalari ekspluatasiyasi  
kafedrasi assistenti

📞 + 998 71 237 19 68

✉️ [yu.sh2003@mail.ru](mailto:yu.sh2003@mail.ru)

telegram icon [yu.sh](#)