

## Лекция № 18.

### Изменения структуры и свойств металлов в результате поглощения лазерного излучения.

#### *1. Структурные изменения металлов облученных лазерным излучением.*

Термическое действие поглощенного лазерного излучения поверхности металла ведет не только к нагреванию, плавлению и испарению материала, но и часто вызывает изменение структуры и свойств материала в месте обработки и в зонах, прилегающих к месту воздействия лазерного пучка. Характер изменений зависит от свойств обрабатываемого материала и от величины энергии и мощности поглощенного излучения.

В результате исследований обнаружили появление ранее не встречавшихся мелкозернистых, крупнозернистых и дендритных структур, фотографии которых показаны ниже на рис. 18.1, 18.2, 18.3.

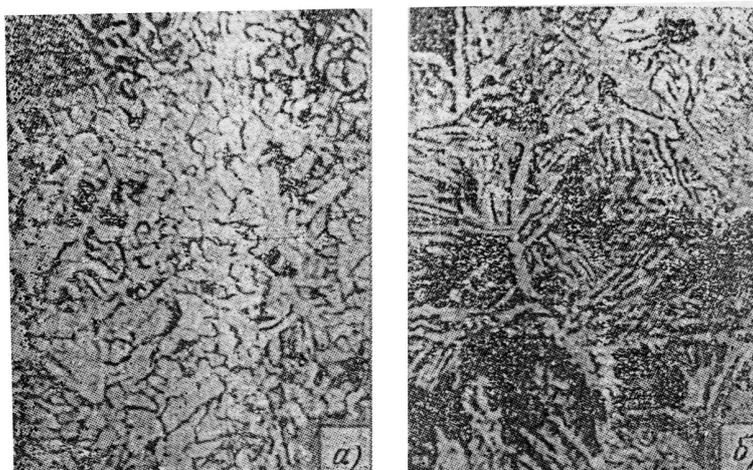


Рис.18.1 Изменение структуры низкоуглеродистой стали (0.2 % С) в результате плавления, вызванного поглощением излучения CO<sub>2</sub> лазера непрерывного действия (а - перед плавлением, б – после плавления.)



Рис.18.2 Структура продольного сечения околоповерхностного слоя отверстия, выполненного в стали 40 импульсами сфокусированного излучения лазера на стекле с неодимом.

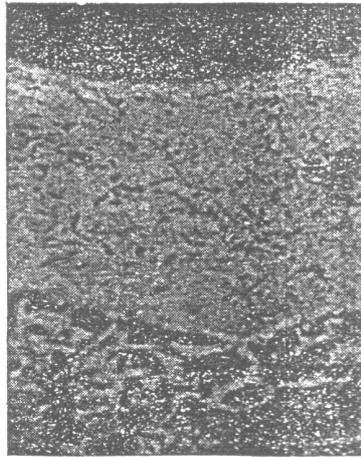


Рис.18.3 Шлиф части лунки, полученной в стали 45 в результате воздействия одного импульса излучения лазера на стекле с неодимом продолжительностью 1.8 мс, плотность энергии 77 Дж/мм<sup>2</sup>.

Главная причина этого – непродолжительность процессов плавления и рекристаллизация металла, связанная с большой скоростью изменения температуры и ее большими градиентами в месте действия лазерного пучка, например во время обработки металла импульсами излучения твердотельных лазеров скорость изменения температуры достигает  $10^7 \div 10^9$  С<sup>0</sup>/сек, а ее градиенты  $10^5$  С<sup>0</sup>/см. Структурные изменения металла вызванное лазерной обработкой появляются как при сварке так и после резания или сверления.

## ***2. Изменения в металлах в результате изготовления отверстий или резание лазерным пучком.***

Многочисленные исследования изменения в структуре свойств металлов в результате сверления отверстий и лунок показали, что существует несколько слоев изменившегося материала:

- расплавленный и застывший металл на стенках отверстия или реза;
- расплавленный металл, выброшенный из отверстия или реза и застывший вокруг него;
- слой сильно разогретого не расплавившегося металла около места действия пучка лазерного излучения.

Структура расплавленного и застывшего металла на стенках отверстия сильно изменяется по сравнению с первоначальной структурой материала. Вообще этот слой покрывает всю поверхность отверстий или лунки. Он частично пористый и слабо связан с основой. Этот слой может иметь изменившиеся физические свойства, например большую или меньшую твердость. Толщина этого слоя зависит от времени действия лазерного пучка и может достигать до 100 мкм, хотя обычно она не превышает 10-40 мкм. Наибольшие изменения в структуре слоя.

В слое сильно нагретого не расплавленного материала около места действия пучка лазерного излучения в некоторых случаях также наблюдаются значительные изменения свойств и структуры. Наибольшие изменения происходят в стали. Суммарная толщина обоих слоев может достигать 100-300 мкм при воздействии импульсов лазерного излучения большой энергии и до 3 мм при воздействии излучения лазеров непрерывного действия.

При сверлении отверстий или лунок в стали, застывший слой может иметь мартенситную структуру как показано на рис. 18.2 и 18.3 и обладает значительно большей макротвердостью. В этом случае также могут наблюдаться изменения микротвердости. Слой сильно нагретого материала лежащий под застывшим слоем не обнаруживает больших структурных изменений, только в случае действия импульсных изменений (100-300Дж) в нем появляются большие зерна, а также микротрещины.

### ***3. Изменения металла после сварки лазерным пучком.***

Лазерная сварка заключается в непродолжительном плавлении и последующей рекристаллизации соединяемых металлов. При импульсном плавлении (время действия до нескольких мс) однородных металлов, например меди, молибдена, рекристаллизованный слой характеризуется значительным увеличением зерна. При плавлении и сваривании сплавов, а также соединении разных металлов часто наблюдаются дендритные и мелкозернистые структуры. Из-за очень малой продолжительности процесса импульсного, сваривание полученные сплавы редко имеют упорядоченную структуру. Часто они представляют собой смесь независимо рекристаллизованных металлов либо плавление одного металла в другой.

При сваривании металлов пучком лазерного излучения непрерывного действия время воздействия несколько больше, поэтому в сплаве образуются упорядоченные структуры. В случае непрерывной лазерной сварки стали, наблюдается, как при резании и сверлении увеличение твердости слоя металла прилегающего к шву, что показано в виде схемы на рис. 18.4. Твердость самого шва тоже значительно возрастает.

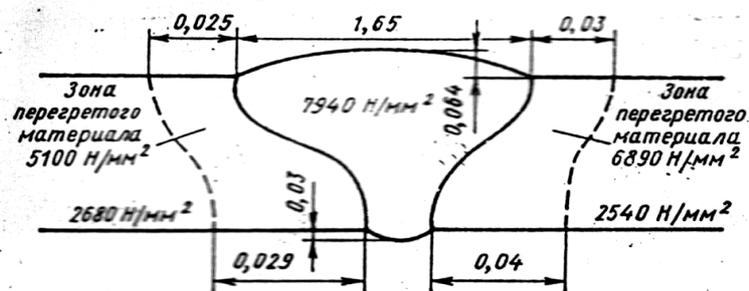


Рис.18.4 Сечение стыкового шва пластин из коррозионностойкой стали и мягкой стали толщиной 3.3 мм. Приведены размеры и твердости шва и зоны перегретого материала. Шов сделан CO<sub>2</sub> лазером непрерывного действия (мощность 2кВт).

В глубоких швах полученных с помощью CO<sub>2</sub> лазера большой мощностью непрерывного действия, отмечено значительно меньшее загрязнение шва окисями и соединениями азота, чем в основном материале около шва. Эти соединения сильно поглощают излучения с длиной волны  $\lambda=10,6$  мкм и испаряются в процессе сварки, что значительно улучшает механические свойства шва.