

УДК 621.791

## ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

С.В. Булавкин<sup>1</sup>, Н.С. Зубков<sup>1</sup>, Л.Е. Афанасьева<sup>1</sup>, А.Б. Залётов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тверской государственный технический университет,  
кафедра технологии металлов и материаловедения

<sup>2</sup>Тверской государственный университет,  
кафедра прикладной физики

Исследованы особенности влияния лазерной резки на структуру и свойства наплавленной быстрорежущей стали. Определена возможность применения лазерной обработки для черновой вырезки рабочих отверстий в наплавленных матрицах координатно-револьверного пресса.

Лазерная обработка материалов находит широкое применение в различных областях техники. Применение лазеров приводит к резкому увеличению производительности труда, к улучшению качества и повышению надежности продукции. Физические механизмы изучались в ряде работ [2; 4–6]. Было установлено, в частности, что при обработке металлов в интервале температур от сотен до нескольких тысяч градусов перенос энергии осуществляется с помощью электронной проводимости. Фононная теплопроводность, играющая существенную роль при низких температурах, в указанном интервале температур мала по сравнению с электронной.

На начальном этапе лазерной резки металлов процессы аналогичны сварке с глубоким проплавлением: происходит образование канала, заполненного парами металла [3–5]. Процесс кристаллизации протекает в отдельных тонких слоях (рис. 1). Для первичной кристаллизации жидкого металла необходимо образование зародышей (центров кристаллизации) и их непрерывный рост. В начале кристаллизации центрами ее являются не полностью расплавленные зерна основного металла, находящиеся на дне сварочной ванны. Каждый кристаллит, растущий от отдельного зерна на границе сплавления, представляет собой группу совместно растущих элементарных столбчатых кристаллов, сросшихся одним концом с общим основанием, т.е. с оплавленным зерном основного металла.

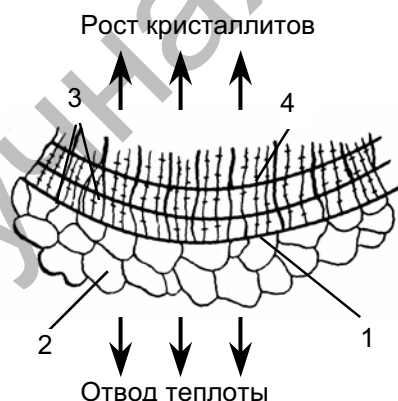


Рис. 1. Схема роста кристаллитов:  
1 – граница плавления; 2 – зерна  
основного металла; 3 – кристалли-  
зационные слои; 4 – растущие  
кристаллиты

Разрезание металла происходит путем удаления расплава с передней стенки струей кислорода. Образующиеся оксиды расплавляются и выдуваются струей кислорода из зоны реза. Поверхность реза остается оплавленной и практически не окисленной [4; 5]. При такой обработке обеспечивается минимальная ширина зоны термического влияния и, следовательно, минимальное ухудшение свойств металла в этой зоне.

Целью данной работы являлось определение возможности применения лазерной обработки для черновой вырезки рабочих отверстий в наплавленных матрицах координатно-револьверного пресса. Необходимость поиска новых методов обработки наплавленных матриц обусловлена тем, что при применении дуговой наплавки быстрорежущими сталями рабочих частей штампов образуются большие припуски на механическую обработку. Наплавленный слой имеет высокую твердость HRC 62...64, что затрудняет дальнейшую механическую обработку [1; 2].

Для решения поставленной задачи потребовалось изготовить образцы для исследований. На заготовку из среднеуглеродистой среднелегированной стали 30ХГСА была осуществлена одноваликовая наплавка порошковой проволокой, по химическому составу близкой к быстрорежущей стали Р9М4К8, дугой прямого действия на постоянном токе обратной полярности в защитной среде аргона. Наплавка совмещалась с закалкой. Структура наплавленного металла: мартенсит + карбиды + остаточный аустенит. Наплавленный слой имеет твердость HRC 62...64.

После наплавки в наплавленном слое заготовки лазером Amada LC-2415 $\alpha$  вырезалось отверстие глубиной 4,5 мм и диаметром 35 мм на следующих режимах:

Скорость режки $v$ , мм/мин	Мощность излучения $P$ , Вт	$f$ , Гц	Заполнение, %	Давление газа $F$ , МПа
2200	2000	2000	55	0,6

Из полученного образца изготавливали микрошлиф, поверхность которого травили 3% раствором HNO<sub>3</sub>. Для изучения структуры наплавленного металла использовалась компьютерная установка на базе оптического металлографического микроскопа МИМ-8. Микротвердость определялась при помощи прибора ПМТ-3 согласно ГОСТ 2999-75.

В результате проведенных исследований установлено, что поверхностный слой образца имеет выраженную неоднородную структуру и состоит как минимум из трех слоев. Наружный слой имеет характерное для закалки из жидкого состояния дендритное строение. В результате плавления и нагрева в зоне термического влияния произошло частичное растворение содержащихся в стали карбидных фаз. Высвободившийся углерод и легирующие элементы в процессе нагрева и охлаждения перешли в твердый раствор. Аустенит становится более легированным и повышается его устойчивость к распаду.

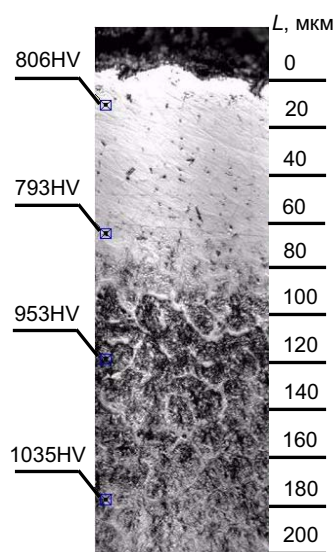


Рис. 2. Микроструктура наплавленной стали Р9М4К6 и микротвёрдость в характерных точках после лазерной резки

При охлаждении твердого раствора из области аустенизации со скоростями, превышающими критические, в нем образуется высокодисперсный мартенсит, сохраняется повышенное количество остаточного аустенита. Это подтверждается тем, что в поверхностном слое толщиной 80...100 мкм снижается микротвердость (светлая область на рис. 2), т.е. произошло разупрочнение металла. Для устранения аустенита остаточного в инструментальных быстрорежущих сталях проводят отпуск при температуре 560°C [1]. Отпуск снижает содержание аустенита остаточного, обеспечивая на рабочей кромке инструмента требуемую твердость. После отпуска необходимо проведение финишной абразивной обработки, позволяющей получить заданные размеры и шероховатость поверхности.

Таким образом, лазерная резка наплавленной быстрорежущей стали и последующий отпуск обеспечивают требуемый комплекс свойств материала и дают возможность отказаться от экономически нецелесообразного процесса механической обработки лезвийным инструментом.

Предлагаемую технологию планируют использовать при изготовлении и восстановлении вырубных штампов для координатно-револьверных прессов на Торжокском вагоностроительном заводе.

#### Список литературы

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1975.
2. Коваленко В.С. Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера. Киев: Техника, 1990.
3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н. Оборудование и технология лазерной обработки материалов. М.: Высшая школа, 1990.
4. Рыкалин Н.Н. Лазерная обработка материалов. М.: Машиностроение, 1975.
5. Yilbas B.S. Laser cutting quality assessment and thermal efficiency analysis //Journ. Mater. Processing Techn. 2004. V. 155–156. P. 2106–2115.
6. Powell J. CO<sub>2</sub> Laser Cutting. Berlin: Springer, 1998.