

## Причины брака возникающего в детали типа «втулка»

А.М. Каип<sup>1</sup>, Г.П. Уляшева<sup>1</sup>, К.Н. Пантюхова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

В данной статье были исследованы причины появления брака при изготовлении детали. С помощью проведенного ряда микроисследований были представлены результаты по определению вероятных причин появления продольных волосовидных трещин. На основании полученных данных предложен наиболее эффективный способ исправления часто выявляемых дефектов.

*Ключевые слова: обезуглероживание, дислокация, наклеп, дробеструйная обработка, мартенсит.*

На детали втулка, выполненной из стали 40 (допускается сталь 45) обнаружены продольные волосовидные трещины, расположенные с двух диаметрально противоположных сторон в местах с наименьшей толщиной стенки трубы, выходящие на торцевую поверхность (рис. 1). Данный вид брака сопутствует большому количеству изготовленных деталей [1].

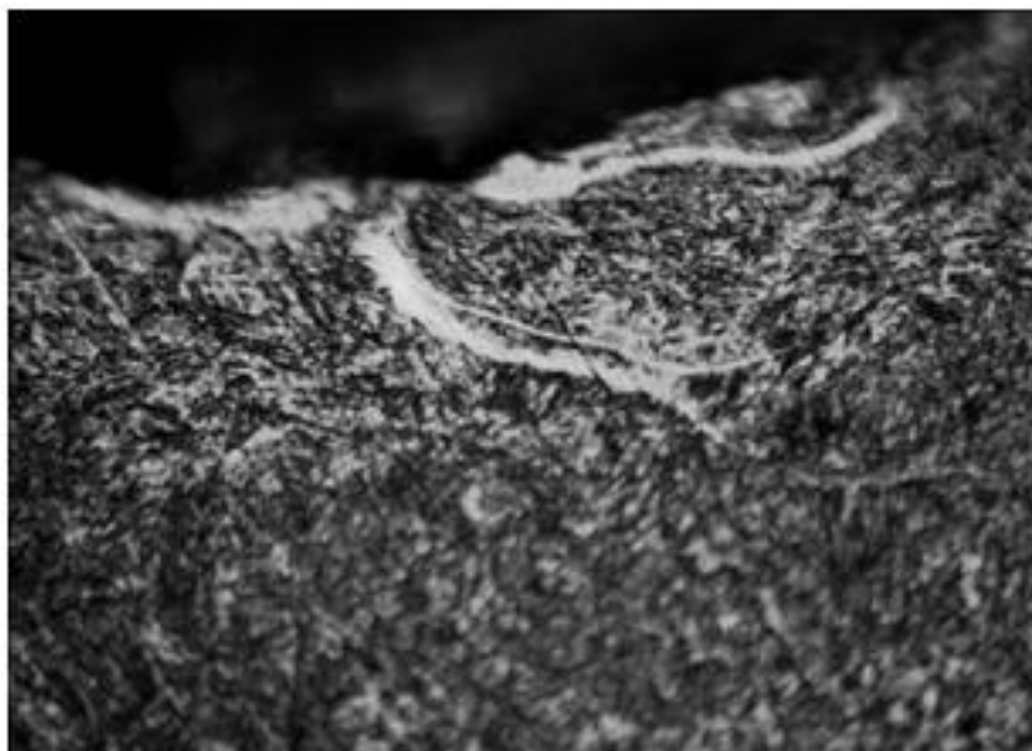


Рисунок 1 – Волосовидные трещины на торцевой поверхности детали "втулка".  
Увеличение x1000

Был проведен ряд исследований с целью установления причины брака.

При микроисследовании в районе расположения трещин на торцевой поверхности обнаружено наличие цементованного слоя толщиной около 1,7 мм с поверхностной твердостью 61–62 HRC. Микроструктура цементованного слоя: на поверхности преимущественно отпускаемый мартенсит с мелкими включениями цементита (рис. 2). По направлению к сердцевине детали карбидные включения исчезают, сменяясь однородной троостно-мартенситной структурой. Крупнозернистость, являющаяся следствием перегрева, отсутствует. Такое строение свидетельствует об удовлетворительном качестве закалки.

Руководствуясь ОСТ 3-4704-80. "Детали гусеничных машин. Методы контроля и правила приемки после термической обработки" по избыточным карбидам микроструктура оценивается в один балл и по остаточному аустениту в три балла. Окисление, обезуглероживание по кромкам трещин отсутствует. Это указывает на то, что трещины возникли уже после термической обработки детали [2].



Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного слоя детали "втулка".  
Увеличение x500

На рис. 2 в местах расположения трещин просматриваются светлые, плохо травящиеся полосы, представляющие собой высоконапряженные, сильно деформированные участки структуры.

Содержание углерода в стали 40 по ГОСТу 1055-88 варьируется в интервале от 0,37 до 0,45 %. Цементация приводит к повышению содержания углерода в поверхностном слое до 0,8–0,9 %. Углерод, растворяясь в кристаллической решетке железа по способу внедрения, существенно упрочняет и несколько охрупчивает сталь. Подстуживание после цементации до температур несколько выше  $A_1$  (согласно ГОСТ  $A_1=724$  °C) приводит к

выделению из аустенита цементита вторичного. Последующая закалка позволяет получить мартенсит в котором сохраняются, выделившиеся ранее включения цементита. Такая структура позволяет существенно повысить износостойкость на поверхности втулки. Но довольно высокое содержание углерода в основном объеме детали, снижает вязкость сердцевины.

Дробеструйная обработка детали, необходимая, для очистки окислившегося при термической обработки металла, вызывает дополнительное упрочнение на поверхности. Холодная пластическая деформация приводит к появлению наклепа и при этом плотность дислокаций достигает критических значений, что и вызывает образование трещин (рис. 3) [3].

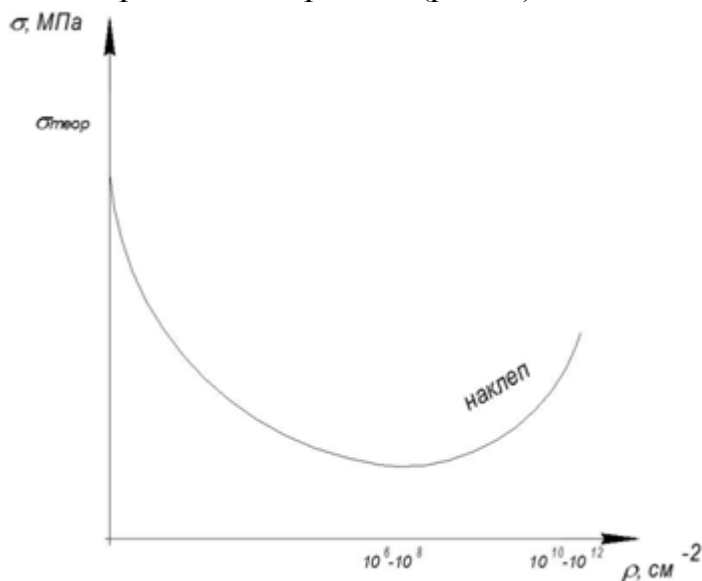


Рисунок 3 – Зависимость прочности от плотности дислокаций

В результате проведенных исследований установлено, что трещины на детали образовывались в процессе дробеочистки. Достаточно тонкий (1,7 мм) цементованный слой твердостью 60–61 HRC, прилегающий к участкам тонкого сечения, охрупчивается под воздействием значительных сжимающих напряжений.

Сталь 40 и сталь 45 хорошо подвергаются закалкам токами высокой частоты (ТВЧ). Простая форма детали "втулка" не требует индукторов сложной формы. Втулка размещается в индукторе, выполненном в форме спирали или петли. Ток высокой частоты подводится от генератора к индуктору. При прохождении тока через индуктор возрастает неравномерность его распределения по сечению проводника. Чем выше частота, тем тоньше слой, через который проходит ток. И таким образом, разогреваются лишь тонкие поверхностные слои. При этом скорость нагрева достигает сотен градусов в секунду, что приводит к смещению фазовых превращений в область более высоких температур. В доэвтектоидных сталях 40 и 45 повышение температуры при индукционном нагреве обгоняет диффузию атомов углерода, в результате чего избыточный феррит превращается в малоуглеродистый аустенит [4].

Следовательно, температура высокочастотной закалки должна быть выше температуры закалки при обычном печном нагреве и тем выше, чем больше скорость нагрева и грубее выделения избыточного феррита. Таким образом для стали 40, которую при печном нагреве закалывают с температур 840–860 °С, при индукционном нагреве со скоростью 250 °С/с необходимо закалывать с температур 880–920 °С, а при скорости нагрева 400 °С/с – с 930–980 °С.

С увеличением скорости нагрева скорость возникновения зародышей аустенита становится гораздо выше скорости их роста. Поэтому при индукционном нагреве, которому сопутствует сильный перегрев относительно критических температур  $A_1$  и  $A_3$ , а также отсутствие выдержки при максимальной температуре, образуется мелкозернистый аустенит с неравномерным распределением в нем углерода. Последнее приводит к малой устойчивости переохлажденного аустенита и требует интенсивного охлаждения, чтобы не допустить перлитного распада. Очень мелкое аустенитное зерно позволяет получать после закалки структуру безыгольчатого ("бесструктурного") мартенсита, обеспечивающего не только высокую прочность и износостойкость, но и удовлетворительную вязкость. Кроме того высокая скорость нагрева не вызывает окисление поверхности детали.

После закалки ТВЧ вязкость поверхностных слоев детали будет выше, чем после цементации и последующей закалки. Следовательно, возможность проявления перенаклепа при дробеструйной обработке значительно уменьшится.

Таким образом, трещины на детали образовались в процессе дробеочистки из-за наличия на прилегающей к участкам тонкого сечения торцевой поверхности хрупкого, твердого (61–61 HRC) цементованного слоя глубиной около 1,7 мм. Замена цементации на закалку ТВЧ позволит избежать брака при изготовлении данных деталей.

#### Библиографический список.

1. Фетисов Г.П. Материаловедение и технологии металлов / Под ред. Фетисов Г.П. и др. – М.: Высшая школа. 2000 – 638 с.
2. ОСТ 3-4704-80 «Детали гусеничных машин. Методы контроля и правила приемки после термической обработки»..
3. Дальского А.М. Технология конструкционных материалов: Учебник для машиностроительных специальностей вуза / Под общей ред. Дальского А.М. – М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.
4. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия. 1978.- 392 с