

СПОСОБЫ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

- 1.Химико-термическая обработка;
- 2.Закалка ТВЧ;
- 3.Газопламенная закалка;
- 4.Упрочнение методом пластической деформации;
- 5.Плазменная термообработка;
- 6.Электроннолучевая термообработка;
- 7.Лазерная термообработка.

Поверхностной закалке подвергают среднеуглеродистые стали (0,4-0,45%С), или легированные, для увеличения прочности сердцевины деталей. Такой закалке подвергают зубья шестерен, звездочек, шейки валов, головки рельсов и др.



Закалка ТВЧ

Быстрый нагрев поверхности осуществляется **с помощью машинных генераторов с частотой 50...15000 Гц** и ламповых генераторов с частотой больше 10⁶ Гц.
Глубина закаленного слоя – до 2 мм.

закон Джоуля- Ленца: **$Q = I^2 \cdot R \cdot t$** [кДж],

где Q - количество тепла;

I - сила тока, равна 5000-8000 А,

R – сопротивление материала нагреваемой детали, Ом,

t – время нагрева, с.

За счет теплового действия тока происходит нагрев детали.

Переменный ток распределяется по сечению детали
неравномерно, сосредотачиваясь в поверхностных слоях

Закалка ТВЧ

При этом около 87 % всей тепловой энергии выделяется в слое, измеряемом глубиной проникновения тока – δ :

$$\delta \approx 5030 \sqrt{\rho / \mu \cdot f} \text{ [см]}, \text{ или } \delta \approx 5030 \sqrt{f}$$

где ρ – удельное электросопротивление материала детали, ом·см;
 μ – относительная магнитная проницаемость;
 f – частота тока, Гц.

Глубина закаленного слоя – $\delta_{\text{зак}}$ связана с глубиной проникновения тока - δ формулой:

$$\delta_{\text{зак}} \approx 0,5 \cdot \delta$$

Выбор частоты тока

Частота тока - f (Гц) выбирается в зависимости от глубины закаленного слоя $\delta_{\text{зак}}$

$$f = 6 \cdot 10^2 / \delta_{\text{ток}}^2$$

где $\delta_{\text{ток}}$ – глубина проникновения тока, (см), равна $0,5 \cdot \delta_{\text{зак}}$.

Источником тока высокой частоты являются преобразователи (генераторы) машинные, ламповые, тиристорные.

Данные генераторы обеспечивают следующие значения частоты тока, Гц:

1. *Тиристорные* - 1 000, 2 400, 4 000;
2. *Машинные* - 500, 1 000, 2 400, 4 000, 8 000, 10 000;
3. *Ламповые* 66 000, 200 000, 440 000.

Для поверхностного нагрева мощность генератора – N_r , кВт :

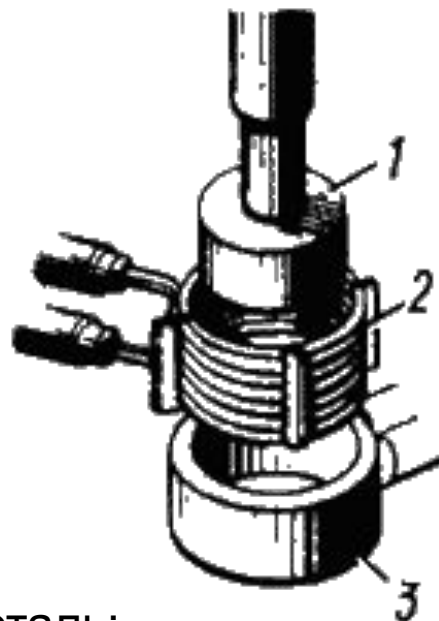
$$N_r = N_0 \cdot S / \eta_{\text{и}} \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{к}} \eta_{\text{л}}$$

где N_0 - удельная мощность, кВт/см²;

S – нагреваемая площадь поверхности изделия , см²;

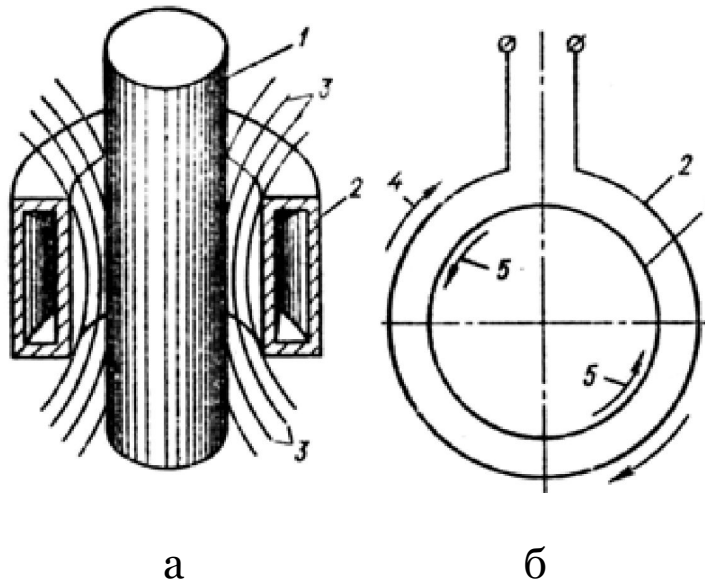
$\eta_{\text{и}} \eta_{\text{тр}} \eta_{\text{к}} \eta_{\text{л}}$ – к.п.д. индуктора, закалочного трансформатора, конденсаторной батареи, линии электропередач соответственно, равны 0,75; 0,85; 0,97; 0,95.

Схема технологического процесса закалки ТВЧ



- 1- закаливаемая деталь;
- 2- медный индуктор;
- 3- спрейер (душирующее устройство)

Схема индукционного нагревателя



а – распределение магнитного потока в индукторе;

б – направление токов в индукторе и детали;

1 – нагреваемая деталь; 2 – виток индуктора;

3 – магнитные силовые линии; 4 – направление тока в индукторе;

5 – направление тока в детали

Распределение плотности переменного тока по нагреваемой детали

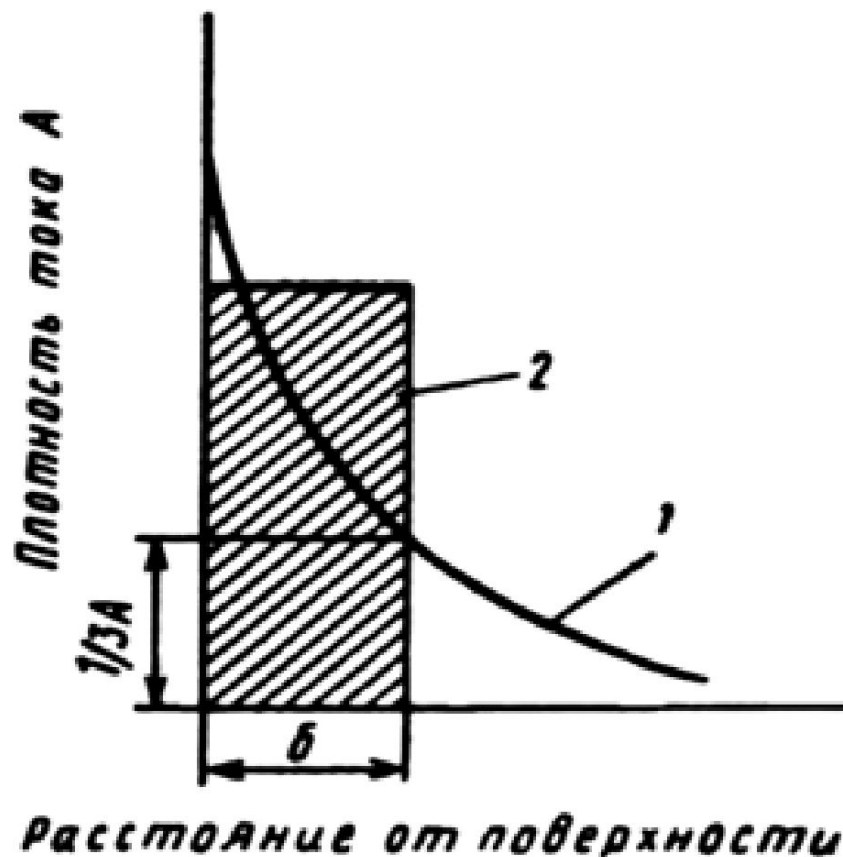
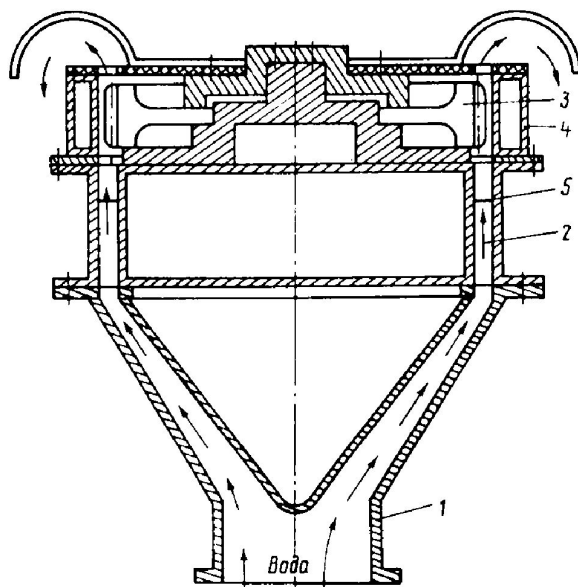


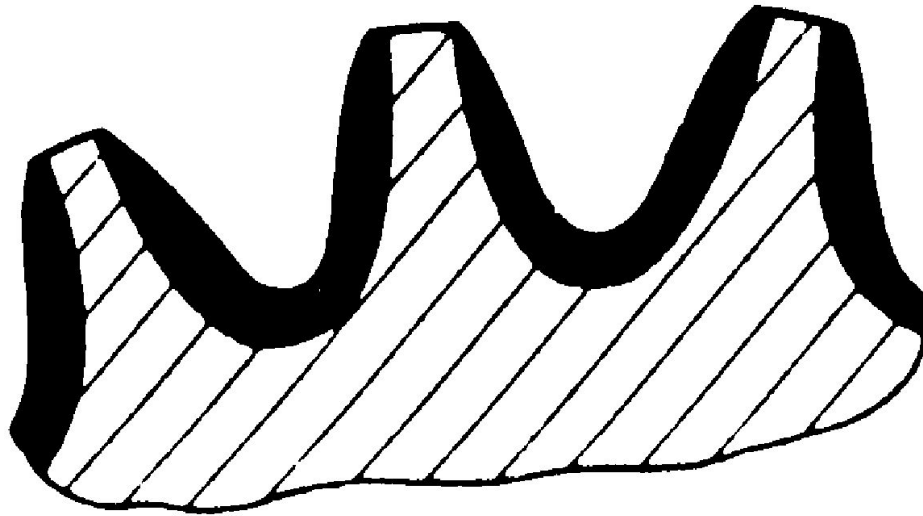
Схема устройства для объемно–поверхностной закалки шестерен

охлаждение потоком воды, подаваемой в зазор между индуктором и закаливаемой поверхностью детали



- 1 – питающая труб
- 3 – закаливаемая шестерня;
- 4 – индуктор;
- 5 – начальный уровень закалочной воды.

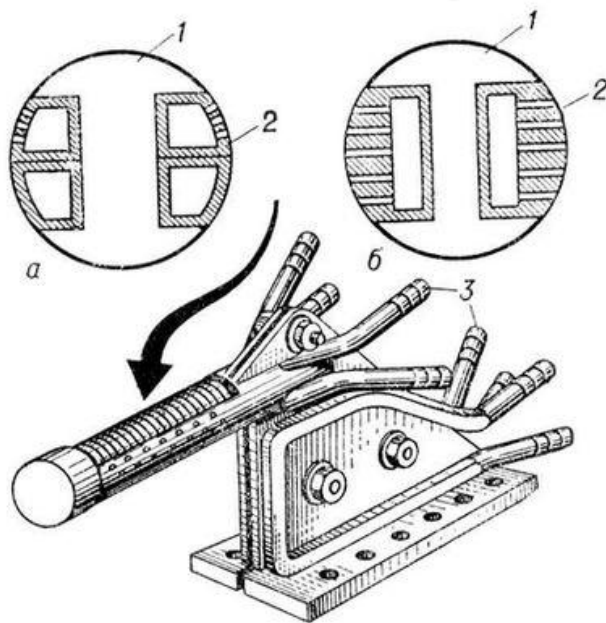
Закаленный ТВЧ слой на детали зубчатой передачи



Конфигурация закаленного
слоя (выделен зачернением) на зубьях
при закалке “по впадине”

Петлевой индуктор для ТВЧ заделки внутренних цилиндрических поверхностей

Способ одновременного нагрева при вращении закаливаемой детали



а — конструкция с отдельными камерами для охлаждения индуктора и выхода закалочной воды; б — конструкция без постоянного охлаждения;
1 — магнитопровод; 2 — индуктирующий провод;
3 — трубопровод водяного охлаждения

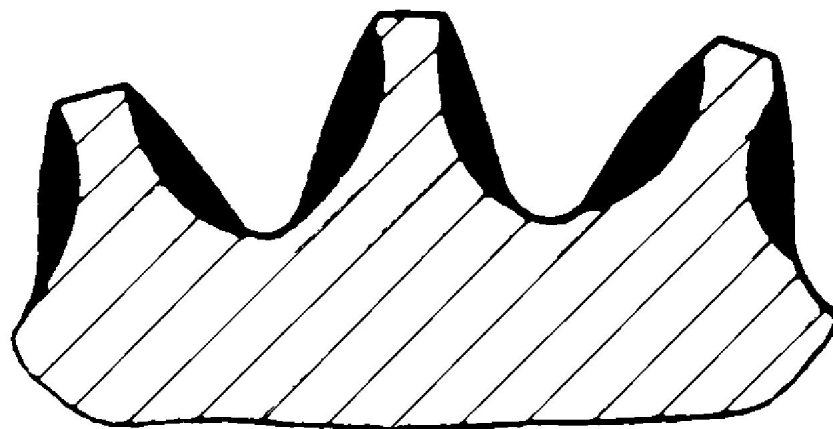
Газопламенная закалка

Нагрев осуществляется ацетиленокислородным, газокислородным или керосинокислородным пламенем с температурой 3000...3200 °С.

Структура поверхностного слоя после закалки состоит из мартенсита, мартенсита и феррита. Толщина закаленного слоя 2...4 мм, **твердость** 50...56 HRC.

Метод применяется для закалки крупных изделий, имеющих сложную поверхность (косозубые шестерни, червяки), для закалки стальных и чугуновых прокатных валков. Используется в массовом и индивидуальном производстве, а также при ремонтных работах.

Закаленный методом газопламенной закалки слой детали



Конфигурация закаленного
слоя (выделен зачернением) на зубьях
при газопламенной поверхностной за-
калке “по зубу”

Упрочнение методом пластической деформации (поверхностный наклеп)

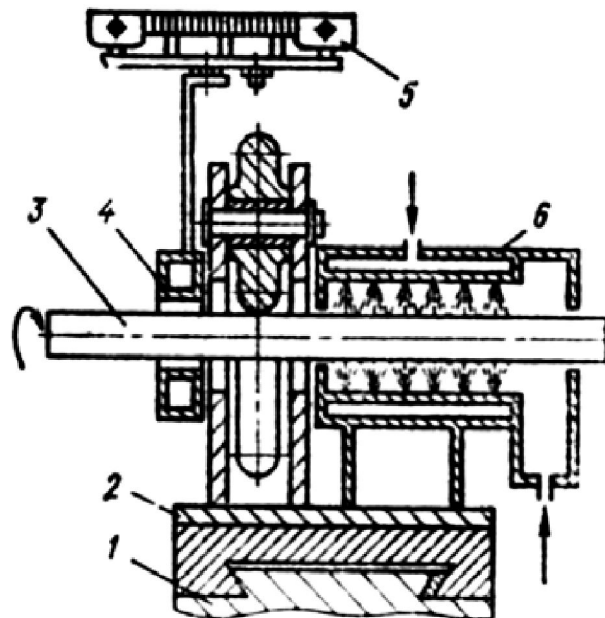
Способами упрочнения поверхности обработкой давлением являются:

1. Высокотемпературная термомеханическая обработка поверхностных слоев (ВТМОП);
2. ВТМОП + холодная деформация обкаткой;
3. Холодная деформация + ВТМОП;
4. Холодная деформация + ВТМОП + холодная деформация;
5. Наклеп дробью.

Методы механического упрочнения – наклепывание поверхностного слоя на глубину 0,2...0,4 мм.

При этом на поверхности детали остаются мелкие вмятины или бороздки с наклепанным слоем, который препятствует зарождению трещин при знакопеременных нагрузках

Схема устройства для непрерывно-последовательной ВТМОП



1 - основание; 2 – рабочий стол; 3 – нагреваемое изделие;
4 – индуктор; 5 – трансформатор; 6– охлаждающее приспособление
(спрейер); 7 – деформирующий ролик