

Основные параметры импульсной лазерной закалки и характеристики упрочненной поверхности

К основным параметрам импульсной лазерной закалки относятся энергия в импульсе W , Дж, диаметр лазерного пятна $dл$ мм, и длительность импульса τ мс. Иногда в качестве энергетических характеристик лазеров используют такие величины, как мощность в импульсе $P_u = W_u / \tau_i, Вт$, и среднюю мощность лазера, Вт,

$$P_{cp} = P_u \cdot \tau_i \cdot f_i$$

где f — частота следования импульсов, Гц.

При условии, что энергия по пятну распределена равномерно, параметры можно объединить:

$$E = W_u / S_n \cdot \tau_i = P_u / S$$

где S_n — площадь лазерного пятна, см²; E — плотность мощности, Вт/см².

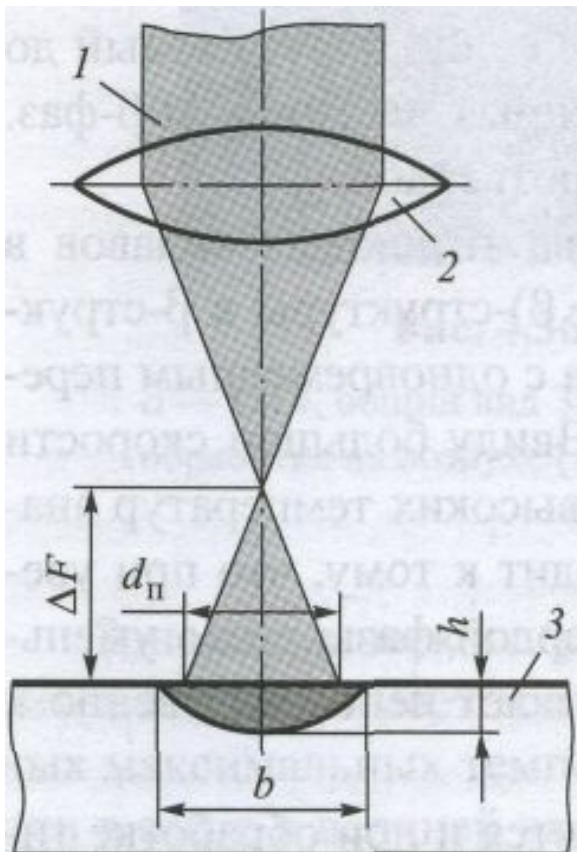


Рис. 4.38. Схема импульсной лазерной закалки: 1-луч лазера; 2 –линза; 3 -деталь

Обработку проводят в расходящемся пучке, так как это позволяет обеспечить оптимальные показатели качества термоупрочнения (рис. 4.38). При этом необходимый диаметр пятна подбирают изменением расфокусировки ΔF . Для увеличения равномерности распределения энергии по пятну необходимо использовать максимальную энергию накачки, которая регулируется напряжением накачки установки. Плотность мощности излучения изменяют путем изменения энергии в импульсе и диаметра лазерного пятна, при этом следует учитывать, что при изменении W может изменяться и длительность импульса τ .

Упрочненная одним импульсом зона лазерного воздействия в поперечном сечении имеет вид сегмента глубиной h и шириной b . Обычно ширина зоны не равна диаметру пятна $d_{\text{п}}$

Особенности лазерной закалки в защитных средах

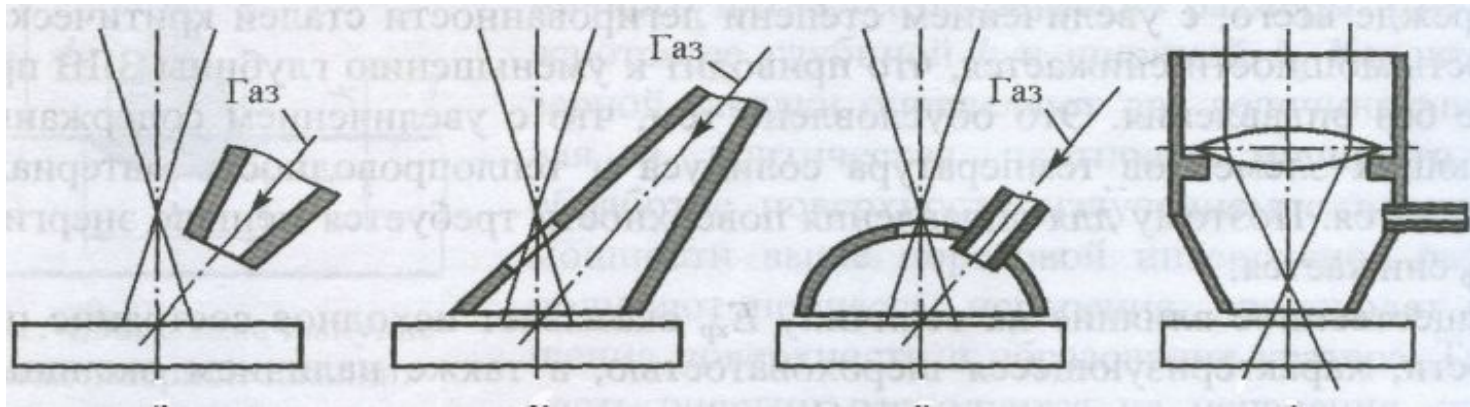


Схема 1. Применение сопла, удобнп для визуального контроля за процессом

Схема 2. Уменьшает возможность попадания воздуха в зону обработки

Схема 3. Уменьшает динамическое воздействие газовой струи на зону обработки

Схема 4. из-за возможности загрязнения линзы, редко применяется.эта схема

При фокусировании излучения сферической оптикой облученная зона в плане имеет вид круга диаметром D . Тогда в случае однокоординатной (линейной) обработки скорость упрочнения определяется из выражения

$$v = \frac{L}{t} = \frac{nDK_0}{t} = DK_0 f$$

, где D — длина участка упрочнения; t — время обработки; n — число импульсов; K_0 — коэффициент перекрытия; f — частота следования импульсов.

При двухкоординатной обработке одним из основных параметров является шаг s относительного перемещения по оси x и шаг s' перемещения по оси y . От соотношения этих шагов и диаметра зоны облучения зависят степень заполнения (упаковки) профиля, эффективность процесса. Обработка может быть реализована по одной из четырех схем (табл. 2). Эффективность обработки по схеме характеризуется коэффициентом использования импульсов K_n , который определяется из соотношения

$$K_n = \frac{4F'}{n\pi D^2}$$

где F' — площадь облученной поверхности

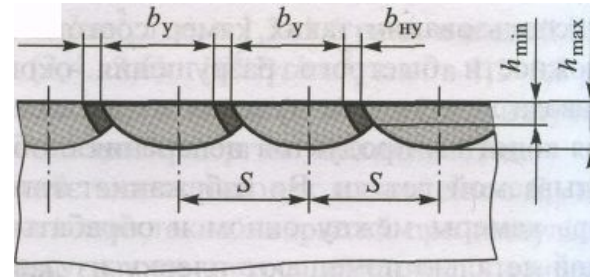
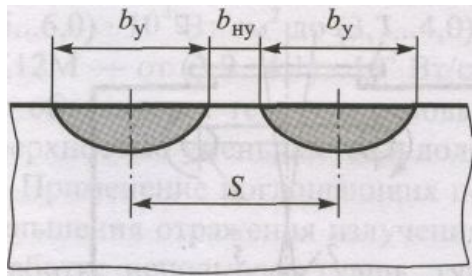
Производительность процесса двухкоординатной обработки

$$P = \pi D^2 K_u f / 4$$

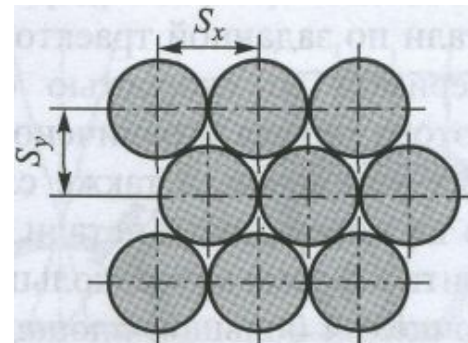
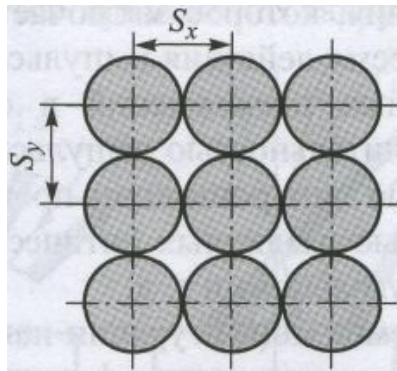
Это выражение может быть использовано для ориентировочной оценки производительности, так как реальные условия вносят свои коррективы. Например, при $D = 4$ мм, $K_u = 0,74$ (см. табл. 4, схема 3) и $f = 1$ Гц производительность упрочнения составит 550 мм²/мин

К технологическим характеристикам упрочнения импульсным излучением относятся размерные параметры (диаметр единичной зоны упрочнения, ширина линейного упрочнения, глубина упрочненной зоны), степень упрочнения (микротвердость), шероховатость обработанной поверхности и др. На эти характеристики влияют вид обрабатываемого материала, схема обработки, энергетические параметры облучения, эффективность поглощения излучения, среда и т. п. Так, с увеличением плотности мощности излучения q возрастает - как ширина B (диаметр единичного пятна D), так и глубина H зоны линейного упрочнения. Однако для каждого вида материалов существует некоторое пороговое значение q , после которого начинается разрушение (эрозия) материала.

Схемы поверхностной обработки импульсным излучением Таблица



Схемы наложения нескольких пятен при $Kл > 1$ (а) и $Kл < 1$ (б)
(без перекрытия, с перекрытием)



. Схемы расположения нескольких пятен с обходом по контуру при $Kл = 1$

При использовании цилиндрической оптики увеличивается и производительность обработки, но практика показывает, что обход по контуру для получения устойчивой глубины ЗЛВ целесообразно проводить при энергии не менее 30 Дж.

Принципиально возможны две схемы обхода по контуру (см. рис. 4.42). В схеме 1 пятна во всех рядах расположены друг под другом, а шаг по координате X равен шагу по координате Y . Схема 1 более проста для технологического использования и позволяет произвести упрочнение большего контура. Ее применяют при использовании сферической и цилиндрической оптики. В схеме 2 имеет место смещение пятен в рядах на половину шага, причем шаг по координате Y меньше, чем шаг по координате X . Схема 2 более сложна в конструктивном исполнении. Ее применяют только при использовании сферической оптики; качество упрочнения при этом выше, так как доля неупрочненной части поверхности здесь меньше.

Было установлено, что коэффициент перекрытия оказывает влияние на характеристики упрочненной поверхности. При обработке с перекрытием пятен ($K_{\text{п}} < 1$) в упрочняемом металле имеются зоны двух-, трех- и четырехкратного нагрева. Ввиду этого на периферийных участках пятна, где сталь и чугун нагреваются ниже критической температуры $A_{\text{с}}$, образуются зоны отпуска, микротвердость в которых снижается до 3000...6000 МПа. Это приводит к тому, что при импульсной закалке железоуглеродистых сплавов достичь величину доли неупрочненного участка равной 0 принципиально невозможно. Соотношение размеров упрочненных зон и размеров зон отпуска во многом зависит от коэффициента перекрытия $K_{\text{п}}$. С увеличением этого коэффициента размер упрочненного участка увеличивается и при шаге $S = b_y + b_{ny}$ становится максимальным. При этом $K_{\text{п}} \sim 1$. В процессе дальнейшего увеличения шага и коэффициента перекрытия доля неупрочненной части поверхности возрастает (см. рис. 4.41). Изменение коэффициента перекрытия также сказывается и на шероховатости поверхности. При лазерной закалке с оплавлением с возрастанием $K_{\text{п}}$ шероховатость в общем случае повышается и в зависимости от плотности мощности может составлять 8... 100 мкм. Коэффициент перекрытия также оказывает существенное влияние на равномерность глубины упрочненного слоя: с его увеличением отношение $h_{\text{min}} / h_{\text{max}}$ возрастает, особенно существенно это наблюдается при $K_{\text{п}} > 0,6$. Поэтому с целью достижения наибольшей эффективности и высокого качества упрочненного слоя процесс импульсной закалки проводят при $K_{\text{п}} \sim 0,5$.