

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОГО
ПОВЕРХНОСТНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ЧЕРЕЗ ЖИДКУЮ ФАЗУ**

Кизина Я.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Токмин А.М.

Сибирский федеральный университет

Традиционные металлургические способы получения и обработки известных сплавов практически исчерпали свои возможности в повышении механических свойств. Ожидать получения новых материалов с применением широко распространенных технологий, которые могли бы значительно превосходить физико-механические свойства известных, не приходится. Именно поэтому, в последнее десятилетие наиболее распространена тенденция решения проблемы за счет совершенствования существующих и применения новых, преимущественно высокоэнергетических технологий получения и упрочнения материалов, нанесения покрытий и др.

Применение современных металлообрабатывающих комплексов и станков с ЧПУ, а также повышение твердости и прочности обрабатываемого материала, приводит к ужесточению условий работы режущего инструмента. Известно, что стойкость режущего инструмента во многом определяется способностью противостоять изнашиванию кромок и поверхностей. Важнейшая роль в сопротивлении изнашиванию принадлежит поверхностным слоям инструмента. В последние годы поверхностному упрочнению инструментов уделяется все большее внимание.

Существует три основных способа поверхностного упрочнения металлов и сплавов. Первый способ – это нанесение твердых и износостойких покрытий на основной металл (на поверхность изделий). Известно достаточно большое количество таких видов упрочнения: гальванические, детонационные, ионно-плазменные покрытия; покрытия на основе металлоподобных и неметаллических соединений типа карбидов, нитридов, боридов, оксид и др. Второй способ поверхностного упрочнения – это поверхностное легирование путем диффузии через твердую фазу без оплавления основного металла. Сюда входят все виды химико-термической обработки: азотирование, цементация, хромирование, борирование и другие.

Третий способ – легирование поверхности изделий (поверхностное легирование) через жидкую фазу. Частным случаем этого вида поверхностного упрочнения является легирование поверхности изделий через жидкую фазу с использованием лазерного нагрева до оплавления основного металла. В данном способе упрочнения поверхности, легирующие элементы (наиболее подходящий состав – титан, ниобий, углерод) входят в состав так называемой обмазки, в состав которого входит порошок требуемого химического состава и связующее вещество. Обмазка создает большое тепловое сопротивление на границе слой-матрица, что снижает эффективность лазерного легирования.

Особенностью этого метода является то, что диффузия атомов и растворимость легирующих элементов в жидком состоянии намного больше, чем в твердом состоянии. Это обеспечивает резкое сокращение длительности насыщения, а соответственно, и повышение производительности процесса, при этом образуются пересыщенные твердые растворы с повышенной твердостью. При быстрой кристаллизации расплавленного металла в зоне упрочнения получается мелкозернистая структура с повышенными физико-механическими свойствами. Это обеспечивает существенное повышение работоспособности режущего инструмента.

Лазерное термическое упрочнение с оплавлением поверхности отличается от обычного лазерного термического упрочнения большими размерами зон лазерного воздействия, более выраженной неоднородностью структуры поверхностного слоя, кото-

рая состоит, как правило, минимум из трех слоев. Наружный слой имеет денитридное строение, характерное для закалки из жидкого состояния. Далее располагается зона термического влияния, переходный слой и материал основы.

Микрорентгеноструктурным и микрорентгеноспектральным анализами установлено, что изменения в структуре при легировании выбранными элементами происходит только в зоне плавления. Под действием импульса титан, ниобий и углерод вследствие их активации и перемешивания в жидкой ванне расплава вступают во взаимодействие с матрицей, образуя твердые растворы и химические соединения. Зона плавления имеет мелкодисперсную структуру и отличается от нижележащей зоны термического влияния наличием денитридных игл, ориентированных в направлении теплоотвода, что является характерным для структур, образовавшихся при закалке из жидкого состояния.

Типичные микроструктуры легированных слоев в стали У10 после насыщения титаном, ниобием, и углеродом представлены на рисунках 1, 2. Во всех случаях наблюдается переход от крупнозернистой (поверхностный слой зоны плавления) к мелкозернистой структуре (нижний слой зоны плавления, граничащий с зоной термического влияния).



Рис. 1. Микроструктура зоны легирования стали У10 после насыщения ниобием и титаном, количество обмазки: 12 мг/см^2

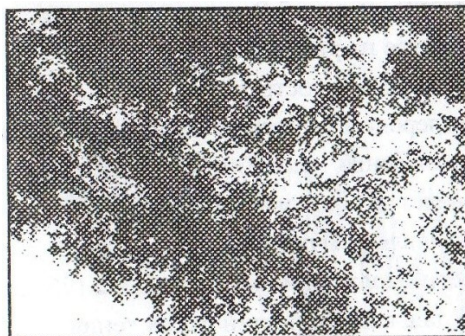


Рис. 2. Микроструктура зоны легирования стали У10 после насыщения ниобием и титаном, количество обмазки: 25 мг/см^2

Характерной особенностью легированных слоев, независимо от вида насыщающего элемента, является наличие зон с различной травимостью, которые могут располагаться в любой части зоны плавления. Различия в травимости и значениях микротвердости связаны с изменением концентрации легирующих элементов по объему ванны плавления, что является следствием развития ликвации при лазерном легировании.

В основе данного метода поверхностного упрочнения лежит три режима лазерного нагрева. При действии лазерного излучения сравнительно небольшой интенсивности обрабатываемый материал нагревается до определенной температуры T . При этом в какой-то момент времени в поверхностном слое будет иметь место распределение темпе-

ратур (рис. 3, а). С увеличением интенсивности или времени воздействия теплового источника температура материала на поверхности повысится и может достичь температуры плавления T_m . На поверхности образуется расплав, фронт которого начнет проникать вглубь материала (рис. 3, б). Дальнейшее увеличение интенсивности облучения приводит к тому, что температура материала на поверхности превысит температуру испарения T_v . В результате испарения материала поверхность, поглощающая лазерное излучение, будет перемещаться в направлении действия лазерного луча (рис. 3, в).

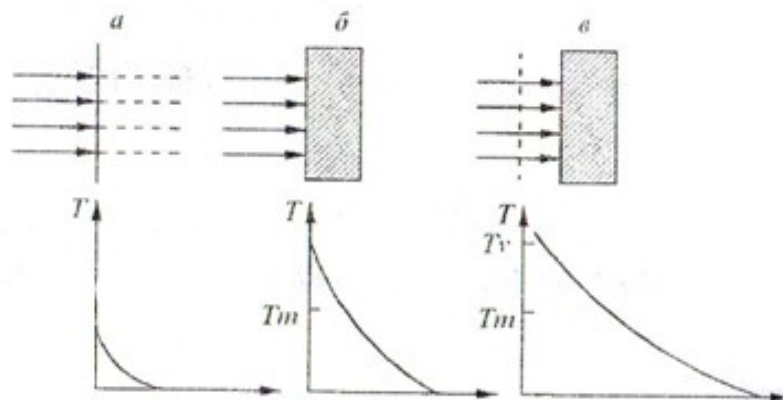


Рис. 3. Схема физических процессов и распределение температур в поверхностном слое (стрелками указано излучение ОКГ; штриховой показан расплавленный слой)

Таким образом, после лазерного легирования образуется неравномерная структура, состоящая из мелкодисперсных карбидов титана, карбидов ниобия и легированного цементита, мартенсита и большого количества легированного титаном и ниобием аустенита. Карбиды после лазерной обработки дисперснее и распределены более равномерно.

В данной работе была предпринята попытка создания модели кинетических процессов, проходящих при лазерном легировании поверхности металла через жидкую фазу. Реакции в материале протекают со сверхскоростями и отследить их существующими устройствами и методами весьма затруднительно.

Созданная виртуальная демонстрация, обоснованная на физико-химических процессах в условиях лазерной технологии, поможет лучше понять природу происходящих процессов, даст возможность наблюдать за эволюцией структур и фаз, а также понять механизм упрочнения поверхности материала при лазерной обработке.

Для демонстрации лазерного поверхностного легирования, в данной работе был выбран материал основного металла – сталь У10. Как упоминалось ранее, состав обмазки – порошки титана, ниобия и углерода (в виде графита) – Ti (60%)+ Nb (30%)+ C (10%), толщина обмазки – 12-25 мг/см².

Модель учитывает все физические параметры и экспериментальные характеристики лазерного поверхностного легирования. Скорость перемещения образца составляет 0,4 - 0,6 м/мин; глубина легированного слоя – 150 мкм; лазерного излучения – 18–25 Дж.

Виртуальная модель протекающих процессов при лазерном легировании была разработана в программе *Adobe Flash CS3 Professional*. Программа для создания профессиональных анимационных *Flash*-файлов. *Adobe Flash CS3 Professional* обладает расширенным набором инструментов для работы с *Flash*-технологией. *Flash* представляет собой очень удобное инструментальное средство для анимации, в особенности потому что возможности этой программы отнюдь не ограничиваются одной только анимацией и эффектами. Эти возможности позволяют создавать проекты, отличающиеся изумительной

графикой, художественной оригинальностью, расширенными функциями и свойствами приложений. Большинство других анимационных программ такими возможностями не обладают.

Список использованных источников:

1. Белашова И. С. Поверхностное упрочнение инструментальных сталей /И. С. Белашова, Д. П. Шашков// - М., «Технополиграфцентр», 2004. – 296 с.
2. Виноградов В. М. Износостойкие покрытия круговых протяжек для нарезания цилиндрических зубчатых колес /В. М. Виноградов// Технология металлов – 2008. – №9. – С. 33 – 35.