

УДК 621.791.755

ЛАЗЕРНАЯ НАПЛАВКА СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЬЕВ ФРЕЗЫ

Хисамутдинов Р.М., Звездин В.В., Хисамутдинов М.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, e-mail: sunnywind@list.ru

Применение высококонцентрированных источников энергии для наплавки поверхности зубьев фрезы и упрочнения ее поверхности является одним из способов улучшить качество технологического процесса (ТП). Это поверхностная лазерная закалка и наплавка. При этом необходимо достижение требуемых показателей качества упрочнения поверхности. Данные показатели (глубина упрочненной зоны, микротвердость, шероховатость поверхности, микроструктура, химический состав зоны термического воздействия и т.п.) зависят от параметров лазерного технологического комплекса (ЛТК), к которым относятся плотность энергии излучения, скорость перемещения лазерного излучения и температура зоны взаимодействия лазерного луча с поверхностью детали. Для криволинейных поверхностей добавляются перпендикулярность и фокусное расстояние оптической системы ЛТК.

Ключевые слова: лазерная наплавка, математическая модель, червячная фреза

LASER CLADDING SPECIAL POWDER FOR DURABILITY IMPROVEMENT OF TEETH CUTTERS

Khislamutdinov R.M., Zvezdin V.V., Khislamutdinov M.R.

Kazan (Volga) Federal University, Kazan, e-mail: sunnywind@list.ru

One of the quality improvement methods of technological process (TP) of cutter teeth surface cladding and its wear resistance is the use of highly-concentrated sources of energy which include surface laser cladding. At the same time it is necessary to achieve the target quality parameters. These parameters (depth of the instrument pad weld, wear resistance, micro-hardness, surface roughness, microstructure, chemical composition of the applied coat area etc.) depend on the process system (PS) parameters which include energy density, its conveying speed and temperature of interaction zone with the instrument surface. For cammed surfaces squareness and focal length of laser optical system and plasma flow are added. The aim of the study is to carry out on the basis of the results of hardening of surface analysis techniques to improve the quality of the process.

Keywords: laser welding mathematical model hob

Применение высококонцентрированных источников энергии для наплавки поверхности зубьев фрезы и упрочнения ее поверхности является одним из способов улучшить качество технологического процесса (ТП). Это поверхностная лазерная закалка и наплавка [1, 2]. При этом необходимо достижение требуемых показателей качества упрочнения поверхности. Данные показатели (глубина упрочненной зоны, микротвердость, шероховатость поверхности, микроструктура, химический состав зоны термического воздействия и т.п.) зависят от параметров лазерного технологического комплекса (ЛТК), к которым относятся плотность энергии излучения, скорость перемещения лазерного излучения и температура зоны взаимодействия лазерного луча с поверхностью детали. Для криволинейных поверхностей (зуб фрезы, рис. 1) добавляются перпендикулярность и фокусное расстояние оптической системы ЛТК.

Анализ способов улучшения качества технологического процесса проведенный на основе полученных практических результатов по упрочнению поверхности считается целью проводимого исследования.

Для получения при различных скоростях резания, различной температуре рабочего процесса протекающего в условиях сухого трения или при использовании СОЖ, с различными удельными нагрузками и давлениями повышенной износостойкости применяются для нанесения покрытия на инструментальные стали различные износостойкие сплавы, например Ni-Cr-B-Si-Fe, ВогоТес – Eutalloy® 10009 – хромоникелевый сплав. Результатом сложных процессов, протекающих при физическом износе кромок инструмента, сопровождаемым усталостью, пластической деформацией, и диффузионными процессами является износостойкость. Результатом этого является рост режущих вырубных усилий обусловленный изменением геометрии режущей кромки инструмента из-за износа. Степень износа зависит от температуры рабочего процесса и характере нагрузки. При динамическом характере она выше.

На износостойкость влияет не только свойства и структура стали из которой изготовлен инструмент, но и свойства материала обрабатываемой детали, а так же внешние условия процесса обработки. Увеличение

твердости стали, из которой изготовлен инструмент, снижает ее вязкость. Для увеличения износостойкости при воздействии на инструмент при обработке повышенной динамической нагрузки, требуется повысить запас вязкости инструмента при неизменной твердости и содержании карбидов. Часто нужно стремиться ограничить твердость что приведет к повышению вязкости. В то же время чем больше твердость поверхности, тем выше износостойкость [3].

Газы находящиеся в атмосфере, такие как N_2 , O_2 , и H_2 как и восстанавливающийся до кислорода и углерода при высоких температурах углекислый газ проникая в жидкий металл при ТП лазерной наплавки ухудшают качество и защита от них зоны воздействия потока энергии является необходимым условием. Поэтому гелий и аргон используют в качестве защитной атмосферы при проведении процессе лазерной наплавке.

Лазерная наплавка. Обработку полученных данных статистическими методами и моделирование поверхности зуба червячной фрезы применяют для получения экспериментальных зависимостей [4]. Для контроля значения подрезания ножки зуба шестерни и параметров оптической системы лазерного технологического комплекса (ЛТК) осуществляют моделирование поверхности червячной фрезы. Согласно универсальной для зуборезного инструмента схемы делают моделирование поверхности впадин и выступов инструмента. Применяя комбинации сечений торцевыми плоскостями и сечений поверхностями вращения с образующими, которые описываются кусочно- заданными кубическими функциями осуществляют построение производящей

поверхности [6, 7]. Оптимизацию условия формообразования рабочих поверхностей режущих кромок инструмента и контроль параметров ЛТК на этапах технологического процесса осуществляют используя разработанную математическую модель [5].

Результаты проведенного на эмиссионном спектрометре модели «SPECTROMAXx» согласно ГОСТ 18895-97 химического анализа материала фрезы в процентах представлены в таблице.

Направлениями совершенствования являются как развитие технологии нанесения твердых сплавов, так и улучшение состава твердых сплавов (в том числе совершенствуется и технология их изготовления).

Результат процесса лазерной наплавки на фрагменте зуба червячной фрезы приведен на рис. 1. Материал порошка Ni-Cr-B-Si-Fe, BoroTec – Eutalloy® 10009 – хромоникелевый сплав, материал фрезы сталь P18K5Ф2). Дефект передней кромки зуба червячной фрезы приведен на рис. 2.

Наплавленный слой состоящий из порошка марки Ni-Cr-B-Si-Fe, BoroTec – Eutalloy® 10009 – хромоникелевый сплав и флюса здесь отчетливо различим. Оптимальное содержание легирующих элементов, кремния и марганца, а также ограничение содержания фосфора и серы в слое наплавленного металла обеспечивается применением флюса марки АН-43.

На рис. 4 показан зуб червячной фрезы с контуром термического влияния ЛИ. Наплавленный слой имеет толщину менее 0,1 мм, при глубине термического влияния около 0,4 мм. Микротвердость у поверхности составляет HV0,05 885 и достигает величины HV0,05 769 на расстоянии 0,1 мм. от поверхности.

Содержание элементов, % марки стали P18K5Ф2

| C | S | P | Si | Mn | Cr | Ni | Cu | W | Co | Mo | V |
|------|-------|-------|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|
| 0,85 | 0,007 | 0,020 | 0,20 | 0,27 | 4,3 | 0,15 | 0,11 | 18,1 | 4,9 | 1,0 | 1,8 |



Рис. 1. Результат процесса лазерной наплавки фрагмента зуба червячной фрезы



Рис. 2. Фрагмент зуба червячной фрезы с дефектом передней кромки



Рис. 3. Фото поверхности зуба фрезы после обработки воздействия импульсного лазерного излучения. 1 – зона воздействия

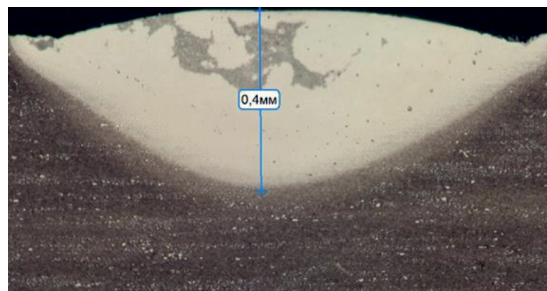


Рис. 4. Контур термического влияния зуба червячной фрезы (увеличение $\times 80$). (Φ 0,5 мм, мощность ЛИ – 1,2 кВт)



Рис. 5. Фотография процесса лазерной наплавки металла



Рис. 6. Фотография процесса лазерной закалки металла

Взаимозависимость положения фокуса ЛИ, его энергии и диаметра зоны взаимодействия показана при проведении экспериментальных исследований.

Рис. 5 и 6 показывают характеризующий режимы наплавки и закалки процесс нагрева металла происходящий в зоне взаимодействия.

Плотность энергии в зоне термообработки ЛИ определяет данные режимы.

Микроструктура фрезы исследована на подвергнутом упрочнению ЛИ микрошлифе участка режущей кромки расположенном поперечно оси симметрии зубьев (рис. 7).

В нижней области снимка (темная зона) видна область с неизменной структурой основы (сталь P18K5Ф2 при микротвердости 771 HV_{0,05}), в верхней части снимка (светлая зона) видно микроструктуру порошка Ni-Cr-B-Si-Fe, BoroTec – Eutalloy® 10009 – хромоникелевый сплава и имеющую микротвердость 922 HV_{0,05}. Зона протекания диффузионных процессов между порошком и сталью P18K5Ф2 являющаяся переходной со структурой игольчатого мартенсита и микротвердостью – 852 HV_{0,05} расположена между ними. Замеры микротвердости проводились по ГОСТ 9450-76.

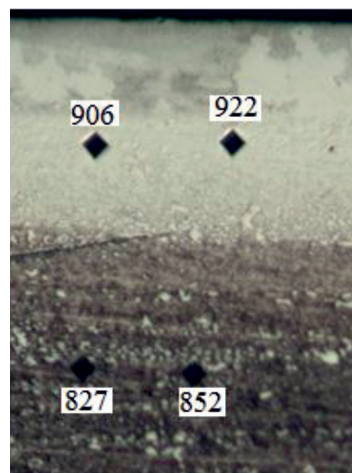


Рис. 7. Микроструктура зуба червячной фрезы с результатами замеров микротвёрдости (увеличение $\times 200$)

Только стали, устойчивые к отпуску являются износостойкими при высокой температуре рабочего процесса. Распад мартенсита уменьшает твердость рабочей кромки что приводит к сильному снижению износостойкости. Необходимо минимизировать последующую механическую обработку при наплавке твердых сплавов.



Рис. 8. График результатов замеров микротвёрдости в единицах HV0,05 по глубине

В рамках опытных работ проводилась лазерная наплавка порошка марки VoroTec – Eutalloy® 10009 по стали P18K5Ф2 с использованием флюса марки АН-43 был выявлен ряд изменений структуры металла и фазовых превращений происходящий в процессе нагрева и последующего охлаждения происходящий при термообработке, характеризующийся видом термического цикла. Первоначальный нагрев некоего элемента объема до температуры $T_{\text{ус}}$ последующим быстрым охлаждением до температуры ниже $T_{\text{а}}$ необходим для процесса наплавки стали. Данный процесс проходит при достижении температуры плавления в зоне обработки температуры порошка и металла. Восстановление зубьев фрезы и получение других структур проходит при одновременном ухудшении качества поверхности.

Выводы

Физико-химические свойства материалов инструмента, порошка, флюса и среды технологического процесса оказывают влияние на процесс лазерной наплавки высокопрочных покрытий имеющих повышенную износостойкость. Причиной этого являются различная химической активности и теплофизические свойства приводящие к различному распределению теплового поля. Удельный энерговклад источника энергии и все виды взаимодействия среды и металла характеризуют температурную зависимость для зоны напыления и наплавки. Оптималь-

ные значения и стабильность показателей зависящих от физико-химических свойств и температуры среды оказывают влияние на качество процесса наплавки.

Список литературы

1. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. Пособие для вузов / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с.: ил.
2. Физические основы лазерной обработки материалов: учебное пособие/ В.Ф. Лосев, Е.Ю. Морозова, В.П. Ципилев // Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 199 с.
3. Хисамутдинов Р.М., Звездин В.В. Песошин В.А., Галанина Н.А. Имитационное моделирование процесса лазерной закалки инструмента // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. – С. 193–199.
4. Модель формирования микроструктур в металлах при лазерной обработке / В.В. Звездин, А.В. Хамадеев, Р.Б. Каримов, Р.А. Кисаев // Проектирование и исследование технических систем: Межвуз. науч. Сборник. Вып. № 11 – Наб. Челны: Изд-во ИНЭКА, 2008. – С. 150-154.
5. Хисамутдинов Р.М. Автоматизация расчетов параметров инструментов червячного типа для компенсации систематической составляющей // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика, телекоммуникации, управление. – 2011. – № 2. – С. 166-168.
6. Khisamutdinov R.M., Khisamutdinov M.R. New technology of production preparation on the basis of models, methods and means of automation of processes of creation and operation of the instrument // Theses of reports of International scientific-practical conference «Education, science and production. New technologies as a tool of strategy of development and modernization 2020. – Kazan, June 19, 2012, Kazan: Publishing house «MSPRESS», 2012. – P. 276.
7. Khisamutdinov R.M., Khisamutdinov M.R. Tool Creation and Operation System Development for Large Engineering Enterprises / World Applied Sciences Journal Dubai, 2014. IDOSI Publications. P. 588-591.