**Задание для обучающихся**

**с применением дистанционных образовательных технологий**

**и электронного обучения**

Дата: 09 ноября 2020г.

Группа: А-19

Учебная дисциплина: Материаловедение

Тема занятия: Поверхностная закалка стали

Форма: лекция

**Содержание занятия:**

1. Изучение теоретического материала
2. Составление конспекта

**Теоретический материал**

Целью поверхностной закалки является повышение твердости, износостойкости и предела выносливости стальных изделий. Это достигается нагревом на заданную глубину только поверхностного слоя, который при последующем охлаждении закаливается. Сердцевина изделия остается незакаленной, сохраняя достаточно высокие пластичность и вязкость, а следовательно, будет хорошо воспринимать динамические нагрузки.

*Закалка токами высокой частоты* (ТВЧ). *Закалка ТВЧ* наиболее широко применяется в промышленности и *представляет собой закалку с индукционным нагревом поверхностного слоя изделий* (деталей, инструментов) *токами высокой частоты.* Индукционный нагрев происходит вследствие теплового действия тока, индуцируемого в изделии.

В основе индукционного нагрева лежит явление электромагнитной индукции. При прохождении переменного электрического тока через замкнутый токопроводящий контур возникает переменное магнитное поле. Этот контур называют *индуктором,* он представляет собой один или несколько витков медной полой трубки или шины. Если в переменное магнитное ноле поместить другой проводник – обрабатываемую деталь, то в ней индуцируется электрический ток той же частоты, что и ток в индукторе. В поверхностном слое изделия, помещенного в индуктор, возникают вихревые токи, вызывающие нагрев бесконтактным способом (рис. 5.27).

Индуцированный ток течет в основном в поверхностных слоях. Чем выше частота тока, тем тоньше слой, по которому он течет, больше его плотность. В результате поверхностный слой изделия нагревается ТВЧ до значительно более высоких температур, чем центральная его часть. Изменяя частоту тока, можно регулировать толщину нагреваемого и, следовательно, закаливаемого слоя.

Чем меньше требуемая толщина прогреваемого слоя, тем выше должна быть частота тока.



1 – деталь; 2 – индуктор; 3 – силовые линии магнитного поля

Рис. 5.27. Схема индуктивного нагрева ТВЧ

Важной особенностью индукционного нагрева под закалку является его высокая скорость – 100...1000 °С/с. Она значительно выше, чем при нагреве в ванне с расплавленными солями (10 °С/с) или в обычной термической печи с воздушной атмосферой (1 °С/с). Из-за быстрого нагрева повышаются температуры фазовых превращений (точки *Ас*{ и Лс3) на 50...200 °С и более в зависимости от химического состава стали. Эго предопределяет более высокие температуры закалки, используемые при индукционном нагреве. Нагрев до более высоких закалочных температур также необходим, для того чтобы прошли диффузионные процессы при превращении перлита в аустенит. При более низких температурах, обычно применяемых при объемной закалке, вследствие высоких скоростей нагрева ТВЧ и малой выдержке они могут не завершиться.

После нагрева ТВЧ производится охлаждение изделия двумя способами:

* окунанием в охлаждающую жидкость, находящуюся в закалочном баке;
* опрыскиванием охлаждающей жидкостью с помощью душевого устройства (спрейера). В качестве охлаждающей жидкости при закалке ТВЧ используют воду, подогретую до 30...40 °С или эмульсию.

В зависимости от конструкции и размеров деталей применяются одновременный, непрерывно-последовательный и последовательный способы нагрева.

*Одновременный* способ применяется для закалки небольших деталей. Высота индуктора при этом должна быть не меньше длины (толщины) детали. Для получения одинаковой твердости по всей поверхности детали при нагреве и спрейерном охлаждении деталь должна непрерывно вращаться, так как в месте присоединения индуктора к токопроводящим шинам нагрев получается более слабым. Охлаждение, как правило, выполняется окунанием в охлаждающую среду.

*Непрерывно-последовательный* способ используется для закалки длинномерных деталей. При этом индуктор неподвижен, а деталь, охватываемая индуктором, имеет поступательное (протягивается через индуктор) и вращательное движение. Охлаждение в этом случае осуществляется спрейером.

*Последовательный* способ (поочередный) применяют в тех случаях, когда упрочнению подвергают лишь отдельные части детали (например, шейки вала под подшипники).

После закалки ТВЧ изделия подвергают низкому отпуску при температуре 150...200 °С, который производится обычно так же, как и после объемной закалки, – в электрических или газовых печах. Реже используется отпуск с индукционным нагревом с применением переменных токов промышленной частоты. Нагрев в этом случае выполняется с меньшей скоростью (15...20 *°С/с),* чем при ТВЧ.

Закалке ТВЧ подвергают детали, изготавливаемые в основном из конструкционных среднеуглеродистых сталей с содержанием углерода 0,4...0,55%. Легированные стали используются редко, так как при поверхностной закалке нет необходимости в увеличении прокаливаемости. Структура поверхностного закаленного слоя этих сталей – мелкопластинчатый мартенсит. Вслед за закаленным слоем располагается переходный слой, который претерпевает неполную закалку, он приобретает структуру мартенсита и феррита. Наличием переходного слоя объясняется плавное снижение твердости от поверхности к сердцевине деталей, имеющей исходную структуру феррита и перлита. Низкий отпуск, понижая закалочные напряжения, обеспечивает в поверхности структуру мартенсита отпуска и высокие твердость и прочность.

В результате закалки ТВЧ существенно (в 2...2,5 раза) повышается предел выносливости. Эго связано с тем, что в результате быстрого нагрева и резкого охлаждения при закалке ТВЧ в поверхностном слое возникают большие сжимающие напряжения. Они уменьшают опасные рабочие растягивающие напряжения (возникающие в процессе эксплуатации) на поверхности детали. Сердцевина, имеющая ферритно-перлитную структуру, обеспечивает достаточно хорошую ударную вязкость и имеет более высокую прочность, чем в цементованных деталях. Последнее достигается тем, что для изготовления деталей, подвергаемых закалке ТВЧ, используются стали с большей концентрацией углерода (0,4% и выше), в структуре которых больше более прочного перлита, чем феррита. Кроме того, для упрочнения сердцевины перед закалкой ТВЧ иногда выполняют улучшение (закалку и высокий отпуск), после которого сталь приобретает структуру зернистого сорбита. Поэтому, а также из-за большей толщины упрочненного поверхностного слоя (по сравнению с цементацией и азотированием) он будет хорошо воспринимать большие контактные нагрузки (не будет продавливаться).

Закалка ТВЧ особенно эффективна для изготовления тяжслонагружснных деталей, работающих в условиях повышенных износа, динамических и знакопеременных нагрузок (зубчатые колеса, валы и т.п.) Закалке ТВЧ подвергают некоторые режущие инструменты, изготавливаемые из углеродистых и легированных инструментальных сталей (напильники, ножовочные полотна). После закалки ТВЧ и низкого отпуска они приобретают структуру мартенсита и цементита вторичного и высокую твердость (62...65 *HRC),* а сердцевина сохраняет структуру перлита и цементита вторичного.

Закалка с индукционным нагревом ТВЧ имеет следующие преимущества:

* высокая производительность из-за высокой скорости нагрева в условиях массового и крупносерийного производства и возможность автоматизации;
* возможность местного нагрева;
* отсутствие обезуглероживания; из-за малого времени нагрева (секунды) диффузионные процессы не развиваются. По этой же причине при нагреве, несмотря на более высокие температуры закалки, сохраняется мелкое зерно аустенита и при последующем охлаждении в поверхностном слое образуется мелкопластинчатый мартенсит;
* значительно меньшие, чем при объемной закалке, объемные изменения и деформации (коробление), так как мартенситное превращение, вызывающее увеличение объема (и, следовательно, размеров) и появление закалочных напряжений, происходит лишь в поверхностных слоях.

Недостаток технологии – трудность или невозможность применения для деталей сложной конфигурации, поскольку сложно изготовить индуктор, огибающий их профиль с постоянной величиной зазора.

*Другие методы поверхностной закалки.* Достаточно широко используются методы поверхностной закалки со следующими способами нагрева поверхностного слоя изделий: газопламенный нагрев, нагрев в электролите, лазерный нагрев.

*Газопламенный нагрев* поверхности осуществляется ацетилено-кислородным пламенем с помощью специальной горелки. За счет высокой температуры пламени (2400...3100 °С) подводится значительное количество тепла и поверхность изделия быстро нагревается до температуры закалки, а сердцевина не успевает нагреться. Толщина прогреваемого слоя может регулироваться скоростью перемещения горелки относительно нагреваемой детали и расходом сжигаемой газовой смеси. Обычно она составляет 2...4 мм. После нагрева производят быстрое охлаждение окунанием или спрейером. Поверхность закаливается, приобретая структуру мартенсита с твердостью до 56 *HRC* в тонком поверхностном слое; структура нижележащих слоев – мартенсит и троостит. Сердцевина сохраняет исходную структуру (феррит и перлит). Поверхностная закалка с пламенным нагревом вызывает меньшие деформации, чем объемная, и сохраняет чистую поверхность без следов окисления. Газопламенный нагрев широко применяется для закалки крупных деталей, например металлургического оборудования (прокатных валков, валов, роликов для правки листов и т.п.), в ремонтном производстве.

*Нагрев в электролите.* Используется эффект нагрева катода при пропускании постоянного электрического тока напряжением 220...250 В через электролит, представляющий собой 5... 10%-ный раствор кальцинированной соды. Катодом является деталь, которая погружается в электролит, анодом – корпус ванны.

Положительно заряженные ионы водорода, возникающие в результате диссоциации электролита, направляются к поверхности детали (катода) и образуют вокруг нее плотную водородную оболочку. Она обладает большим электросопротивлением и нагревается до высоких температур. Оболочка нагревает поверхность детали, которая затем охлаждается непосредственно в электролите при отключении тока. В результате закалки в поверхностном слое образуется мартенсит закалки, а в сердцевине – сорбитообразный перлит и феррит.

*Лазерный нагрев* осуществляется твердотельными (оптическими) и газовыми квантовыми генераторами (лазерами). Лазерное излучение распространяется очень узким пучком с высокой концентрацией световой энергии, которая на поверхности закаливаемой детали трансформируется в тепловую. Оптические лазеры позволяют вести импульсный нагрев; газовые – непрерывный. При импульсном излучении на поверхности деталей образуются "пятна" закалки диаметром до 5 мм; при непрерывном – полоса шириной до 3 мм. Для нагрева поверхности осуществляется сканирование лазерного луча по поверхности за счет перемещения детали. Упрочнение выполняется с взаимным перекрытием или без перекрытия упрочняемых зон. Под действием лазерного излучения поверхность детали очень быстро (10-3... 10-7 с) нагревается до высоких температур. Закалка нагретых участков происходит благодаря интенсивному отводу тепла вглубь металла. Принудительного охлаждения при лазерной закалке не требуется.

Лазеры непрерывного излучения обеспечивают высокую производительность, равномерность упрочнения и позволяют обрабатывать поверхности любой формы. Толщина упрочняемого слоя составляет 0,3...1,0 мм. После закалки сталей, содержащих 0,35...0,45% углерода, структура упрочненного слоя состоит из следующих зон:

* зоны частичного оплавления, состоящей из дентритных кристаллов мартенсита. При полном плавлении тончайшего поверхностного слоя после затвердевания может образоваться слой аморфного металла, обладающего высокой твердостью. При большой скорости перемещения луча оплавления не происходит и эта зона отсутствует;
* зоны закалки с температурой выше *А*3 и структурой мартенсита;
* зоны неполной закалки с температурой в интервале *А*1*...А*3 со структурой мартенсита и феррита (для доэвтектоидной стали);
* сердцевина сохраняет исходную структуру.

Лазерная закалка применяется для термического упрочнения отдельных поверхностей деталей, работоспособность которых определяется износостойкостью и усталостной прочностью, а поверхностное упрочнение другими способами затруднено.

**Задание:**

1. Изучите теоретический материал.
2. Запишите в тетрадь:

- определение и цель поверхностной закалки;

- технологию закалки ТВЧ, примеры изделий, для которых проводится закалка ТВЧ;

- достоинства и недостатки закалки ТВЧ;

- технологию газопламенного нагрева (закалки), нагрева в электролите, лазерной закалки.

 **Задания выложены в Google Classroom, код курса nhz3w26**

**Форма отчета.**

1. Сделать фото заполненной таблицы в тетради.
2. **Срок выполнения задания** 09.11.2020г.
3. **Получатель отчета.** Сделанные фото прикрепляем в Google Класс.