

УДК 621.373.826:621.78.001+621.9

САЕ-ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗАЦИИ ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Балакиров С. Н., Ярьсько С. И.

Самарский филиал ФИАН, г. Самара

В практике импульсной лазерной термообработки режущего инструмента (РИ) преобладает экспериментальный метод выбора режима упрочнения, позволяющий с точностью, необходимой на практике, выполнить лазерную обработку (ЛО) конкретного типа инструмента. Ряд специфических моментов, касающихся выбора режимов и условий упрочнения в зависимости от геометрии инструмента, расположения лазерного источника на упрочняемой поверхности, временных и пространственных характеристик лазерного излучения (ЛИ), возникающих при отработке технологии упрочнения конкретного типоразмера инструмента, накладывает существенные ограничения на возможность реализации процесса упрочнения в автоматическом режиме.

Повышение эффективности упрочняющей ЛО инструмента и обеспечение автоматизации процесса упрочнения могут быть достигнуты на основе детальных численных расчетов температурного поля в режущем клине инструмента. В настоящей работе решение данной задачи выполнено в трехмерной постановке методом конечных элементов в программном пакете ANSYS Workbench.

Моделировался нагрев режущего клина инструмента лазерным импульсом треугольной формы длительностью 10 мс с равномерным распределением плотности энергии ЛИ по сечению лазерного пятна. В экспериментах угол заострения β изменялся от 45° до 85° с шагом 5° , радиус скругления при вершине между главной и вспомогательной режущими кромками полагался равным $R=0,8$ мм, радиус заточки $r=0,1$ мм. Свойства материала соответствовали стали P18.

Область лазерного воздействия на передней поверхности инструмента моделировалась в виде двух вложенных друг в друга квадратных участков, что соответствует процессу упрочнения с использованием фокусирующего призматического раstra [1, 2]. В модели размер центральной зоны был принят равным 3×3 мм, общий размер пятна ЛО – 4×4 мм. В каждой из зон распределение плотности энергии принималось равномерным. Приложение тепловой нагрузки было реализовано с помощью подведения теплового потока Heat Flux, причем в центральную зону величиной вдвое больше, чем в периферийную. Положение центра пятна задавалось в декартовых координатах: X (ось абсцисс) – вдоль главной режущей кромки, Y (ось ординат) – вдоль вспомогательной режущей кромки.

При моделировании плотность энергии ЛИ и параметры зоны лазерного воздействия (ЗЛВ) определялись при следующих условиях: 1) температура на поверхности ЗЛВ не должна превышать температуру плавления, принятую в расчетах для стали P18 как 1250°C , 2) с учетом сдвига критических точек температура дна зоны закалки была принята равной 930°C . При расчетах за показатели оптимальности режимов ЛО были приняты глубина зоны упрочнения на главной и вспомогательной режущих кромках, в центре пятна ЛО и протяженность упрочненной зоны вдоль режущих кромок.

В результате численных экспериментов были разработаны методики выбора технологических параметров процесса лазерного упрочнения РИ и рекомендации по организации процесса упрочняющей ЛО инструмента:

- при углах заострения $\beta=45-55^\circ$ однорядная двукратная с коэффициентом

покрытия $K=0,6-0,7$ импульсная упрочняющая ЛО инструмента при плотности энергии ЛИ $\varepsilon \approx 2,22-2,28$ Дж/мм² обеспечивает наилучшие характеристики ЗЛВ: глубину упрочнения до 70 мкм, коэффициент равномерности ЗЛВ до 0,93, ширину упрочненной зоны до 5,5-5,9 мм;

- при углах заострения режущей кромки $\beta=60-85^\circ$ лучшие характеристики ЗЛВ достигаются при однорядной моноимпульсной упрочняющей ЛО инструмента, если центр пятна ЛО находится на расстоянии 1,7 мм от главной режущей кромки (рис. 1а). В этом случае при плотности энергии $\varepsilon \approx 2,28$ Дж/мм² достигаются глубина упрочнения 67 мкм, ширина зоны упрочнения у главной режущей кромки $\Delta x \approx 3,1-3,15$ мм и обеспечивается наибольшая равномерность глубины ЗЛВ.

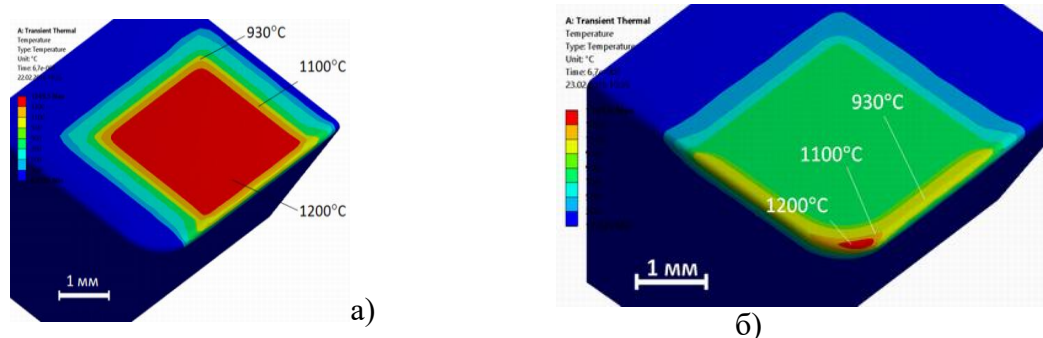


Рис. 1. Распределение температуры на передней поверхности режущего клина инструмента: а – $X=2,8$ мм; $Y=1,7$ мм; б – $X=1,5$ мм; $Y=1,6$ мм

Особый интерес и определенные сложности при упрочнении РИ любого типа вызывает ЛО вершины режущего клина. По данным моделирования для моноимпульсной ЛО вершины режущего клина с углом заострения $\beta=60^\circ$ (рис. 1б) оптимальным является расположение центра зоны облучения в точке с координатами ($X=1,5$ мм; $Y=1,6$ мм). При выполнении этого условия и значении плотности энергии равном $\varepsilon=1,56$ Дж/мм² не наблюдается оплавления режущих кромок, глубина упрочненной зоны в вершине инструмента составляет 138 мкм, ее протяженность в диагональном сечении равна 0,32 мм, вдоль главной режущей кромки – 2,911 мм, вдоль вспомогательной режущей кромки – 2,870 мм.

Разработанная параметрическая электронная модель и методика расчета температурного поля на режущих кромках и вершине режущего клина позволяют определять режимы и условия упрочняющей ЛО, при которых обеспечиваются наилучшие параметры ЗЛВ. На основе анализа модели разработаны рекомендации по применению ЛО для упрочнения инструмента различного вида и назначения. При автоматизации процесса упрочнения лезвийного инструмента разработанная методика расчета режимов ЛО инструмента может быть положена в основу выбора условий и режимов упрочнения, обеспечивающих наилучшие параметры ЗЛВ.

Библиографический список

1. Козаков, А. Т. Исследование методом оже-спектроскопии состава поверхности многокомпонентных сплавов при импульсном лазерном воздействии [Текст] / А.Т. Козаков, С. И. Ярьско // Физика и химия обраб. материалов. – 2010. – №3. – С.67-73.
2. Ярьско, С. И. Особенности износа режущего инструмента после лазерного упрочнения на воздухе и в среде инертного газа / Ярьско С. И. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2009. – №3. – С.40-43.