**Поверхностная лазерная обработка**

Курсовая работа

Исполнитель студент группы Ф-31 Гармилин Р.В.

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорыны

Гомель 2007

**Введение**

Создание лазеров — совершило революцию в науке и технике. За два десятилетия после их возникновения формировались новые фундаментальные и прикладные направления физической оптики — оптическая квантовая электроника и нелинейная оптика. В настоящее время невозможно представить ни современные фундаментальные исследования, ни решение технических и технологических задач без использования лазеров.

Лазеры - это генераторы и усилители когерентного излучения в оптическом диапазоне, действие которых основано на индуцированном (вызванном полем световой волны) излучении квантовых систем - атомов, ионов, молекул, находящихся в состояниях, существенно отличных от термодинамического равновесия. Лазеры, как и мазеры, генераторы и усилители СВЧ диапазона, называют еще квантовыми генераторами (усилителями), поскольку поведение участвующих в их работе частиц описывается законами квантовой механики. Принципиальным отличием лазеров от всех других источников света (тепловых, газоразрядных и др.), представляющих собой по сути дела источники оптического шума, является высокая степень когерентности лазерного излучения. С созданием лазеров в оптическом диапазоне появились источники излучения, аналогичные привычным в радиодиапазоне генераторам когерентных сигналов, способные успешно использоваться для целей связи и передачи информации, а по многим своим свойствам - направленности излучения, полосе передаваемых частот, низкому уровню шумов, концентрации энергии во времени и т.д. - превосходящие классические устройства радиодиапазона.

**Глава I. Лазер. История создания. Принцип действия.**

**История создания лазера**

Слово "лазер" составлено из начальных букв в английском словосочетании Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, что в переводе на русский язык означает: усиление света посредством вынужденного испускания. Таким образом, в самом термине лазер отражена так фундаментальная роль процессов вынужденного испускания, которую они играют в генераторах и усилителях когерентного света. Поэтому историю создания лазера следует начинать с 1917 г., когда Альберт Эйнштейн впервые ввел представление о вынужденном испускании.

Это был первый шаг на пути к лазеру. Следующий шаг сделал советский физик В. А. Фабрикант, указавший в 1939 г. на возможность использования вынужденного испускания для усиления электромагнитного излучения при его прохождении через вещество. Идея, высказанная В. А. Фабрикантом, предполагала использование микросистем с инверсной заселенностью уровней. Позднее, после окончания Великой Отечественной войны В. А. Фабрикант вернулся к этой идее и на основе своих исследований подал в 1951 г. заявку на изобретения способа усиления излучения при помощи вынужденного испускания. На эту заявку было выдано свидетельство, в котором под рубрикой "Предмет изобретения" было написано: "Способ усиления электромагнитных излучений (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного и радиодиапазонов волн), отличающейся тем, что усиливаемое излучение пропускают через среду, в которой с помощью вспомогательного излучения или другим путем создают избыточною по сравнению с равновесной концентрацию атомов, других частиц или их систем на верхних энергетических уровнях, соответствующих возбужденным состояниями".

Первоначально этот способ усиления излучения оказался реализованным в радиодиапазоне, а точнее в диапазоне сверхвысоких частот. В мае 1952 г. на Общесоюзной конференции по радиоспектроскопии советские физики Н. Г. Басов и А. М. Прохоров сделали доклад о принципиальной возможности создания усилителя излучения в СВЧ диапазоне. Они назвали его "молекулярным генератором". Практически одновременно предложение об использовании вынужденного испускания для усиления и генерирования миллиметровых волн было высказано в Колумбийском университете в США американским физиком Ч. Таунсом.

В 1954 г. молекулярный генератор, названный вскоре мазером, стал реальностью. Он был разработан и создан независимо и одновременно в двух точках земного шара - в Физическом институте имени П. Н. Лебедева Академии наук СССР и в Колумбийском Университете в США.

Впоследствии от термина "мазер" и произошел термин "лазер" в результате замены буквы "М" (начальная буква слова Microwave - микроволновой) буквой "L" (начальная буква слова Light - свет). В основе работы, как мазера, так и лазера лежит один и тот же принцип - принцип, сформулированный . В. А. Фабрикантом. Появление мазера означало, что родилось новое направление в науке и технике. Вначале его называли квантовой радиофизикой, а позднее стали называть квантовой электроникой.

В 1955 г. Н. Г. Басов и А. М. Прохоров обосновали применение метода оптической накачки для создания инверсной заселенности уровней. В 1957 г. Н. Г. Басов выдвинул идею использования полупроводников для создания квантовых генераторов; при этом он предложил использовать в качестве резонатора специально обработанные поверхности самого образца. В том же году В. А. Фабрикант и Ф. А. Бутаева наблюдали эффект оптического квантового усиления в опытах с электрическим разрядом в смеси паров ртути и небольших количествах водорода и гелия. В 1958 г. А. М. Прохоров и независимо от него американский физик Ч. Таунс теоретически обосновали возможность применения явления вынужденного испускания в оптическом диапазоне; он выдвинули идею применения в оптическом диапазоне не объемных, а открытых резонаторов. Заметим, что конструктивно открытый резонатор отличается от объемного тем, что убраны боковые проводящие стенки и линейные размеры резонатора выбраны большими по сравнению с длинной волны излучения.

Таким образом, интенсивные теоретические и экспериментальные исследования в СССР и США вплотную подвели ученых в самом конце 50-х годов к созданию лазера. Успех выпал на долю американского физика Т. Меймана. В 1960 г. в двух научных журналах появилось его сообщение о том, что ему удалось получить на рубине генерацию излучения в оптическом диапазоне. Так мир узнал о рождении первого "оптического мазера" - лазера на рубине. Первый образец лазера выглядел достаточно скромно: маленький рубиновый кубик (1x1x1 см), две противоположные грани которого, имели серебряное покрытие (эти грани играли роль зеркала резонатора), периодически облучались зеленым светом от лампы-вспышки высокой мощности, которая змеей охватывала рубиновый кубик. Генерируемое излучение в виде красных световых импульсов испускалось через небольшое отверстие в одной из посеребренных граней кубика.

В том же 1960 г. американскими физиками А. Джавану, В. Беннету, Э. Эрриоту удалось получить генерацию оптического излучения в электрическом разряде в смеси гелия и неона. Так родился первый газовый лазер, появление которого было фактически подготовлено экспериментальными исследованиями В. А. Фабриканта и Ф. А. Бутаевой, выполненными в 1957 г.

Начиная с 1961 г., лазеры разных типов (твердотельные и газовые) занимают прочное место в оптических лабораториях. Осваиваются новые активные среды, разрабатывается и совершенствуется технология изготовления лазеров. В 1962-1963 гг. в СССР и США одновременно создаются первые полупроводниковые лазеры.

**Принцип действия лазеров**

Чтобы понять принцип работы лазера, нужно более внимательно изучить процессы поглощения и излучения атомами квантов света. Атом может находиться в различных энергетических состояниях с энергиями E1, E2 и т. д. В теории Бора эти состояния называются стабильными. На самом деле стабильным состоянием, в котором атом может находиться бесконечно долго в отсутствие внешних возмущений, является только состояние с наименьшей энергией. Это состояние называют основным. Все другие состояния нестабильны. Возбужденный атом может пребывать в этих состояниях лишь очень короткое время, порядка 10–8 с, после этого он самопроизвольно переходит в одно из низших состояний, испуская квант света, частоту которого можно определить из второго постулата Бора. Излучение, испускаемое при самопроизвольном переходе атома из одного состояния в другое, называют спонтанным. На некоторых энергетических уровнях атом может пребывать значительно большее время, порядка 10–3 с. Такие уровни называются метастабильными. Переход атома в более высокое энергетическое состояние может происходить при резонансном поглощении фотона, энергия которого равна разности энергий атома в конечном и начальном состояниях. Переходы между энергетическими уровнями атома не обязательно связаны с поглощением или испусканием фотонов . Атом может приобрести или отдать часть своей энергии и перейти в другое квантовое состояние в результате взаимодействия с другими атомами или столкновений с электронами. Такие переходы называются безизлучательными. В 1916 году А. Эйнштейн предсказал, что переход электрона в атоме с верхнего энергетического уровня на нижний может происходить под влиянием внешнего электромагнитного поля, частота которого равна собственной частоте перехода. Возникающее при этом излучение называют вынужденным или индуцированным. Вынужденное излучение обладает удивительным свойством. Оно резко отличается от спонтанного излучения. В результате взаимодействия возбужденного атома с фотоном атом испускает еще один фотон той же самой частоты, распространяющийся в том же направлении. На языке волновой теории это означает, что атом излучает электромагнитную волну, у которой частота, фаза, поляризация и направление распространения точно такие же, как и у первоначальной волны. В результате вынужденного испускания фотонов амплитуда волны, распространяющейся в среде, возрастает. С точки зрения квантовой теории, в результате взаимодействия возбужденного атома с фотоном, частота которого равна частоте перехода, появляются два совершенно одинаковых фотона-близнеца. Именно индуцированное излучение является физической основой работы лазеров.

На рис. 1 схематически представлены возможные механизмы переходов между двумя энергетическими состояниями атома с поглощением или испусканием кванта.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1.  Условное изображение процессов (a) поглощения, (b) спонтанного испускания и (c) индуцированного испускания кванта. |

Рассмотрим слой прозрачного вещества, атомы которого могут находиться в состояниях с энергиями E1 и E2 > E1. Пусть в этом слое распространяется излучение резонансной частоты перехода ν = ΔE / h. Согласно распределению Больцмана, при термодинамическом равновесии большее количество атомов вещества будет находиться в нижнем энергетическом состоянии. Некоторая часть атомов будет находиться и в верхнем энергетическом состоянии, получая необходимую энергию при столкновениях с другими атомами. Обозначим населенности нижнего и верхнего уровней соответственно через n1 и n2 < n1. При распространении резонансного излучения в такой среде будут происходить все три процесса, изображенные на рис. 1. Эйнштейн показал, что процесс (a) поглощения фотона невозбужденным атомом и процесс (c) индуцированного испускания кванта возбужденным атомом имеют одинаковые вероятности. Так как n2 < n1 поглощение фотонов будет происходить чаще, чем индуцированное испускание. В результате прошедшее через слой вещества излучение будет ослабляться. Это явление напоминает появление темных фраунгоферовских линий в спектре солнечного излучения. Излучение, возникающее в результате спонтанных переходов, некогерентно и распространяется во всевозможных направлениях и не дает вклада в проходящую волну.Чтобы проходящая через слой вещества волна усиливалась, нужно искусственно создать условия, при которых n2 > n1, т. е. создать инверсную населенность уровней. Такая среда является термодинамически неравновесной. Идея использования неравновесных сред для получения оптического усиления впервые была высказана В. А. Фабрикантом в 1940 году. В 1954 году русские физики Н. Г. Басов и А. М. Прохоров и независимо от них американский ученый Ч. Таунс использовали явление индуцированного испускания для создания микроволнового генератора радиоволн с длиной волны λ = 1,27 см. За разработку нового принципа усиления и генерации радиоволн в 1964 году все трое были удостоены Нобелевской премии. Среда, в которой создана инверсная населенность уровней, называется активной. Она может служить резонансным усилителем светового сигнала. Для того, чтобы возникала генерация света, необходимо использовать обратную связь. Для этого активную среду нужно расположить между двумя высококачественными зеркалами, отражающими свет строго назад, чтобы он многократно прошел через активную среду, вызывая лавинообразный процесс индуцированной эмиссии когерентных фотонов. При этом в среде должна поддерживаться инверсная населенность уровней. Этот процесс в лазерной физике принято называть накачкой. Начало лавинообразному процессу в такой системе при определенных условиях может положить случайный спонтанный акт, при котором возникает излучение, направленное вдоль оси системы. Через некоторое время в такой системе возникает стационарный режим генерации. Это и есть лазер. Лазерное излучение выводится наружу через одно (или оба) из зеркал, обладающее частичной прозрачностью. На рис. 2 схематически представлено развитие лавинообразного процесса в лазере.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 2.  Развитие лавинообразного процесса генерации в лазере. |

**Особенности лазерного излучения**

Лазерные источники света обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с другими источниками света:

1. Лазеры способны создавать пучки света с очень малым углом расхождения (около 10-5 рад).

2. Свет лазера обладает исключительной монохроматичностью. В отличие от обычных источников света, атомы которых излучают свет независимо друг от друга, в лазерах атомы излучают свет согласованно. Поэтому фаза волны не испытывает нерегулярных изменений.

3. Лазеры являются самыми мощными источниками света. В узком интервале спектра кратковременно (в течение промежутка времени продолжительностью порядка 10-13 с) у некоторых типов лазеров достигается мощность излучения 1017 Вт/см2

**Классификация лазеров**

Классификация лазеров производиться с учетом как типа активной среды, так и способа ее возбуждения ( способа накачки ). По способу накачки следует, прежде всего, выделить два способа – оптическую накачку и накачку с использованием самостоятельного электрического разряда. Оптическая накачка имеет универсальный характер. Она применяется для возбуждения самых различных активных сред – диэлектрических кристаллов, стекол, полупроводников, жидкостей, газовых смесей. Оптическое возбуждение может использоваться так же как составной элемент некоторых других способов накачки. Накачка с использованием самостоятельного электрического разряда применяется в разряженных газообразных активных средах – при давлении 1….10 мм рт. ст. Соответствующие типы лазеров объединяют общим термином газоразрядные лазеры.

Классификация лазеров по активной среде и области применения:

Газовые лазеры

Гелий-неоновые лазеры (HeNe) (543 нм, 632,8 нм, 1,15 нм, 3,39 нм)

Аргоновые лазеры (458 нм, 488 нм или 514,5 нм)

Лазеры на углекислом газе (9,6 мкм и 10,6 мкм) используются в промышленности для резки и сварки материалов, имеют мощность до 100 кВт

Лазеры на монооксиде углерода. Требуют дополнительного охлаждения, однако имеют большую мощность — до 500 кВт

Эксимерные газовые лазеры, дающие ультрафиолетовое излучение. Используются при производстве микросхем(фотолитография) и в установках коррекции зрения. F2 (157 нм), ArF (193 нм), KrCl (222 нм), KrF (248 нм), XeCl (308 нм), XeF (351 нм)

Твердотельные лазеры

рубиновые (694 нм), александритовые (755 нм), массивы импульсных диодов (810 нм), Nd:YAG (1064 нм), Ho:YAG (2090 нм), Er:YAG (2940 нм). Используются в медицине.

Алюмо-иттриевые твердотельные лазеры с неодимовым легированием (Nd:YAG) — инфракрасные лазеры большой мощности, используемые для точной резки, сварки и маркировки изделий из металлов и других материалов

Кристаллические лазеры с иттербиевым легированием, такие как Yb:YAG, Yb:KGW, Yb:KYW, Yb:SYS, Yb:BOYS, Yb:CaF2, или на основе иттербиевого стекловолокна; обычно работают в диапазоне 1020—1050 нм; потенциально самые высокоэффективные благодаря малому квантовому дефекту; наибольшая мощность сверхкоротких импульсов достигнута на Yb:YAG-лазере. Волоконные лазеры с иттербиевым легированием обладают рекордной непрерывной мощностью среди твердотельных лазеров (десятки киловатт)

алюмо-иттриевые с эрбиевым легированием, 1645 нм

алюмо-иттриевые с тулиевым легированием, 2015 нм

алюмо-иттриевые с гольмиевым легированием, 2096 нм, Эффективный ИК-лазер, излучение поглощается влажными материалами толщиной менее 1 мм. Обычно работает в импульсном режиме и используется в медицине.

Титан-сапфировые лазеры. Хорошо перестраиваемый по длине волны инфракарасный лазер, используемый для генерации сверхкоротких импульсов и в спектроскопии

Лазеры на эрбиевом стекле, изготавливаются из специального оптоволокна и используются как усилители в оптических линиях связи.

Микрочиповые лазеры. Компактные интегрированные импульсные твердотельные лазеры, наиболее широко используются в сверхъярких лазерных указках

Полупроводниковые лазерные диоды

Самый распространенный тип лазеров: используются в лазерных указках, лазерных принтерах, телекоммуникациях и оптических носителях информации(CD/DVD). Мощные лазерные диоды используются для накачки современных твердотельных лазеров.

Лазеры с внешним резонатором (External-cavity lasers), используются для создания этиловом

Лазеры с квантовым каскадом спирте или этиленгликоле. Позволяют осуществлять пререстройку длины волны излучения в диапазоне от 350 нм до 850 нм (в зависимости от типа красителя). Применение - спектроскопия, медицина (в т.ч. фотодинамическая терапия), фотохимия. высокоэнергетических импульсов

Лазеры на красителях Тип лазеров, использующий в качестве активной среды раствор органических красителей

Лазеры на свободных электронах

Расшифровка обозначений

YAG — алюмо-иттриевый гранат

KGW — калий-гадолиниевый вольфрамат

YLF — фторид иттрия-лития

**2. Поверхностная лазерная обработка**

На режимах, не вызывающих разрушения материала, реализуются различные процессы лазерной поверхностной обработки. В основе этих процессов лежат необычные структурные и фазовые изменения в материале, возникающие вследствие сверхвысоких скоростей его нагрева и последующего охлаждения в условиях лазерного облучения. Важную роль при этом играют возможность насыщения поверхностного слоя элементами окружающей среды, рост плотности дислокаций в зоне облучения и другие эффекты.

**2.1. Виды поверхностной лазерной обработки**

В зависимости от степени развития указанных явлений в материале различают несколько видов поверхностной лазерной обработки (табл. 1), возможность реализации которых определяется основном уровнем плотности мощности излучения.

Упрочнение без фазового перехода предполагает структурные изменения в материале при уровне плотности мощности излучения, не приводящем к расплавлению облученной зоны. При этом виде обработки сохраняется исходная шероховатость обрабатывающей поверхности. Быстрый локальный нагрев поверхности и последующее охлаждение за счет теплоотвода в массив материала приводят к образованию в поверхностном слое стали специфической высоко-дисперсной, слаботравящейся, дезориентированной в пространстве структуры, имеющей микротвердость, в 2—4 раза превышающую микротвердость основы (матрицы). При малых плотностях мощности, скоростях нагрева и охлаждения, не превышающих критических значений, может быть реализован режим отжига (отпуска) ранее закаленных материалов. Необходимость такой операции возникает, например, при изготовлении листовых пружин, отбортовке краев обоймы подшипника и т. п. Упрочнение с фазовым переходом предполагает плавление материала в облученной зоне. Этот вид упрочнения требует более высокой плотности мощности излучения, что позволяет добиться значительных глубин упрочненного слоя. Поверхность этого слоя имеет характерное для закалки из жидкого состоянии дендритное строение. Затем идет ЗТВ, а между ней и материалом основы расположена переходная зона. При данном виде поверхностной обработки, естественно, нарушается исходная шероховатость, что требует введения в технологический процесс изготовления изделия дополнительной финишной операции (шлифования).

При реализации рассмотренных видов обработки не требуется специальной среды, процесс проводится на воздухе. При этом возможна частичная диффузия составляющих воздуха в облученную зону.

При следующем виде поверхностной обработки — лазерном легировании для насыщения поверхностного слоя легирующими элементами требуется специальная среда (газообразная, жидкостная, твердая). В результате на обрабатываемой поверхности образуется новый сплав, отличный по составу и структуре от матричного материала.

Виды поверхностной лазерной обработки Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид обработки | плотность мощности  1 см 2 | скорость охлаждения  С | глубина ЗТВ,мм |
| Упрочнение без фазового  перехода | 103-104 | 104-105 | 0,2-0,5 |
| Лазерный отжиг (отпуск) | 102-103 | - | 0.05-0,1 |
| упрочнение с фазовым  переходом | 104-105 | 105-106 | 1,2- З.0 |
| лазерное легирование | 104-106 | 104-106 | 0,2-2,0 |
| Лазерная наплавка (напыление) | 104-106 | 104-106 | 0,02-3,0 |
| Амортизация поверхности | 106-108 | 104106 | 0,01-0,05 |
| шоковое упрочнение | 104-106 | 104-106 | 0,02-0,2 |

Лазерная наплавка (напыление) позволяет нанести па поверхность обрабатываемого материала слой другого материала, улучшающий эксплуатационные характеристики основного.

Новая разновидность лазерного упрочнения — аморфизация поверхности сплава в условиях скоростного облучения (очень коротким импульсом или сканирующим лучом). Сверхвысокие скорости теплоотвода, достигаемые при этом, обеспечивают своеобразное «замораживание» расплава, образование металлических стекол (метгласса) или аморфного состояния поверхностного слоя. В результате достигаются высокая твердость, коррозионная стойкость, улучшенные магнитные характеристики и другие специфические свойства материала. Процесс лазерной аморфизации можно осуществить при обработке сплавов специальных составов (в том числе и на основе железа), а также других материалов, предварительно покрытых специальными составами, которые самостоятельно или совместно с матричным материалом склонны к аморфизации.

Шоковое упрочнение имеет место при воздействии на материал мощного импульса излучения наносскундной длительности. Предварительно на материал наносится тонкий слой легкоплавкого металла. Воздействие мощного импульса вызывает взрывообразное испарение легкоплавкого металла, что приводит к возникновению импульса отдачи, в свою очередь генерирующего мощную ударную волну в материале. В результате происходит пластическое деформирование материала, а при нагреве поверхностного слоя-— и соответствующие изменения в структуре. Первые четыре вида поверхностной лазерной обработки к настоящему времени получили наибольшее распространение. Для практической реализации аморфизации и шокового упрочнения требуются дополнительные исследования. Все эти виды обработки можно осуществить с помощью как импульсного, так и непрерывного излучения, причем упрочнение без фазового перехода более пригодно для прецизионной обработки поверхностей сравнительно небольших размеров, производительность процесса ограничивается сравнительно невысокой частотой следования импульсов выпускаемого оборудования. Непрерывное излучение позволяет производить обработку с высокой производительностью поверхностей больших размеров.

**2.2. Обработка импульсным излучением**

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



, где D длина участка упрочнения; t -время обработки; п -число импульсов; K0 — коэффициент перекрытия; f — частота следования импульсов.

При двух координатной обработке одними из основных параметров является шаг s относительного перемещения по оси х и шаг s' перемещения по оси у. 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 Ки, который определяется из соотношения



где F' — площадь облученной поверхности.

Производительность процесса двухкоординатной обработки



Это выражение может быть использовано для ориентировочной оценки производительности, так как реальные условия вносят свои коррективы. Например, при D = 4 мм, Ки—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. Па 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 В (диаметр единичного пятна D), так и глубина И 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 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер схемы | схема | характеристика |
| 1 |  | Ки =1  Ки =0,78  s=s'=D |
| 2 |  | Ки =0,7  Ки =0,46  s=s'=0,7D |
| 3 |  | Ки =0,74  s=0,8D  s'=0,74D |
| 4 |  | Ки =0,8  Ки =0,78  s=s'=0,8D |

Повышение эффективности упрочнения может быть достигнуто увеличением поглощательной способности материала при обработке импульсным инфракрасным излучением {X — 1,06 мкм). Для этого используют покрытие, например, коллоидный раствор графита, или предварительную химическую обработку облучаемой поверхности раствором па основе пикриновой кислоты. Глубина упрочнения зависит от вида материала (марки стали) и в меньшей степени от окружающей среды. В закаленных сталях глубина упрочнения при одних и тех же условиях облучения на 30 — 60% больше, чем в отожженных сталях. Степень упрочнения также зависит как от вида материала, так и от его исходного состояния. Для закаленных сталей уровень упрочнения выше, чем для отожженных.

При реализации линейного упрочнения обработка обычно ведется с перекрытием зон лазерного воздействия. В перекрытых участках происходит отпуск огнеупрочненного материала в результате действия последующего импульса. В результате в поперечном сечении упрочненный слой представляет собой характерную «чешуйчатую» структуру. При двухкоординатном упрочнении дополнительное перекрытие несколько усложняет происходящие в зоне обработки процессы. В частности, это проявляется в узловых точках, где материал четырежды подвергался облучению.

В фактуре поверхности также обнаруживается характерная «чешуйчатость». Центральную и основную часть каждого пятна занимает слаботравящаяся зона с твердостью до 13000 МПа. Отсутствие в этой зоне карбидов показывает, что температура нагрева здесь существенно превышала критическую точку, в результате чего все карбиды растворились в аустеннте. По окончании лазерного импульса при последующем быстром охлаждении за счет теплоотвода в массив материала в этой зоне произошла полная закалка с образованием мартеиситной структуры, обладающей высокой твердостью.

Значительная часть аустенита при этом сохранилась вследствие большого содержания и нем углерода и хрома, которые перешли в твердый раствор при нагреве до высоких температур. Однако этот остаточный аустенит испытал в процессе закалки фазовый наклеп, усиленный вследствие локального и импульсного характера термического никла, поэтому обладает высокой твердостью.

Концентрично с первой расположена вторая зона, занимающая периферийную часть пятим и обладающая более сильной травимостыо и несколько меньшей твердостью (8000—10000 МПа). Невозможна также обработка сканирующим излучением с амплитудой сканирования. Тогда производительность обработки будет зависеть от величины и скорости перемещения заготовки: . Другие закономерности упрочнения сталей непрерывным излучением во многом подобны рассмотренным закономерностям обработки импульсным излучением. Параметры (ширина, площадь упрочненной зоны, глубина упрочнения), имеющие размерность, степень упрочнения, шероховатость обработанной поверхности зависят как от плотности мощности излучения и скорости обработки, так и от вида обрабатываемого материала. Важную роль при этом также играет вид поглощающего покрытия, наносимого на поверхность для повышения эффективности обработки.На сегодняшний день разработано и используется большое многообразие поглощающих покрытий: фосфатные, хромовые, коллоидные растворы, графит, различные краски, оксиды металлов, силикаты и пр. Если для сравнительной оценки покрытий использовать критерий эффективности поглощения излучения kп= hu/ho , где hu ho, — глубина зоны термического влияния соответственно с покрытием и без него, то ряд предпочтительности покрытий будет иметь следующий вид:



Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Покрытие | С r | Cd | С | ZnO | Zn3(PO4)2 | Si02 Al2O3  С | FeO4 |
|  | 0,6 | 2,0 | 3.0 | 4.5 | 5,1 | 6.5 | 6.7 |

Неотъемлемой структурной составляющей этой зоны являются карбидные частицы. В отличие от первой данная зона имеет неоднородное строение, причем степень неоднородности выше там, где вторая зона перекрывает первую, образовавшуюся в соседнем пятне нагрева, тогда как на границе с исходной структурой она меньше. Структура этой зоны — мартенсит, остаточный аустенит и карбиды, не растворившиеся полностью.

В узловых точках (участки прямоугольной формы) там, где четыре зоны лазерного воздействия перекрывают друг друга, материал сильно травится, и его твердость составляет 5000—5500 МПа, что характерно для трооститной структуры. Такие участки появляются вследствие многократного отпуска ранее возникших структур закалки при последовательном воздействии на материал ряда импульсов.

Шероховатость обработанной поверхности при упрочнении в режиме проплавления зависит от схем обработки, коэффициента перекрытия, уровня плотности мощности излучения. Так, минимальная шероховатость имеет место при 0,6>Ku>0,8 Низкая шероховатость поверхности достигается при невысоких плотностях мощности излучения (для стали, например, q = 50-100 кВт/см2). Однако следует учитывать, что при малой плотности мощности обеспечиваются и небольшие размеры зоны упрочнения.

Для выбора режимов упрочнения импульсным излучением можно пользоваться номограммами, построенными на основании экспериментальных иcследований.

**2.3. Обработка непрерывным излучением**

Наиболее распространенная схема обработки — однодорожечное упрочнение. В зависимости от траектории перемещения луча или закона перемещения заготовки конфигурация упрочненного участка поверхности может иметь различный вид. Производительность П обработки зависит от скорости v относительного переменность П обработки зависит от скорости v относительного перемещения луча и поверхности, а также от ширины зоны В: П = vB- если же параллельно наносится несколько дорожек упрочнения, то производительность также зависит от их числа и коэффициента перекрытия или шага обработки. Из рис видно, как изменяется микротвердость но длине L обрабатываемой зоны в зависимости от степени перекрытия (шага s) дорожек упрочнения. Как и при импульсной обработке, в перекрытых зонах наблюдается существенное снижение ;твердости в результате .

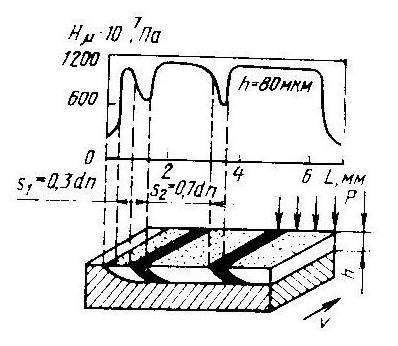


Рис. 3 зависимость микротвердости П от шага обработки s

отпуска ранее закаленного материала

Однородность и толщина покрытия являются важными факторами обеспечения качественного упрочнения. Оптимальная толщина покрытия — 20—50 мкм. Слишком тонкое покрытие снижает глубину упрочнения вследствие быстрого испарения, увеличение также толщины выше указанных значений приводит к неоднородности результатов обработки — образованию как оплавленных, так и недостаточно прогретых участков поверхности.

Наибольшее влияние на изменение размерных параметров упрочнения оказывает плотность мощности излучения. С увеличением плотности мощности растет глубина ЗТВ, что связано с ростом подводимой к материалу удельной энергии. Скорость обработки очень сильно влияет на размерные параметры упрочнения. С ростом скорости, относительного перемещения излучения и обрабатываемой поверхности снижаются как глубина, так и ширина упрочненной зоны.

Увеличение скорости обработки также влияет на изменение микротвердости в упрочненном слое. Так, с увеличением скорости до 6.0 м/мин изменение микротвердости может достигать 400 МПа.

При упрочнении в режиме проплавления материала шероховатость обработанной поверхности резко возрастает с ростом плотности мощности излучения, доходит до максимума при q =50 кВт/см2, а затем начинает постепенно снижаться. При оптимальных режимах обработки Rz =10-20 мкм.

Большое влияние на шероховатость поверхности оказывает скорость обработки. При малых значениях скорости шероховатость довольно велика (Rz=20 мкм), однако с увеличением v шероховатость снижается (при v=8 м/мин Rz=5-8 мкм).

При выборе режимов обработки для ориентировочной оценки глубины упрочненного слоя можно использовать теоретические зависимости, полученные на основе решения уравнения теплопроводности для определенных условий облучения. При этом исходят из положения, что в процессе упрочнения температура поверхности To.o.t должна быть больше температуры закалки T:зак, но не выше температуры плавления Тпл

Максимальные размеры зоны упрочнения по осям Оy и Oz при Т (у, z, t) = Тзак,- определяютея из выражий



,



Где — коэффициент температуропроводности, здесь к — коэффициент теплопроводности; с и v — теплоемкость и плотность материала; r — радиус сфокусированного пятна; v — скорость обработки; Ln — удельная теплота плавления; Ро=АР — эффективная мощность лазерного теплового источника, здесь А — поглощательная способность материала; Р — мощность лазерного излучения.



Во многих случаях для выбора режимов обработки уста на вливаются экспериментальные зависимости, позволяющие в практических условиях для конкретных материалов оценить параметры процесса. На рис. II показана номограмма для выбора режимов упрочнения инструментальных сталей. Исходными данными Для номограммы являются требуемые микротвердость и глубина упрочненного слоя. В качестве энергетического параметра не пол v. густея плотность энергии излучения где t — время воздействия лазерного излучения. По зависимостям и устанавливаются плотность энергии излучения, соответствующая заданным h и H В зависимости от возможностей технологического оборудования и с учетом обеспечения максимальной производительности выбиваются мощность излучения, диаметр пятна фокусирования и определяется достигаемая плотность мощности излучения. По установленным We и q определяется длительность воздействия излучения.



По диаметру пятна фокусирования du и времени t воздействия излучения определяется скорость v относительного перемещения луча и обрабатываемой поверхности.

С помощью номограммы (на рис. 4) можно решить и обратную задачу — по заданным энергетическим параметрам излучения и скорости обработки определить глубину и твердость упрочненного слоя.

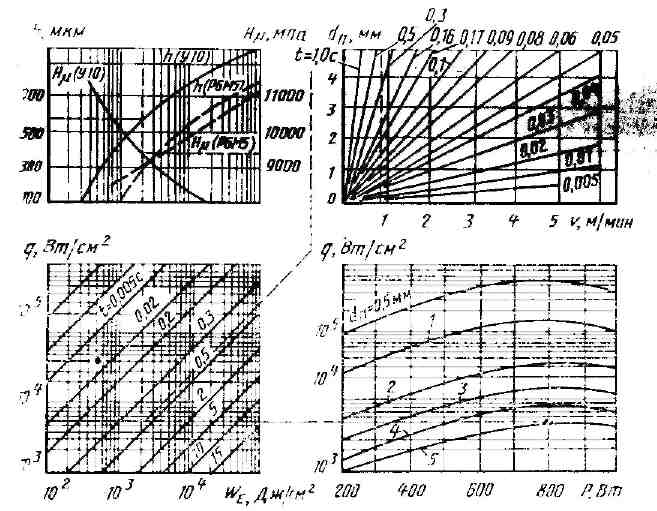


Рис 4. Монограмма для выбора режимов упрочнения непрерывным излучением

**2.4. Лазерные легирование, наплавка, маркировка, гравировка**

Лазерное легирование отличается от обычного лазерного упрочнения тем, что повышение твердости и других эксплуатационных показателей достигается не только за счет структурных и фазовых превращений в зоне лазерного воздействия, но и путем создания нового сплава с отличным от матричного материала химическим составом. Тем не менее в основе этого нового сплава лежит матричный материал.

В отличие от легирования при лазерной наплавке матричный материал может находиться лишь в небольшом слое между матрицей и направленным слоем, который служит связующей средой. Наплавленный же слой существенно отличается от матричного материала.

Эти виды поверхностной лазерной обработки очень перспективны вследствие роста дефицита чистых металлов типа W, Mo, NiCr, Co. V. Острой необходимости снижения расхода высоколегированных сталей и в связи с этим увеличения надежности и долговечности изделий из менее дефицитных конструкционных материалов.

Процессы локального легирования и наплавки реализуются с помощью как импульсного, так и непрерывного излучения по тем же схемам, что и обычное лазерное упрочнение. Технологические закономерности процесса, помимо ранее рассмотренных, зависят также от способа подачи в зону обработки легирующего состава, вида легирующего элемента (элементов), свойств матричного материала.

Существуют следующие способы подачи легирующего элемента (среды) в зону лазерного воздействия:

\* нанесение легирующего состава в виде порошка на обрабатываемую поверхность;

\* обмазка поверхности специальным легирующим составом;

\* легирование в жидкости (жидкой легирующей среде);

\* накатывание фольги из легирующего материала на обрабатываемую поверхность;

\* легирование в газообразной легирующей среде;

\* удержание ферромагнитных легирующих элементов на матричной поверхности магнитным полем;

\* электроискровое нанесение легирующего состава;

\* плазменное нанесение покрытия;

\* детонационное нанесение легирующего состава;

\* электролитическое осаждение легирующего покрытия;

\* подача легирующего состава в зону обработки синхронно с лазерным излучением.

Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки, которые определяют целесообразность его использования в конкретном случае.

Размеры легированной зоны зависят в основном от энергетических параметров излучения и толщины покрытия из легирующего материала. Как правило, легирование импульсным излучением обеспечивает меньшие размеры легированной зоны, чем при обработке непрерывным излучением. В частности, если при импульсной обработке глубина зоны достигает 0,3—0,7 мм, то применение непрерывного излучения мощных СO2-лазеров позволяет увеличить глубины зоны до 3 мм.

На степень упрочнения влияет как вид легирующего элемента, так и состав матричного материала. Например, при легировании, алюминиевого сплава AЛ 25 железом, никелем и марганцем достигается различная

Микротвердость:

Легирующий элемент П,. МПа

Mn 2180

Xi 2200

Fe . . 3500

После термообработки 1000

Без термообработки 850

Максимальная концентрация К2 элемента в облученной зоне может быть определена из соотношения



где K1 — концентрация элемента в покрытии; V1— объем покры тия; V2 — объем расплава. Вследствие расплавления материала шероховатость легированной поверхности обычно велика, поэтому после этой операции требуется финишная (абразивная) обработка. Припуск на такую обработку обычно составляет до 0,4 мм.

2.5. Эксплуатационные показатели материалов после лазерной поверхностной обработки

Лазерная поверхностная обработка вызывает улучшение многих эксплуатационных характеристик облученных материалов. Специфическая топография обработанной поверхности, которая характеризуется образованием «островков» разупрочнения, служащих своеобразными демпферами для возникающих структурных и термических напряжений, а также «карманами» для удержания смазочного материала, позволяет существенно повысить износостойкость материала вследствие значительного уменьшения коэффициента трения (порой до 2 раз).

У большей части конструкционных сталей и сплавов наблюдалось увеличение износостойкости после лазерной обработки б 3—5 раз.

Такие механические свойства, как предел прочности σ, ударная вязкость КС, после лазерного облучения несколько снижаются, в то время как предел текучести σ0,2 практически остается без изменения. Однако с помощью дополнительного отпуска для снятия напряжений и σB, и σ0.2 могут быть увеличены в 1,3 раза по сравнению со стандартной термообработкой.

Лазерное упрочнение приводит к повышению теплостойкости (термостойкости) материала, например инструментальной стали Р6М5 па 70—80е С, что влияет на износостойкость режущих инструментов, изготовленных из этой стали. Насыщение матричного материала — алюминиевого сплава АЛ25 — железом, никелем, марганцем, медью приводит к увеличению его жаропрочности в 1,5—4 раза. Такое значительное улучшение жаропрочности представляет большой интерес для двигателестроения, где алюминиевые сплавы работают в условиях высоких температур.

Лазерное облучение позволяет в широких пределах изменять напряженно-деформированное состояние материала. Изменяя условия облучения, можно получать остаточные напряжения разной величины.

При маркировке лазерным излучением достигается миниатюрность наносимого знака. Ширина образующей знака может не превышать 10 мкм при размерах самого знака до нескольких десятков микрометров. Бесконтактность метода и отсутствие механического воздействия позволяют маркировать тонкостенные, хрупкие детали, узлы и изделия в сборе. Высокая точность и качестве знаков гарантируют надежность и стабильность их считывания фотоэлектронными устройствами. К достоинствам лазерной маркировки относятся высокая производительность и возможность полной автоматизации процесса.

Одна из наиболее распространенных схем маркировки Реализует точечно-матричный метод нанесения знаков, при котором каждая матрица представляет собой прямоугольное поле с 63 возможными положениями зон лазерного воздействия (матрица «9X7»). При построчном сканировании излучения энергия подводится по программе к тем точкам матрицы, совокупность которых обеспечивает получение требуемого буквенно-цифрового знака. Зона элементарного воздействия в этом случае представляет собой. микроотверстие (лунку) диаметром 70—80 мкм. При частоте подачи импульсов 4 кГц с помощью матрицы «9X7» можно обеспечить производительность маркировки до 30 знаков в секунду.

Матрица «9x7» позволяет получить качественные знак к высотой 3 мм и менее. С уменьшением высоты знака отдельные микро-лунки перекрываются с образованием микроборозд. Маркировка ведется излучением с модулированной добротностью при длительности импульсов мкc и высокой пиковой мощности.



Маркировка может также выполняться по схеме, в которой используется специальная маска, формирующая на обрабатываемой поверхности знак требуемой конфигурации. Достоинством этой схемы является то. что весь знак или даже вся требуемая информация из нескольких знаков, заложенная в маске, может быть нанесена за время действия одного импульса или серии из нecкольких импульсов. Это обусловливает высокую производительность процесса. Однако при этом ограничивается разнообразие носителей информации.

Большое распространение лазерная маркировка находит в электронной промышленности и приборостроении. Так, на миниатюрных конденсаторах с обкладкой площадью 2 мм2 с помощью излучении с модулировкой добротностью лазера па алюмопттриевом гранате (ЛИГ) наносятся фирменный знак и величина емкости.

На поверхности кремниевых и ферритовых элементов магнитных головок наносятся маркировочные знаки высотой I мм при глубине знака 20 мкм. Нанесение семизначного числа на кремниевую пластину занимает 50 с, а одной цифры на ферритовую поверхность — 1с. Сетка и специальные знаки наносятся лазерным излучением на стеклянные элементы приборов. Предварительно на обрабатываемую поверх ность наносится слой графитового порошка. При плавлении стекла графит внедряется в расплав, з результате чего на стекле сохраняется хорошо различимый и надежно зафиксированный след.

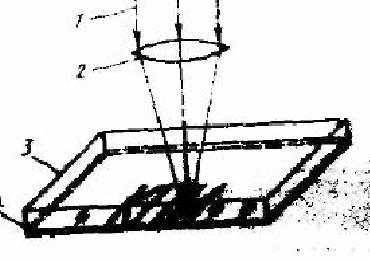


Рис. 5 Схема лазерной маркировки поверхности детали из стекла

На детали из прозрачных материалов маркировочные обозначения, сетки и другие специальные знаки могут наноситься следующим оригинальным способом. Под стеклянную деталь подкладывается металлическая пластина (например, оцинкованная жесть). Излучение, сфокусированное линзой 2, направляется через стекло 3 и концентрируется на металлической поверхности 4 (рис. 5). При перемещении луча по заданной программе в результате испарения металла на стекло напыляется тонкая металлическая пленочная дорожка в соответствии с программой перемещения луча.

С помощью лазерного излучения маркировочные знаки можно наносить на детали и изделия из неметаллических материалов, бумаги, картона, стекла, различных композитных и полимерных материалов.

В связи с расширением использования высокооборотных механизмов, машин, агрегатов, навигационных и инерционных систем актуальность приобретает проблема совершенствования процесса балансировки, повышения ее точности, производительности.

Применение лазерного излучения для устранения дисбаланса в балансировочных установках позволяет не только повысит: точность и производительность процесса, но и добиться полной автоматизации этой сложной н трудоемкой операции. Лазерный способ уравновешивания даст возможность устранять дисбаланс в период вращения изделия за один его пуск, что значительно упрощает технологический процесс.

Одна из схем реализации процесса предполагает вращение балансируемой детали и фокусирующей системы с равной частотой. При такой схеме во время балансировки фактически воспроизводится процесс лазерной прошивки несквозных отверстий импульсным излучением при неподвижной детали. Возможен и другой путь достижения этого эффекта, но без сообщения дополнительного вращения фокусирующей системе. При этом длительность импульса подбирается настолько малой, что имитируется процесс обработки неподвижной детали. Такие длительности обеспечиваются при генерации излучения в режиме модулированной добротности. При E=35 Дж, t=:0,1 мс, q=3,51010 Вт/см2 съем на один импульс составляет для стали 18ХН9Т — 0,3 мг, латуни ЛЦ40С — 1,5 мг, дюралюминия Д16Т — 1,8 мг.

Задачи маркировки и гравирования решаются двумя путями: с помощью проекционного метода и с помощью гравирования и перфорирования символов на поверхности маркируемого изделия.

Фирма IBM Deutschland (ФРГ) использует проекционный метод маркировки. В качестве источника излучения в установку введен лазер на рубине с энергией в импульсе 20 Дж и частотой следования импульсов 1 Гц. Для формирования символа служит проекционная система, состоящая из телескопа с матовым стеклом, маски и фокусирующего объектива. Маска выполнена в виде диска из молибденовой фольги с прорезями в форме цифр и букв. По команде ЭВМ диск поворачивается на нужный угол и происходит засветка нужного символа. Фокусирующий объект передает изображение этого символа на маркируемую поверхность.

Реализуя второй метод, фирма Siemens на основе АИГ лазера с выходной мощностью до 100 Вт создала лазерную систему Silamatik для нанесения надписей на материалы с помощью лазера посредством отклоняющей оптики и системы зеркал.

Фирмы Holobeam и Teradyne в своем оборудовании используют лазеры на АИГ с модуляцией добротности и непрерывной накачкой.

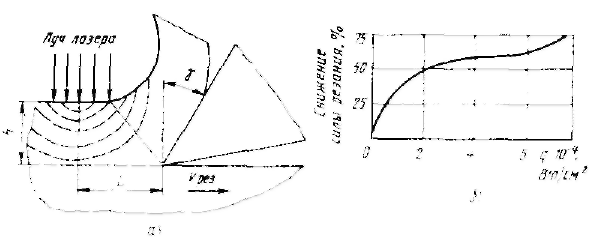
В СССР разработан лазерный гравировальный автомат, предназначенный для прямого изготовления офсетных форм непосредственно с оригинала, минуя фоторепродукционные и фотохимические процессы.

Оригинал со штриховым или полутоновым изображением на непрозрачной или прозрачной основе закрепляется на одном цилиндре автомата, а формная пластинка — на другом цилиндре.

В качестве формного материала используется гладкая алюминиевая фольга с предварительно нанесенным лаковым подслоем, поглощающим лазерное излучение, и полимерным антиадгезионным покрытием.

Электрооптическая система построчно считывает оригинал, преобразуя оптическое изображение в электрический сигнал, который через модулятор управляет лазерным лучом. В качестве источника излучения используется СО2-лазер, работающий в непрерывном режиме генерации.

Лазерное излучение можно использовать для предварительного нагрева слоя материала на заготовке перед последующим удалением его режущим инструментом. При нагреве улучшается обрабатываемость стали вследствие изменения механических характеристик материала в зоне стружкообразования, увеличения его пластичности, снижения прочности и твердости. Однако наиболее распространенный в настоящее время метод предварительного нагрева с помощью плазменной струи позволяет локализовать тепловое воздействие лишь до пятна диаметром 6—8 мм, что значительно превышает подачу инструмента на оборот заготовки и приводит к образованию ЗТВ больших размеров. Поэтому применение плазменного нагрева ограничивается обдирочными, черновыми операциями механической обработки. Кроме того, установка плазмотрона загромождает зону обработки, а в случае образования слив-нон стружки имеется опасность короткого замыкания с корпусом плазмотрона. Эти недостатки устраняются при лазерном нагреве. Лазерное воздействие можно локализовать таким образом, чтобы нагреву подвергалась только зона стружкообразования (рис. 6, а). Эффективность



Рнс. 6. Схема лазерного воздействия при механической обработке

использования лазерного нагрева в значительной мере определяется плотностью мощности излучения. С увеличением q наблюдается значительное уменьшение результирующей силы резания. Так, при q = 7\*104 Вт/см2 возможно снижение результирующей силы резания на 75% (рис. 6, б). Большое влияние на процесс резания оказывает расстояние L от направления воздействия луча до режущей кромки инструмента. При заданной плотности мощности излучения и определенной скорости резаная значение L должно быть выбрано оптимальным. При Р=~ 1,2 кВт диаметре пятна фокусирования 3 мм, скорости резания инструмента тальной стали vрез=ЗО м/мин оптимальное значение L=8 мм.

При лазерно-механической обработке жаропрочной стали снижается примерно в 2 раза шероховатость обработанной поверхности по сравнению с обычным резанием. Существенно, до 3 раз, может быть повышена и производительность обработки.

2.6. Типовые операции лазерной поверхностной обработки

Наиболее широкая область применения лазерной поверхностной обработки — инструментальное производство, например изготовление и эксплуатация режущего инструмента, элементов штамповой оснастки.

Лазерное упрочнение позволяет снизить в 3—4 раза износ инструмента путем повышения его поверхностной твердости при сохранении общей высокой динамической прочности, повышения теплостойкости, снижения коэффициента трения пары режущий инструмент — заготовка. Упрочнение может проводиться до передней или задней поверхности, а также одновременно по двум поверхностям.

Внедрение технологии лазерного упрочнения инструмента из сталей с пониженным содержанием вольфрама позволяет помимо повышения его стойкости значительно сократить расход дефицитной быстрорежущей стали.

Лазерное упрочнение приводит к повышению износостойкости штампов в 2 раза и более. Упрочнение пуансонов обычно проводиться по боковым поверхностям. При этом возможна многократная переточка пуансонов. При упрочнении по передней поверхности после очередной переточки кромки требуется повторная лазерная обработка.

Эффективно применение лазерного излучения для повышения работоспособности породоразрушающего инструмента для машин горнодобывающей промышленности. Здесь применение лазерной обработки приводит к росту износостойкости резцов комбайнов в 2—3 раза.

Широкое применение лазерная поверхностная обработка находит для повышения долговечности, надежности деталей различных машин и приборов во многих отраслях промышленности: химическом машиностроении, автомобильной промышленности, судостроении, авиастроении и т. д.

В автотракторостроении лазерное упрочнение применяется для повышения износостойкости распредвалов, коленвалов, шестерен заднего моста, рабочих поверхностей клапанов, клапанных седел, поршневых канавок, компрессионных колец, рычагов и других деталей. В нефтепромысловом оборудовании лазерное упрочнение применяют для повышения усталостной прочности резьбовой час-ти замковых соединений.

Высокую эффективность показала лазерная поверхностная обработка для повышения износостойкости внутренних рабочих участков длинномерной направляющей балки линий производства полимерной пленки (рис. 12). Возможность локального упрочнения направляющих лазерным излучением позволила отказаться от объемной термообработки, вызывающей значительные деформации и поэтому требующей дополнительной механической обработки (с назначением соответствующих припусков) для их устранения.

**Глава III. Примеры поверхностной лазерной обработки**

Технология лазерной наплавки позволяет восстанавливать изношенные детали автомобильной, дорожно-строительной, судовой, горнодобывающей, энергетической техники. При этом восстанавливаемые детали, например, коленчатые валы большегрузных автомобилей имеют ресурс работы нового коленчатого вала, а стоимость восстановления методом лазерной наплавки коленвала составляет 30-40% от стоимости нового коленвала.

Технология лазерной наплавки позволяет заменить классическую химико-термическую технологию азотирования, борирования, цементации, нироцементации. При этом резко сокращается длительность технологического цикла изготовления, снижается себестоимость изготовления, улучшается экология производства.

Некоторые примеры применения технологии лазерной наплавки.



Рис.6 Закалка колец подшипников

Сталь 55СМ5ФА. Параметры обработки: Мощность лазерного излучения 2,8кВт Скорость 1,8м/мин Диаметр фокусного пятна 11мм



Рис.7 Гильза больших размеров.

Процесс лазерной закалки гильзы цилиндра турбокомпрессорного дизельного двигателя локомотива ведут наложением спиральной полосы шириной 3...4мм через 1...1,5мм при мощности излучения 5кВт в течение 15минут. Глубина зоны упрочнения достигает 1мм, износостойкость увеличивается в три раза.



Рис.8 Термообработка ножей

Промышленный нож для мясорубки. Термообработка режущих кромок позволяет уменьшить количество заточек. Т.к. твёрдость кромки повышается в несколько раз.



Рис. 9 Восстановление изношенных крестовин локомотивов железнодорожного транспорта методом лазерной наплавки.

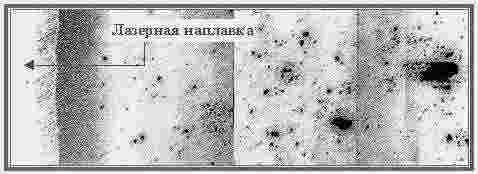


Рис. 10 Технология повышения коррозионной стойкости методом лазерной обработки.

Технологию лазерной наплавки можно использовать для повышения коррозионной стойкости.

10% - H2SO4 - 24 часа

10% - HCL - 24 часа

Т=3000К

Как видно из фотографии наплавленный слой практически не поддается травлению.

Области применения – химическая промышленность, нефтегазодобывающая промышленность, нефтеперерабатывающая, судостроительная, промышленность.

Лазерная закалка

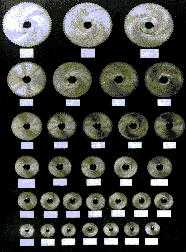


Рис.11 Инструментальное производство

Разработана технология лазерной закалки отрезных, прорезных фрез из быстрорежущих (инструментальных) сталей с целью повышения их стойкости до 10 раз. Лазерная закалка позволяет уменьшить налипание на фрезу (адгезионное схватывание) особенно при обработке цветных сплавов, увеличить скорость резания.

Лазерная гравировка



Рис.12 примеры лазерной гравировки

Сложность наносимого гравировкой изображения может быть любой, вплоть до полутоновых фотографических изображений и штрих-кодов, а созданное лазером изображение воспроизводится на изделии за несколько секунд.

Лазерная гравировка выполняется на самых разнообразных материалах: металл, пластик, дерево, кожа, стекло, оргстекло, акрил, камень, бумага и прочее, а также на многослойных, покрытых и окрашенных поверхностях. Процесс лазерной гравировки максимально автоматизирован и не имеет промежуточных технологических этапов между компьютерной версткой и конечным изделием. Весь процесс гравировки происходит при полном отсутствии ручных процессов, что позволяет максимально снизить количество ошибок в технологическом процессе и свести время производства готового изделия до рекордных значений в 10-15 минут, а время гравировки готового изделия - до 0,3 минут. Отсканированные картинки, фото, клипарты, чертежи, и многое другое может использоваться для "печати" лазером. Лазер гравирует и режет такие материалы как дерево, оргстекло, пластик, кожа и много других неметаллических материалов.

Существует также гравировка внутри стекла - это выполнение объемных изображений в массе оптически прозрачного материала (стекла), которое основано на фокусировании излучения не на поверхности материала, как в случае резки, а в его толще. Под воздействием короткого импульса излучения в точке фокусировки происходит микровзрыв, изменяющий однородность материала. Таким образом, формируется один из пикселов составляющих изображение. Область применения: рекламный ассортимент, архитектурные модели, награды, подарки, бизнес-сувениры, промышленность, предметы коллекционирования, офисное снабжение, фотография, обозначения, спортивные товары, музыкальные инструменты и обработка дерева.

Лазерная маркировка промышленных изделий



Рис. 13 Примеры промышленной маркировки

Метод лазерной гравировки позволяет наносить на изделия промышленного производства любую, даже мелкую, информацию: логотип и название производителя, технические данные, сквозную нумерацию и штрих-код продукции, выходные параметры изделия, название детали и др.

Лазерная маркировка является одним из самых надёжных способов защиты продукции от подделки. Быстрота процесса, сконцентрированная мощь воздействия, высокое качество прорисовки, простота применения, нестираемость изображения - качества, делающие лазерную маркировку привлекательной для современных производителей.

А бесконтактность нанесения имеет огромное значение для изделий с повышенными требованиями к точности, хрупких, нежестких деталей, не допускающих ударного клеймения.

Примеры использования лазерной гравировки и маркировки:

\* лазерная гравировка резцов, метчиков, сверл и другого инструмента из высокопрочных закаленных сталей или твердых сплавов;

\* нанесение шкал и нониусов;

\* лазерная маркировка подшипников, медицинского инструмента, различных ответственных деталей.

\* лазерная гравировка электронных компонентов: чипов, кабелей, разъемов;

\* глубокая лазерная маркировка на штампах, пресс-формах.

**Заключение**

Десять лет тому назад был создан первый квантовый генератор света — лазер. С момента создания первых лазеров работы в области квантовой электроники развернулись в широких масштабах и развивались исключительно быстрыми темпами. Бурное развитие квантовой электроники продолжается и поныне. В результате за короткое время было разработано очень много разных типов лазеров: твердотельные лазеры на кристаллах и стеклах, жидкостные лазеры, газовые лазеры (атомные, молекулярные, ионные), полупроводниковые лазеры (инжекционные, с электронным и оптическим возбуждением), лазеры с перестраиваемой частотой, химические лазеры, лазеры на основе вынужденного комбинационного рассеяния и др. Созданы импульсные лазеры и лазеры непрерывного действия, дающие когерентное излучение в широком диапазоне длин волн от ультрафиолетового 0,2 мк) до дальнего инфракрасного E38 мк) участков спектра. Мощности, излучаемые лазерами, достигает колоссальных значений. Так, газовый лазер на углекислом газе излучает в непрерывном режиме до 50 кет, а лазер на неодимовом стекле в режиме синхронизации мод генерирует импульсы света пикосекундной длительности мощностью до 10^13 вт, т. е. превышающей мощность всех электростанций на Земле. Удивительные особенности лазерного излучения — огромная интенсивность света, исключительно высокая монохроматичность и направленность излучения — открыли поистине безграничные возможности для практических применений лазеров во многих отраслях науки и техники. Новые технологические процессы прецизионной обработки материалов, создание оптических линий связи, точное определение расстояний, создание оптоэлектронных систем для обработки информации и вычислительной техники, диагностика плазмы, нагрев плазмы до термоядерных температур, хирургические операции и др. — вот далеко не полный перечень задач, которые решаются с помощью лазеров.

**Список литературы**

Гладуш Г.Г. Физические процессы при лазерной обработке материалов. 1985г. -208с

Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. Москва «Машиностроение» 1989г. -301с.

Григорьянц А.Г. , Соколов А.А. Лазерная техника и технология 1988г. -191с.

Рыкалин Н.Н. Лазерная обработка материалов. «Машиностроение» 1975г. -296с.

Звелто Принципы лазеров 1990г. Издательство «мир».