

стальную проволоку различными элементами, обеспечивая оптимальное сочетание прочности и пластичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов / Кидин И.Н., Андриушечкин В.И., Волков В.А., Хомин А.С. – М.: "Металлургия", 1978. – 320 с. 2. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов/Под ред. М.Х.Шорошова.– М.: «Наука», 1984.–187 с. 3. Гурьев, А.М., Ворошнин, Л.Г. Химико-термоциклическая обработка (ХТЦО) сталей и сплавов Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития литейного производства». – 2001 // www.likeyka.boom.ru. 4. Федюкин, В.К., Смагоринский, М.Е. Термоциклическая обработка металла и деталей машин. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 255 с. 5. Патент на полезную модель РБ № 696 «Установка для термической обработки проволоки» – Константинов, В.М., Губанов, А.С., Абраменко, С.Н., Семенченко, М.В. Заявл. 05.03.02. Опубл. 30.12.02. 6. Семенченко, М.В. Электро-химико-термическая обработка проволоки для защитных покрытий. Дисс...магистра техн. наук: 05.02.01. -- ПГУ, 2003. – 70 с. 7. Семенченко, М.В., Красиков, В.Л., Дашкевич, В.Г. Электрохимико-термическая обработка проволок для напыления и наплавки// Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Прикладные науки. Материаловедение. Том 2, №2, 2003.– С. 12-17.

УДК 621.9.048.7

Крайко С.Э.

ПОВЕРХНОСТНАЯ МИКРОТВЕРДОСТЬ СТАЛИ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРМООБРАБОТКЕ.

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

Среди высокоэффективных технологий увеличения длительности работы штампового инструмента широкое применение нашли процессы обработки с применением высококонцентрированных источников энергии [1,2]. Одним из таких процессов является лазерная закалка режущих кромок матрицы и пуансона [3,4]. Данная технология заключается в локальном нагреве рабочих участков штампа лазерным излучением и охлаждение этих участков со сверхкритической скоростью за счет теплоотвода во внутренние слои металла после прекращения воздействия. В процессе температурной обработки в металле последовательно происходят фазовые превращения: на этапе нагрева идет формирование аустенитной структуры, на этапе охлаждения – превращение ее в мелкодисперсный мартенсит. Наличие последнего в поверхностном слое приводит к увеличению микротвердости и сопротивляемости износу [5].

К числу особенностей данной технологии относится то, что воздействие лазерного излучения на обрабатываемый материал является поверхностным процессом, а также то, что использование больших мощностей излучения не желательно, так как ведет к быстрому достижению режущими кромками пороговой температуры с последующим их оплавлением. Небольшая глубина упрочненного слоя компенсируется тем, что термическое упрочнение осуществляется как заключительная технологическая операция изготовления штампового инструмента, без последующей механической обработки.

Кроме выше сказанного, особенностью поверхностной лазерной закалки является то, что эффективность использования энергии луча в процессе закалки определяется коэффициентом поглощения инфракрасного излучения. Величина коэффициента поглощения чистыми

поверхностями металлов составляет всего 5...10 %, поэтому процессы закалки таких поверхностей в производственных условиях не применяются. Для повышения коэффициента поглощения используется ряд технологических возможностей. Так, например, увеличение шероховатости поверхности способствует более эффективному использованию лазерного излучения [7]. Однако этот способ редко применяется, т.к. снижает качество «зеркала» матрицы. Кроме этого среди известных способов наибольшее распространение получило использование различных типов покрытий. Так, чернение в растворе хлорного железа [6] повышает глубину закалки на 20...30 % по сравнению с механической обработкой, покрытие из сульфида железа [7] увеличивает коэффициент поглощения нержавеющей стали до 40 %. Широко используется процесс фосфатирования [7,8], который увеличивает коэффициент поглощения до 60 %, а более сложное химическое чернение [9] путем погружения в кипящий при 124...165⁰С раствор гидроокиси нитрата или нитрита щелочных металлов с добавлением фенолмочевины повышает коэффициент поглощения до 65 %. К основным недостаткам химических покрытий можно отнести низкую лучевую стойкость, когда при интенсивном излучении они разрушаются, а также высокие требования к технике безопасности и охране окружающей среды.

Наиболее перспективным видом поглощающих покрытий остаются покрытия в виде краски [10,11], которую можно нанести кистью, краскораспылителем или другим способом. Сравнительный анализ процесса закалки при фосфатном покрытии, красками с сажастыми пигментами и красками с наполнителями из окислов металлов, а также образцов без покрытия показал, что при малых мощностях глубина закалки при первом покрытии в 2 раза превышает глубину закалки без покрытия, краска с наполнителями из окислов металлов дает глубину приблизительно на 10 % меньше по сравнению с фосфатным покрытием, а покрытия, содержащие сажастые пигменты, не имеют преимущества перед образцами без покрытия.

Приведенные выше способы подготовки поверхности детально разработаны в основном для непрерывного диапазона излучения с длиной волны 10,6 мкм в инфракрасной области спектра. Значительно меньше внимания уделено области применения поглощающих покрытий для увеличения зоны лазерного воздействия (ЗЛВ) при импульсном излучении с длиной волны 1,06 мкм. В результате для исследования процесса влияния типа поглощающего покрытия на величину поверхностной микротвердости, предпочтение было отдано импульсному излучению. Для проведения серии экспериментов была выбрана лазерная установка «Квант-18М», работающая в импульсном режиме.

Для проведения эксперимента были отобраны, согласно литературным источникам, три вида покрытий и нанесены на группы образцов: окисная пленка, образованная воздействием ортофосфорной кислоты; пленка из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета; комплексное покрытие, совмещающая в себе покрытия двух первых групп. В четвертой группе образцов, контрольной, для сравнения полученных результатов, покрытие отсутствовало. Толщина покрытия, по предварительным исследованиям, колебалась в пределах от 8 до 10 мкм. Образцы размером 30×20×10 изготавливали из сталей У10, ХВГ, Х12М. Особое внимание уделялось термически обработанной стали Х12М, которая при стандартной объемной закалке может давать пятнистую твердость. Облучение производили при постоянной мощности излучения $W_p = 8,4 \times 10^4$ Вт/см² для всех четырех групп образцов. Поглощательную способность покрытий оценивали по глубине ЗЛВ, которую исследовали с помощью металлографического анализа. Из закаленных образцов делались шлифы и проводились исследования микротвердости на лабораторной установке ПМТ-3.

Сравнительная оценка металлографического исследования и промеров микротвердости показала, что при равных условиях облучения наибольшая поглощающая способность термически обработанной стали Х12М свойственна комплексному покрытию. Оно характеризуется относительно большей глубиной ЗЛВ $h = 0,40...0,45$ мм и поверхностной микротвердостью до 10000...11000 МПа. Это, вероятно, обусловлено незначительным увеличением ше-

роховатости металла, предварительно обработанного ортофосфорной кислотой и лучшей адгезией пленки из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета с поверхностью (в другой группе образцов часто наблюдалось отслаивание покрытия в соседних площадках контакта). У других групп образцов значения глубины ЗЛВ и поверхностной микротвердости соответственно составили: для покрытия из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета - $h = 0,25 \dots 0,30$ мм и $8\ 000 \dots 8\ 500$ МПа, для окисной пленки ортофосфорной кислоты - $h = 0,20 \dots 0,25$ мм и $8\ 000 \dots 8\ 200$ МПа. На образцах без покрытия значительных изменений поверхностной микротвердости не наблюдалось.

Таким образом, было установлено, что наибольшая эффективность в условиях лазерной термообработки импульсным излучением стали Х12М без оплавления поверхности достигнута применением комплексного покрытия из краски с наполнителем из окисла металла желтого цвета и окисной пленки ортофосфорной кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белый, А.В. Поверхностная упрочняющая обработка с применением концентрированных потоков энергии. – Мн., 1990. – 78с.
2. Коган, Я.Д. Перспективы развития технологий поверхностного упрочнения материалов деталей машин и инструмента // МиТОМ. 1993. №8. С.5-9.
3. Маликов, Л.С. и др. Лазерное упрочнение штампового инструмента // Технология и организация производства. – Киев, 1986. №2. С. 46-48.
4. Жуков, А.А., Кокора, А.Н., Заря, А.Н., Ермакова, Т.С. Особенности структуры и свойств вырубных штампов после дополнительного поверхностного упрочнения режущей кромки при помощи лазерного излучения. ФиХОМ, 1977. №1. С. 141-143.
5. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн. 6 Основы лазерного термоупрочнения сплавов / Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высш. Шк., 1988. – 159с.
6. Рыжов, Э.В., Тютюнников, В.И., Бюдов, В.Т., Горленко, О.А. Технологическое управление параметрами состояния поверхности при лазерной обработке. ФиХОМ, 1983. №1. С.20.
7. Коваленко, В.С. Упрочнение деталей лучом лазера. Киев.: Техника, 1981. – 156с.
8. Андрияхин, В.М., Зверев, С.В., Чеканова, Н.Т. Упрочнение стали У10 лазерным излучением // Автомобильная промышленность 1980. №6. С.28.
9. Патент США № 4313771 Заявлен 29.02.80., Опубл. Б.И. в СССР и за рубежом. 1982. Вып.65., №11.
10. Голубев, П.П., Гурченко, П.С., Кабакович, М.В., Корунчиков, А.И. Износостойкость образцов из стали и чугуна, упрочненных лучом лазера и обычными методами // Автомобильная промышленность 1982. №11. С.27.
11. Андрияхин, В.М., Чеканова, Н.Т. О некоторых видах покрытий, используемых при обработке металлов излучением лазера // Поверхность. 1983. №2. С.145.

УДК 621.793.001.57:621.777.42

Харченко В.В., Мрочек Ж.А.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРЕССОВАНИЕМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Для производства продукции различного функционального назначения используются технологии изготовления изделий с пленочными покрытиями, создаваемыми за счет испарения металлов в вакууме [1], и прессования многослойных металлических изделий [2]. Однако, по возможностям реализации, как первые, так и вторые имеют определенные ограничения. Так для вакуумных технологий возникают сложности при создании покрытий на длинномерных или неограниченной длины изделиях, тогда как для технологий прессования от-